Corrigé complet — Bac 2021 Amérique du Nord Sujet 1

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

Ex 1	**Un sport traditionnel : le lancer de gerbe de paille** Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Énergie mécanique · Charge d'un condensateur (circuit RC) · Capacité d'un condensateur plan · Intensité et niveau d'intensité sonore	10 pts	1 h 15	18 questions	p. 2
Ex 2	**L'acide lactique et le lactate d'éthyle** Familles fonctionnelles et isomérie · Couples acide-base et constante d'acidité · pH et acide faible · Incertitude-type et écart normalisé · Diagramme de distribution · Vitesse volumique et catalyse	5 pts	55 min	14 questions	p. 8
Ex 3	**Un apport de magnésium** Dilution · Titrage pH-métrique · Équivalence · Indicateur coloré · Quantité de matière · Résolution de problème	5 pts	55 min	5 questions	p. 13
Ex 4	**Décapage d'une pièce en aluminium** Équation d'état du gaz parfait · Concentration en quantité de matière · Titrage conductimétrique · Oxydoréduction · Titre massique et masse volumique · Dilution	5 pts	55 min	6 questions	p. 16

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

Un sport traditionnel : le lancer de gerbe de paille

Bac 2021 Amérique du Nord Sujet 1 · Exercice 1 **10 points** **Durée conseillée 1 h 15**

A.1 Utiliser la deuxième loi de Newton pour déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération de M.

Système {gerbe de paille}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen. L'action de l'air étant négligée, la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical, dirigé vers le bas, donc de sens opposé à $\vec{j}$:

$$a_x(t) = 0 \text{ et } a_y(t) = -g$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » de a_y : l'axe (Oy) est orienté vers le haut alors que $\vec{g}$ pointe vers le bas.

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel galiléen, bilan des forces, deuxième loi de Newton, puis projection sur les axes du schéma.

A.2 Montrer que les équations horaires du mouvement sont $x(t) = V_0\,t\cos\alpha$ et $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + V_0\,t\sin\alpha + H$.

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de a_x et a_y :

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

À $t = 0$, $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$ de coordonnées $V_0\cos\alpha$ et $V_0\sin\alpha$, donc $C_1 = V_0\cos\alpha$ et $C_2 = V_0\sin\alpha$:

$$v_x(t) = V_0\cos\alpha \qquad v_y(t) = -g\,t + V_0\sin\alpha$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t}$, on cherche de nouveau les primitives :

$$x(t) = V_0\,t\cos\alpha + C_3 \qquad y(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + V_0\,t\sin\alpha + C_4$$

À $t = 0$, M est en M_0 : $x(0) = 0$ et $y(0) = H$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = H$.

$$x(t) = V_0\,t\cos\alpha \text{ et } y(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + V_0\,t\sin\alpha + H$$

PIÈGE
Poser $C_4 = 0$ par habitude. La gerbe part de la hauteur H et non de l'origine du repère : c'est $y(0) = H$ qui donne le dernier terme.

COMPRENDRE
Chaque constante d'intégration se justifie par une condition initiale écrite sur la copie : la vitesse à $t = 0$ pour C_1 et C_2, la position à $t = 0$ pour C_3 et C_4.

A.3 En déduire l'équation de la trajectoire $y(x)$ de M.

On isole le temps dans la première équation horaire : $t = \dfrac{x}{V_0\cos\alpha}$.

On le remplace dans $y(t)$:

$$y(x) = -\frac{1}{2}\,g\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)^2 + V_0\sin\alpha \times \frac{x}{V_0\cos\alpha} + H$$

$$y(x) = -\frac{g}{2\,{V_0}^2\cos^2\alpha}\,x^2 + x\tan\alpha + H$$

COMPRENDRE
L'équation est de la forme $y = a\,x^2 + b\,x + c$ avec $a < 0$: la trajectoire est une portion de parabole tournée vers le bas, comme l'annonce la suite du sujet.

A.4 À l'aide d'une analyse quantitative, indiquer si la gerbe de paille franchira, ou pas, la barre horizontale.

Données utiles $D = 2{,}0$ m ; $H = 2{,}80$ m ; $V_0 = 9{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\alpha = 80^\circ$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; barre à $4{,}50$ m du sol

La barre est à l'abscisse $x = D$. La gerbe la franchit si son altitude $y(D)$ dépasse $4{,}50$ m.

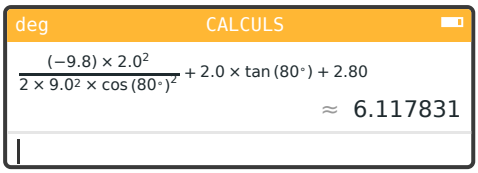
$$y(D) = -\frac{9{,}8 \times 2{,}0^2}{2 \times 9{,}0^2 \times \cos^2(80^\circ)} + 2{,}0 \times \tan(80^\circ) + 2{,}80 = 6{,}1\ \text{m}$$

$y(D) = 6{,}1\ \text{m} > 4{,}50\ \text{m}$: la gerbe passe au-dessus de la barre, elle la franchit.

PIÈGE
Calculatrice réglée en radians : le résultat est alors faux. Vérifier le mode degrés avant de saisir $\cos(80^\circ)$ et $\tan(80^\circ)$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V_0, D et g. Le centre de masse passe $1{,}6$ m au-dessus de la barre : la marge dépasse largement la demi-longueur de la gerbe ($0{,}30$ m).

À LA CALCULATRICE



A.5 Calculer la valeur de l'énergie cinétique et celle de l'énergie potentielle de pesanteur du système en M_0.

Données utiles $m = 7{,}257$ kg ; $V_0 = 9{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $H = 2{,}80$ m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $E_{pp} = 0$ au niveau du sol

Énergie cinétique en M_0 :

$$E_c(M_0) = \frac{1}{2}\,m\,V_0^2 = \frac{1}{2}\times 7{,}257\times 9{,}0^2 = 2{,}9\times 10^2\ \text{J}$$

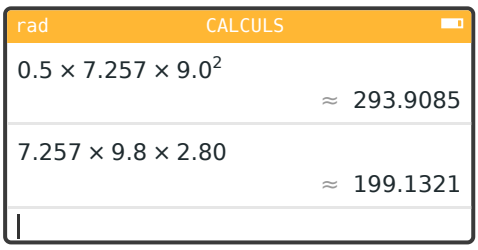
Énergie potentielle de pesanteur en M_0, d'altitude H au-dessus du sol :

$$E_{pp}(M_0) = m\,g\,H = 7{,}257\times 9{,}8\times 2{,}80 = 2{,}0\times 10^2\ \text{J}$$

$E_c(M_0) = 2{,}9\times 10^2$ J et $E_{pp}(M_0) = 2{,}0\times 10^2$ J

COMPRENDRE
La masse est donnée avec quatre chiffres, mais V_0 et g n'en ont que deux : les deux énergies s'écrivent avec deux chiffres significatifs, d'où l'écriture scientifique.

À LA CALCULATRICE



A.6 Indiquer par un raisonnement détaillé si chacune des trois propositions est vraie ou fausse lorsque l'on néglige l'action de l'air.

Sans action de l'air, la gerbe n'est soumise qu'à son poids, force conservative : l'énergie mécanique $E_m = E_c + E_{pp}$ se conserve.

Proposition I : fausse. E_m garde la même valeur en tout point de la trajectoire ; elle n'est pas plus grande en M_0 qu'ailleurs.

Proposition II : fausse. Au sommet M_1, seule la coordonnée verticale de la vitesse s'annule. La coordonnée horizontale reste $v_x = V_0\cos\alpha \neq 0$, donc $E_c(M_1) = \frac{1}{2}\,m\,(V_0\cos\alpha)^2$ n'est pas nulle.

Proposition III : fausse. M_0 et M_2 sont à la même altitude, donc $E_{pp}(M_2) = E_{pp}(M_0)$. Comme E_m est la même aux deux points, $E_c(M_2) = E_c(M_0)$.

Les trois propositions sont fausses.

PIÈGE
Croire que la vitesse est nulle au sommet. Ce n'est vrai que pour un lancer vertical ; ici, $v_x = 9{,}0\times\cos(80^\circ) \approx 1{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en M_1.

A.7 Indiquer par un raisonnement détaillé si chacune des trois propositions reste vraie ou fausse lorsqu'on ne néglige plus l'action de l'air.

L'action de l'air est une force de frottement, non conservative, dont le travail est négatif : l'énergie mécanique diminue tout au long du mouvement.

Proposition I : vraie. E_m décroît à partir de M_0, point de départ : c'est donc en M_0 qu'elle est la plus grande.

Proposition II : fausse. Au sommet, la gerbe avance encore horizontalement : sa vitesse n'est pas nulle, son énergie cinétique non plus.

Proposition III : vraie. $E_m(M_2) < E_m(M_0)$ et, les altitudes étant égales, $E_{pp}(M_2) = E_{pp}(M_0)$. Par différence, $E_c(M_2) < E_c(M_0)$.

Avec l'action de l'air : I vraie, II fausse, III vraie.

MÉTHODE
Pour comparer deux énergies cinétiques, comparer d'abord les énergies mécaniques (conservation ou diminution), puis les énergies potentielles (altitudes), et conclure par différence.

B.1 Établir la relation entre la tension E aux bornes de la source idéale, la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

Loi des mailles dans le circuit, avec les flèches de tension du schéma (u_C et u_R s'opposent à E quand on parcourt la maille) :

$$E = u_R(t) + u_C(t)$$

COMPRENDRE
Vérification par les potentiels : $E = V_A - V_F$, $u_C = V_A - V_B$, $u_R = V_D - V_F$ et $V_B = V_D$ (même fil), donc $u_C + u_R = V_A - V_F = E$.

B.2 Montrer que l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ lors de la charge est $E = RC\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t)$.

Loi d'Ohm pour le conducteur ohmique : $u_R(t) = R\,i(t)$.

L'intensité est le débit de charge : $i(t) = \dfrac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t}$, avec $q(t) = C\,u_C(t)$ la charge du condensateur.

La capacité C est constante (le microphone ne capte pas de son), donc $i(t) = C\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t}$ et $u_R(t) = RC\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t}$.

En reportant dans la loi des mailles (B.1) :

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

PIÈGE
Passer directement de la loi des mailles au résultat. Les trois relations intermédiaires ($u_R = Ri$, $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$, $q = C\,u_C$) sont attendues sur la copie.

B.3 En exploitant la courbe, indiquer par un raisonnement argumenté la fonction qui modélise la charge du condensateur.

Sur la courbe, $u_C(0) = 0$ V, puis u_C augmente et tend vers une valeur limite proche de 48 V, c'est-à-dire E.

Fonction 2 : $u_C(0) = E \times e^0 = E = 48$ V. Elle ne part pas de zéro : elle est écartée.

Fonction 1 : $u_C(0) = 0$, mais $e^{t/(RC)}$ croît sans limite, donc u_C devient négative et tend vers $-\infty$. Elle est écartée.

Fonction 3 : $u_C(0) = E\,(1-1) = 0$ et, quand t devient grand, $e^{-t/(RC)}$ tend vers 0, donc u_C tend vers E. Elle est en accord avec la courbe.

La charge est modélisée par la fonction 3 : $u_C(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$

MÉTHODE
Pour trier des modèles, tester deux points de la courbe : la valeur à $t = 0$ et la limite aux grandes valeurs de t. Ici, le premier test écarte la fonction 2, le second la fonction 1.

B.4 Vérifier que la fonction retenue est solution de l'équation différentielle établie à la question B.2.

On écrit $u_C(t) = E - E\,e^{-\frac{t}{RC}}$ et on dérive :

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = -E \times \left(-\frac{1}{RC}\right) e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{E}{RC}\,e^{-\frac{t}{RC}}$$

On calcule le second membre de l'équation différentielle :

$$RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = RC \times \frac{E}{RC}\,e^{-\frac{t}{RC}} + E - E\,e^{-\frac{t}{RC}} = E$$

$RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = E$ à chaque instant : la fonction 3 est bien solution.

PIÈGE
Erreur de signe en dérivant : la dérivée de $e^{-t/(RC)}$ est $-\dfrac{1}{RC}\,e^{-t/(RC)}$. Avec le « $-$ » placé devant l'exponentielle, la dérivée de u_C est positive, ce qui convient à une tension croissante.

B.5 En exploitant la courbe et en explicitant le raisonnement, déterminer la distance d séparant les deux armatures quand le microphone ne capte pas de son.

Données utiles $E = 48$ V ; $R = 100 \times 10^6\ \Omega$; $\varepsilon\,S = 1{,}4 \times 10^{-15}$ F · m ; $C = \dfrac{\varepsilon\,S}{d}$

Le temps caractéristique du circuit est $\tau = RC$. D'après la fonction 3, $u_C(\tau) = E\,(1 - e^{-1}) = 0{,}63\,E$.

$u_C(\tau) = 0{,}63 \times 48 = 30$ V. Sur la courbe, cette tension est atteinte à $t = 0{,}007$ s : $\tau = 7 \times 10^{-3}$ s.

Capacité : $C = \dfrac{\tau}{R} = \dfrac{7 \times 10^{-3}}{100 \times 10^6} = 7 \times 10^{-11}$ F

Distance entre les armatures :

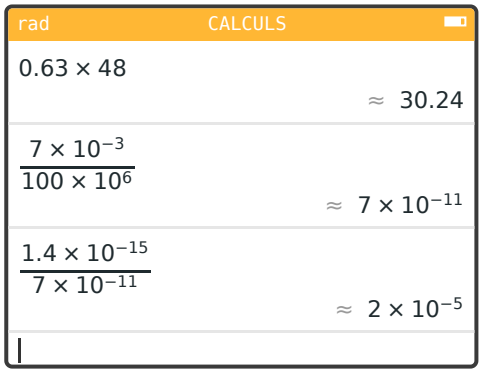
$$d = \frac{\varepsilon\,S}{C} = \frac{1{,}4 \times 10^{-15}}{7 \times 10^{-11}} = 2 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

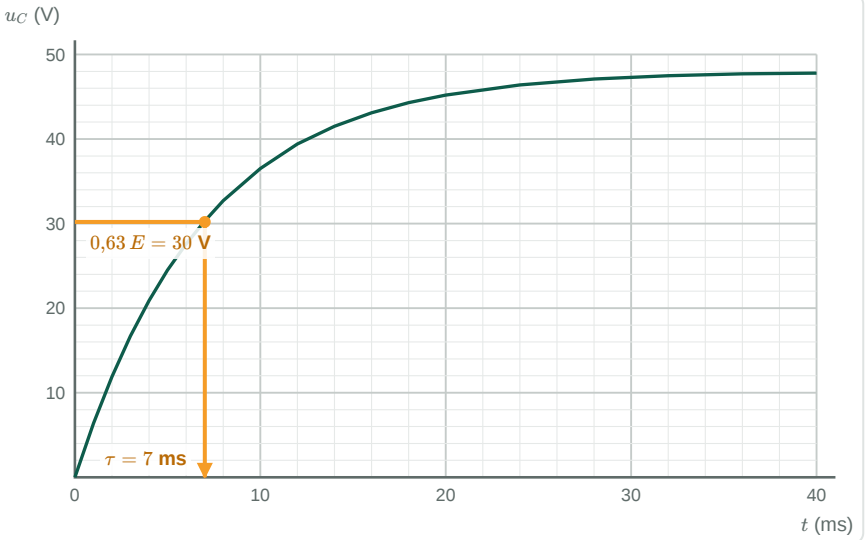
$d = 2 \times 10^{-5}$ m $= 20$ µm, valeur comprise dans l'intervalle de 15 à 25 µm annoncé par le sujet.

COMPRENDRE
La lecture de τ sur le graphique (une petite division vaut 0,002 s) ne donne qu'un chiffre significatif : d s'écrit donc 2×10^{-5} m, et non $2{,}0 \times 10^{-5}$ m.

MÉTHODE
Autre lecture de τ : tracer la tangente à la courbe à l'origine ; elle coupe l'asymptote $u_C = E$ à l'abscisse $t = \tau$. La lecture à 63 % de E est en général plus précise.

À LA CALCULATRICE





B.5 · Courbe de charge du sujet, avec la lecture du temps caractéristique

B.6 Justifier par un raisonnement détaillé l'évolution de la capacité du condensateur lorsque la distance séparant les deux armatures diminue.

$C = \dfrac{\varepsilon\, S}{d}$: le produit $\varepsilon\, S$ est constant (même air, mêmes armatures), donc C est inversement proportionnelle à d.

Quand la distance d diminue, la capacité C augmente.

COMPRENDRE
C'est le principe du microphone : l'onde sonore fait vibrer la membrane, d varie, donc C varie, ce qui modifie la tension transmise au pré-amplificateur.

C.1 Calculer le niveau d'intensité sonore L_1 correspondant à l'intensité sonore I_1.

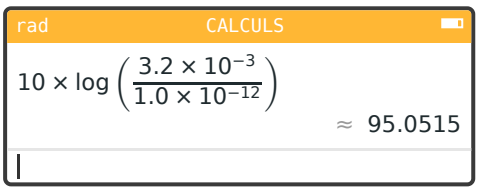
Données utiles $I_1 = 3{,}2 \times 10^{-3}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$L_1 = 10 \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{3{,}2 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 95\ \text{dB}$$

$L_1 = 95$ dB

PIÈGE
Utiliser la touche « ln » au lieu de « log » : la formule emploie le logarithme décimal. Avec « ln », on trouverait environ 219 dB, valeur impossible.

À LA CALCULATRICE



C.2 Commenter le résultat de la question C.1 au regard des durées limites d'exposition journalière.

D'après le tableau, un niveau de 95 dB ne doit pas être subi plus de 15 minutes par jour.

À 1,0 m de l'enceinte, le niveau sonore est dangereux : au-delà de 15 min par jour, il y a un risque de traumatisme irréversible de l'audition.

C.3 Montrer que la puissance P de l'enceinte est égale à $4{,}0 \times 10^{-2}$ W.

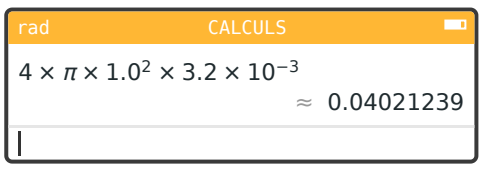
Données utiles $I_1 = 3{,}2 \times 10^{-3}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ à $d_1 = 1{,}0$ m ; $I = \dfrac{P}{4\pi\, d^2}$

De $I_1 = \dfrac{P}{4\pi\, d_1^2}$ on tire $P = 4\pi\, d_1^2\, I_1$.

$$P = 4\pi \times 1{,}0^2 \times 3{,}2 \times 10^{-3} = 4{,}0 \times 10^{-2}\ \text{W}$$

$P = 4{,}0 \times 10^{-2}$ W, valeur attendue.

À LA CALCULATRICE



C.4 Expliquer le choix des organisateurs de fixer à $2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ la valeur maximale de l'intensité sonore perçue par les spectateurs.

Données utiles durée de la manifestation : 2 h ; limite pour 2 h par jour : 86 dB ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

Niveau d'intensité sonore correspondant à $I_2 = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$:

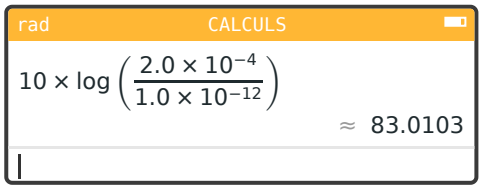
$$L_2 = 10 \log\left(\frac{2{,}0 \times 10^{-4}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 83\ \text{dB}$$

La manifestation dure 2 h : d'après le tableau, le niveau ne doit pas dépasser 86 dB pour cette durée d'exposition.

$L_2 = 83\ \text{dB} < 86\ \text{dB}$: les spectateurs peuvent rester 2 h sans risque de traumatisme irréversible.

COMPRENDRE
Le tableau est en décibels, la consigne des organisateurs en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$: il faut convertir l'une des deux grandeurs avant de comparer.

À LA CALCULATRICE



C.5 Indiquer, par un raisonnement quantitatif, si la distance de sécurité de 3,0 m entre les barrières et l'enceinte est suffisante pour respecter la valeur maximale choisie par les organisateurs.

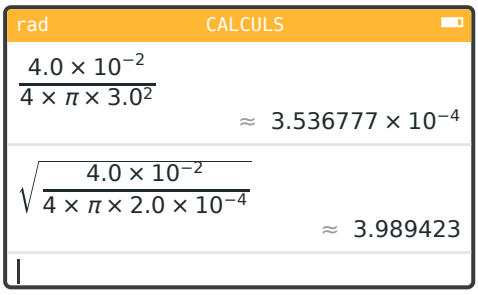
Données utiles $P = 4{,}0 \times 10^{-2}$ W (C.3) ; $d_3 = 3{,}0$ m ; valeur maximale : $2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

Intensité sonore au niveau des barrières, à $d_3 = 3{,}0$ m de l'enceinte :

$$I_3 = \frac{P}{4\pi\, d_3^2} = \frac{4{,}0 \times 10^{-2}}{4\pi \times 3{,}0^2} = 3{,}5 \times 10^{-4}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$I_3 = 3{,}5 \times 10^{-4}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} > 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$: la distance de sécurité est insuffisante.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Diviser I_1 par 3 parce que la distance est triplée. L'intensité varie en $1/d^2$: elle est divisée par $3^2 = 9$.

COMPRENDRE

La distance minimale s'obtient en isolant d : $d_{\text{min}} = \sqrt{\dfrac{P}{4\pi\, I_2}} \approx 4{,}0$ m. Il faudrait reculer les barrières d'environ un mètre.

L'acide lactique et le lactate d'éthyle

Bac 2021 Amérique du Nord Sujet 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

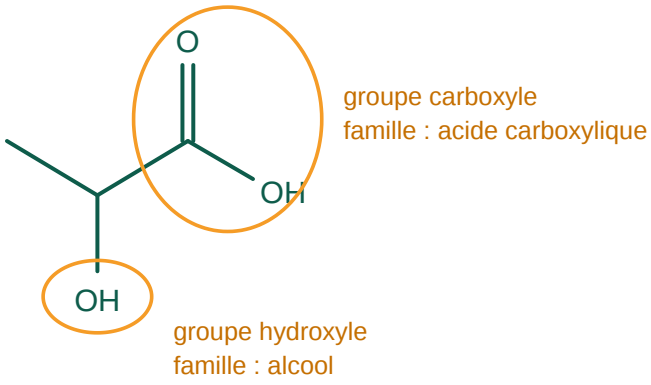
A.1 Identifier et nommer les familles fonctionnelles présentes dans la molécule d'acide lactique.

La molécule porte deux groupes caractéristiques :

- un groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ en bout de chaîne : famille des **acides carboxyliques** ;
- un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ sur le carbone voisin : famille des **alcools**.

Deux familles : acide carboxylique et alcool.

PIÈGE
Le $-\mathrm{OH}$ du groupe carboxyle n'est pas un alcool : lié à un carbone qui porte aussi $\mathrm{C{=}O}$, il forme avec lui un seul groupe. Répondre « hydroxyle » sans nommer la famille ne suffit pas.



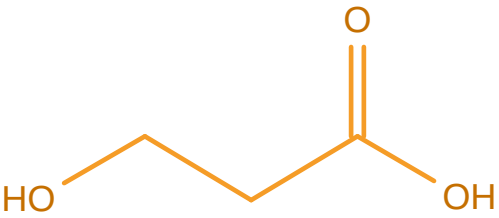
A.1 · Acide lactique : les deux groupes caractéristiques entourés

A.2 Représenter la formule topologique de l'isomère de position de l'acide lactique.

Un isomère de position a la même chaîne carbonée et les mêmes groupes, mais un groupe placé ailleurs. Le groupe carboxyle reste en bout de chaîne (carbone 1) ; le groupe hydroxyle passe du carbone 2 au carbone 3.

Acide 3-hydroxypropanoïque $\mathrm{HO-CH_2-CH_2-COOH}$ (formule topologique ci-contre), de même formule brute $\mathrm{C_3H_6O_3}$.

MÉTHODE
Numéroter la chaîne à partir du carbone du groupe carboxyle, puis déplacer le seul groupe mobile. Vérifier ensuite que la formule brute est inchangée.



A.2 · Acide 3-hydroxypropanoïque : le groupe hydroxyle est porté par le carbone 3

A.3 Identifier les deux couples acide-base mis en jeu dans la transformation entre l'acide lactique et l'eau.

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

$C_3H_6O_3\,(aq)$ / $C_3H_5O_3^-\,(aq)$ et $H_3O^+\,(aq)$ / $H_2O\,(l)$

PIÈGE
Un couple s'écrit acide / base, dans cet ordre. Le couple de l'eau en jeu ici est H_3O^+ / H_2O, pas H_2O / HO^- : l'eau capte un ion H^+.

A.4 Montrer que $K_A = \dfrac{[H_3O^+]^2}{(C - [H_3O^+]) \cdot c^\circ}$, avec C la concentration en acide apporté.

Par définition, à l'équilibre :

$$K_A = \frac{[C_3H_5O_3^-] \cdot [H_3O^+]}{[C_3H_6O_3] \cdot c^\circ}$$

D'après l'équation, la réaction forme autant d'ions lactate que d'ions oxonium : $[C_3H_5O_3^-] = [H_3O^+]$.

Conservation de la matière : l'acide apporté est soit resté sous forme acide, soit devenu ion lactate, donc $[C_3H_6O_3] = C - [C_3H_5O_3^-] = C - [H_3O^+]$.

En remplaçant :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{(C - [H_3O^+]) \cdot c^\circ}$$

PIÈGE
L'eau, solvant, n'apparaît pas dans K_A. Écrire $[C_3H_6O_3] = C$ revient à oublier que l'acide a réagi.

COMPRENDRE
L'égalité $[C_3H_5O_3^-] = [H_3O^+]$ suppose que tous les ions oxonium viennent de l'acide : ceux de l'autoprotolyse de l'eau sont négligeables dans une solution de pH voisin de 3.

A.5 Calculer la concentration en quantité de matière d'ions oxonium H_3O^+ de la solution.

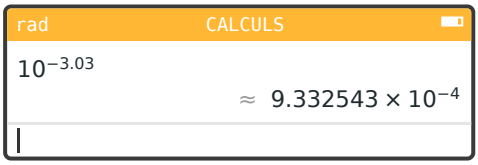
Données utiles $pH = 3{,}03$; $c^\circ = 1\ mol \cdot L^{-1}$

$[H_3O^+] = c^\circ \times 10^{-pH} = 1 \times 10^{-3{,}03}$

$[H_3O^+] = 9{,}3 \times 10^{-4}\ mol \cdot L^{-1}$

COMPRENDRE
Un pH donné avec deux décimales fournit une concentration à deux chiffres significatifs : la partie entière du pH ne fixe que la puissance de dix. Pour la suite, garder la valeur complète en mémoire.

À LA CALCULATRICE



A.6 Justifier que l'acide lactique n'est pas un acide fort.

Données utiles $C = 8{,}00 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}$; $[H_3O^+] = 9{,}3 \times 10^{-4}\ mol \cdot L^{-1}$ (A.5)

Un acide fort réagit totalement avec l'eau : on aurait $[H_3O^+] = C = 8{,}00 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}$, soit $pH = -\log(8{,}00 \times 10^{-3}) = 2{,}10$.

Or $[H_3O^+] = 9{,}3 \times 10^{-4}\ mol \cdot L^{-1} < C$ (pH mesuré $3{,}03 > 2{,}10$).

La réaction avec l'eau n'est pas totale : l'acide lactique est un acide faible (taux d'avancement final $\dfrac{[H_3O^+]}{C} \approx 0{,}12$).

MÉTHODE
Pour tester un acide, comparer $[H_3O^+]$ à C, ou le pH mesuré à $-\log(C/c^\circ)$. Égalité : acide fort. $[H_3O^+] < C$: acide faible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$-\log(8.00\times10^{-3}) \approx 2.09691$

$\dfrac{10^{-3.03}}{8.00\times10^{-3}} \approx 0.1166568$

A.7 En déduire la valeur de la constante d'acidité K_A puis la valeur du pK_A.

Données utiles $C = 8{,}00\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $[H_3O^+] = 10^{-3{,}03}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (A.5) ; $c^\circ = 1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Avec la relation de A.4 :

$$K_A = \frac{(10^{-3{,}03})^2}{(8{,}00\times10^{-3} - 10^{-3{,}03})\times 1} = 1{,}23\times10^{-4} \approx 1{,}2\times10^{-4}$$

$$pK_A = -\log K_A = -\log(1{,}23\times10^{-4}) = 3{,}91$$

$K_A = 1{,}2\times10^{-4}$ et $pK_A = 3{,}91$

PIÈGE
Calculer avec la valeur non arrondie de $[H_3O^+]$ et celle de K_A : un arrondi intermédiaire décale la deuxième décimale du pK_A. K_A et pK_A sont sans unité.

COMPRENDRE
Le résultat est proche de la valeur de référence $3{,}90$ donnée plus loin dans le sujet : c'est un bon moyen de contrôler le calcul.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{(10^{-3.03})^2}{8.00\times10^{-3} - 10^{-3.03}} \approx 1.232482\times10^{-4}$

$-\log\left(\dfrac{(10^{-3.03})^2}{8.00\times10^{-3} - 10^{-3.03}}\right) \approx 3.909219$

A.8 Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat de la mesure pK_{Am}.

Données utiles moyenne $3{,}871667$; incertitude-type $u(pK_A) = 0{,}026935$

L'incertitude-type s'écrit avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès : $u(pK_A) = 0{,}03$.

Son dernier chiffre est celui des centièmes : la moyenne est arrondie au centième, $3{,}871667 \approx 3{,}87$.

$pK_{Am} = 3{,}87$ avec $u(pK_A) = 0{,}03$

MÉTHODE
Arrondir d'abord l'incertitude (un chiffre significatif, deux au plus, par excès), puis arrêter la valeur mesurée au même rang décimal. L'écriture $3{,}872$ avec $u = 0{,}027$ est aussi recevable.

A.9 Expliquer et justifier la méthode permettant de retrouver sur le diagramme de distribution la valeur pK_{Aref}.

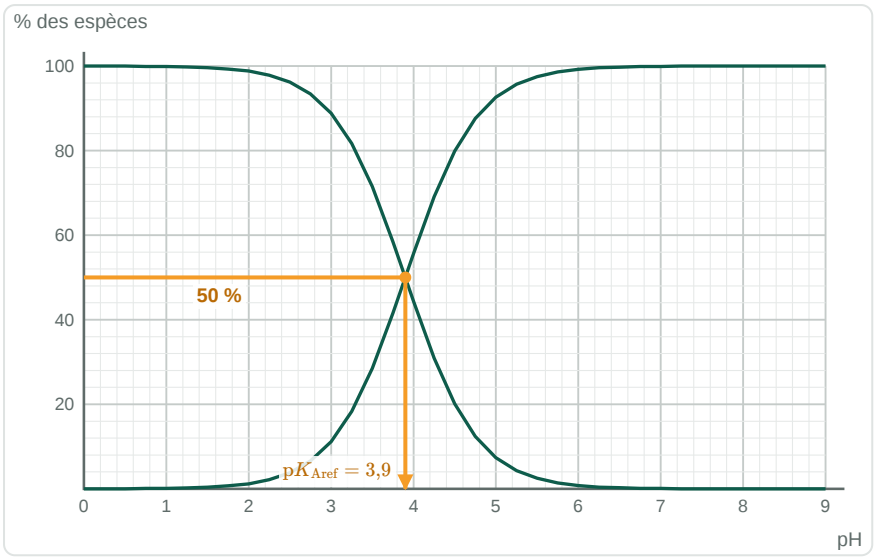
Pour le couple acide lactique / ion lactate : $pH = pK_A + \log\dfrac{[C_3H_5O_3^-]}{[C_3H_6O_3]}$.

Quand les deux espèces sont en proportions égales (50 % chacune), le rapport vaut 1 et $\log 1 = 0$, donc $pH = pK_A$.

On repère le point d'intersection des deux courbes, d'ordonnée 50 %, et on lit son abscisse.

À l'intersection des courbes, $pH = pK_{Aref} \approx 3{,}9$.

PIÈGE
Décrire la lecture sans la justifier fait perdre la moitié de la réponse : il faut la relation entre pH et pK_A et le cas $[\text{base}] = [\text{acide}]$.



A.9 · Diagramme de distribution : les deux courbes se croisent à 50 %, à l'abscisse $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_\mathrm{A}$

A.10 Comparer, en prenant appui sur un calcul, le résultat $\mathrm{p}K_\mathrm{Am}$ de la mesure avec la valeur de référence $\mathrm{p}K_\mathrm{Aref}$.

Données utiles $\mathrm{p}K_\mathrm{Am} = 3,87$ et $u(\mathrm{p}K_\mathrm{A}) = 0,03$ (A.8) ; $\mathrm{p}K_\mathrm{Aref} = 3,90$

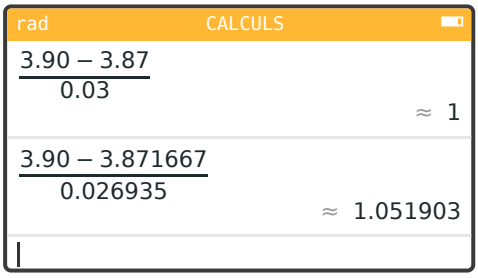
On calcule l'écart normalisé (z-score) :

$$z = \frac{|\mathrm{p}K_\mathrm{Am} - \mathrm{p}K_\mathrm{Aref}|}{u(\mathrm{p}K_\mathrm{A})} = \frac{|3,87 - 3,90|}{0,03} = 1$$

$z = 1 < 2$: la mesure est compatible avec la valeur de référence.

COMPRENDRE
L'écart entre mesure et référence vaut ici une seule incertitude-type. On retient le seuil usuel : compatible si $z \leqslant 2$. Avec les valeurs non arrondies, $z \approx 1,05$, même conclusion.

À LA CALCULATRICE



B.1 Exprimer la vitesse volumique v d'apparition de l'ester.

La vitesse volumique d'apparition est la dérivée temporelle de la concentration de l'ester ; comme V est constant :

$$v = \frac{\mathrm{d}[\mathrm{ester}]}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{V} \cdot \frac{\mathrm{d}n_\mathrm{ester}}{\mathrm{d}t}$$

PIÈGE
Pas de signe « $-$ » : il concerne la vitesse de disparition d'un réactif. Ne pas oublier le facteur $\frac{1}{V}$, sinon la vitesse n'est pas volumique.

B.2 En analysant qualitativement la courbe (b), indiquer l'évolution de la vitesse volumique v d'apparition de l'ester.

À une date t, $\frac{\mathrm{d}n_\mathrm{ester}}{\mathrm{d}t}$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe $n_\mathrm{ester}(t)$; v lui est proportionnelle puisque V est constant.

Sur la courbe (b), la tangente est très inclinée au début, puis de moins en moins : elle est presque horizontale après 300 min.

La vitesse volumique v est maximale à $t = 0$, puis diminue au cours du temps et tend vers zéro.

COMPRENDRE
La vitesse baisse parce que les réactifs sont consommés : leur concentration, facteur cinétique, diminue. Elle s'annule à l'équilibre, où n_ester ne varie plus.

B.3 Identifier le rôle joué par l'acide sulfurique.

Les expériences (a) et (b) ne diffèrent que par l'ajout d'acide sulfurique, absent de l'équation de la réaction. À chaque date, la courbe (b) est au-dessus de la courbe (a) : par exemple, à 60 min, environ $0{,}28$ mol d'ester contre environ $0{,}09$ mol.

L'acide sulfurique est un catalyseur : il accélère la transformation sans figurer dans son bilan.

PIÈGE
Un catalyseur augmente la vitesse, pas la quantité finale d'ester : il ne modifie pas l'état d'équilibre.

B.4 Indiquer, en argumentant, si pour l'expérience (a) l'état final est atteint au bout de 350 min.

À 350 min, la courbe (a) est encore croissante : sa tangente n'est pas horizontale, la vitesse d'apparition de l'ester n'est pas nulle.

De plus, les deux mélanges initiaux sont identiques et un catalyseur ne change pas l'état final : (a) doit atteindre la même quantité d'ester que (b), environ $0{,}37$ mol. Or, à 350 min, $n_{\text{ester}} \approx 0{,}25$ mol seulement pour (a).

L'état final n'est pas atteint au bout de 350 min pour l'expérience (a).

MÉTHODE
État final atteint : la courbe présente un palier horizontal (vitesse nulle). Deux arguments valent mieux qu'un : l'allure de la courbe, puis la comparaison avec l'expérience catalysée.

Un apport de magnésium

Bac 2021 Amérique du Nord Sujet 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1 Indiquer la verrerie à utiliser pour préparer la solution d'hydroxyde de sodium par dilution, avec un seul prélèvement de S_0. Expliquer.

Données utiles $C_0 = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_B = 4{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; fioles jaugées de 50,0 ; 100,0 ; 200,0 mL ; pipettes jaugées de 10,0 ; 20,0 ; 25,0 mL

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté prélevée se retrouve intégralement dans la solution fille : $C_0\,V_0 = C_B\,V_B$, avec V_0 le volume de S_0 prélevé et V_B le volume de la fiole.

$$\frac{V_0}{V_B} = \frac{C_B}{C_0} = \frac{4{,}00 \times 10^{-2}}{1{,}00 \times 10^{-1}} = 0{,}400$$

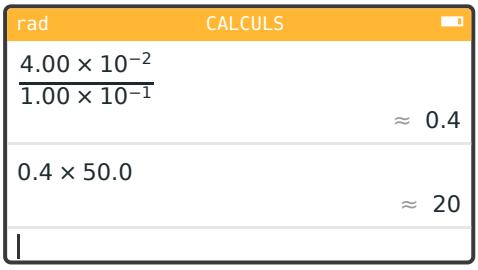
Essai des trois fioles : $0{,}400 \times 50{,}0 = 20{,}0$ mL ; $0{,}400 \times 100{,}0 = 40{,}0$ mL ; $0{,}400 \times 200{,}0 = 80{,}0$ mL. Seul 20,0 mL correspond à une pipette disponible.

Pipette jaugée de **20,0 mL** pour prélever S_0 et fiole jaugée de **50,0 mL**, complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

PIÈGE
Prélever 40,0 mL en deux fois avec la pipette de 20,0 mL pour la fiole de 100,0 mL : l'énoncé impose un seul prélèvement.

MÉTHODE
Calculer d'abord le rapport V_0/V_B (ici 0,400, soit une dilution d'un facteur 2,5), puis tester chaque fiole : une seule donne un volume de pipette existant.

À LA CALCULATRICE



2 Écrire l'équation de la réaction support du titrage, puis définir l'équivalence.

Les ions oxonium de l'éluat réagissent avec les ions hydroxyde de la solution titrante :

$$\text{H}_3\text{O}^+\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow 2\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$$

L'équivalence est l'état du système pour lequel le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : ils sont alors tous deux entièrement consommés.

À l'équivalence : $n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{éluat}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé à l'équivalence}}$

COMPRENDRE
Les ions Na^+ sont spectateurs : ils n'apparaissent pas dans l'équation. Avant l'équivalence, HO^- est le réactif limitant ; après, c'est H_3O^+.

3 Justifier, par un raisonnement détaillé, le choix possible de l'indicateur coloré pour un titrage colorimétrique.

Données utiles zones de virage : hélianthine 3,1 – 4,4 ; bleu de bromothymol 6,0 – 7,6 ; jaune d'alizarine 10,1 – 12,0

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence : il change alors de teinte à la goutte près, dans le saut de pH.

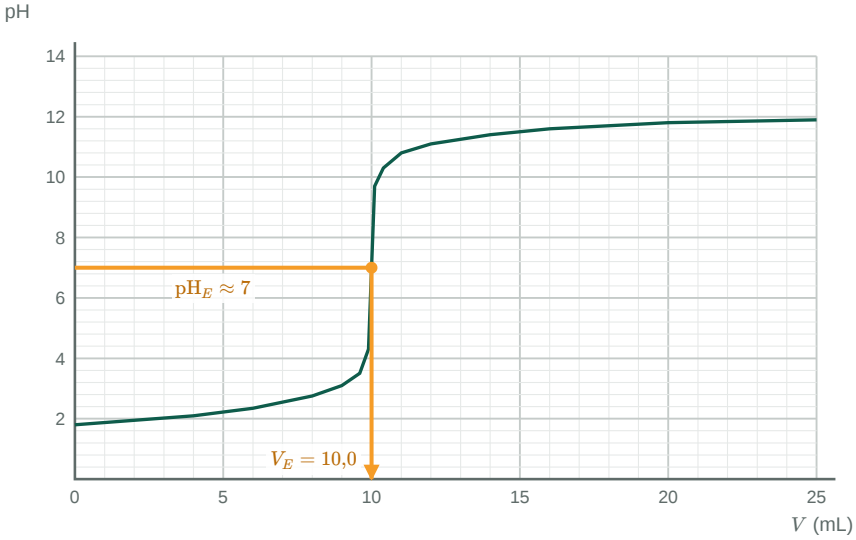
Le volume à l'équivalence est l'abscisse du maximum de la courbe dérivée : $V_E = 10{,}0$ mL. Pour ce volume, la courbe $\mathrm{pH} = f(V)$ est quasi verticale entre $\mathrm{pH} \approx 4$ et $\mathrm{pH} \approx 10$; le milieu du saut donne $\mathrm{pH}_E \approx 7$.

- Hélianthine (3,1 – 4,4) : elle vire avant le saut.
- Jaune d'alizarine (10,1 – 12,0) : il vire après le saut, progressivement.
- Bleu de bromothymol (6,0 – 7,6) : sa zone de virage contient pH_E.

On choisit le **bleu de bromothymol** : la solution passe du jaune au bleu à l'équivalence.

PIÈGE
Citer le bon indicateur sans lire pH_E sur la courbe, ou sans écarter les deux autres : la question exige un raisonnement détaillé.

COMPRENDRE
Titrage d'un acide fort par une base forte : à l'équivalence, la solution ne contient que de l'eau et des ions spectateurs, d'où un pH voisin de 7.



3 · Courbe de titrage du sujet : lecture de l'équivalence

4 Montrer que la quantité de matière d'ions oxonium dans l'éluat est égale à $4{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

Données utiles $C_B = 4{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_E = 10{,}0$ mL (Q3)

À l'équivalence (Q2), la quantité d'ions hydroxyde versée est égale à la quantité d'ions oxonium présente dans l'éluat :

$$n(\mathrm{H_3O^+}) = C_B\, V_E$$

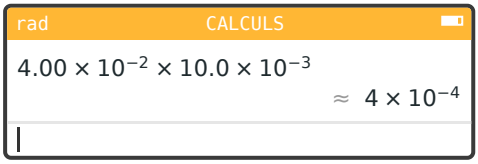
$$n(\mathrm{H_3O^+}) = 4{,}00 \times 10^{-2} \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}00 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

$n(\mathrm{H_3O^+}) = 4{,}00 \times 10^{-4}$ mol, en accord avec la valeur attendue $4{,}0 \times 10^{-4}$ mol.

PIÈGE
Laisser V_E en mL donne 0,400 mol, mille fois trop. Le volume $V_1 = 25{,}0$ mL de l'échantillon n'intervient pas ici.

COMPRENDRE
C_B et V_E ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois. L'énoncé l'annonce avec deux, les valeurs sont compatibles.

À LA CALCULATRICE



5 Déterminer le nombre de comprimés qui apporteraient à un adulte la masse de magnésium préconisée par jour. Porter un regard critique sur le résultat et proposer un moyen de réduire cette consommation.

Données utiles $n(H_3O^+) = 4{,}00 \times 10^{-4}$ mol (Q4) ; $M(Mg) = 24{,}3$ g · mol^{-1} ; $V = 250{,}0$ mL ; $V_1 = 25{,}0$ mL ; besoin : 6,0 mg par kg de masse corporelle

Magnésium dans l'échantillon. Chaque ion Mg^{2+} fixé libère deux ions H_3O^+ et tous les ions magnésium sont échangés :

$$n_1(Mg^{2+}) = \frac{n(H_3O^+)}{2} = \frac{4{,}00 \times 10^{-4}}{2} = 2{,}00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Magnésium dans un comprimé. Le comprimé est dissous dans $V = 250{,}0$ mL et l'échantillon vaut $V_1 = 25{,}0$ mL, soit le dixième :

$$n(Mg^{2+}) = n_1 \times \frac{V}{V_1} = 2{,}00 \times 10^{-4} \times \frac{250{,}0}{25{,}0} = 2{,}00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m = n(Mg^{2+}) \times M(Mg) = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 24{,}3 = 4{,}86 \times 10^{-2} \text{ g} = 48{,}6 \text{ mg}$$

Besoin quotidien. Hypothèse : adulte de masse 70 kg. $m_{jour} = 6{,}0 \times 70 = 4{,}2 \times 10^2$ mg.

Nombre de comprimés. $N = \frac{m_{jour}}{m} = \frac{420}{48{,}6} \approx 8{,}6$, arrondi à l'entier supérieur.

Il faudrait **9 comprimés par jour** pour un adulte de 70 kg (48,6 mg de magnésium par comprimé).

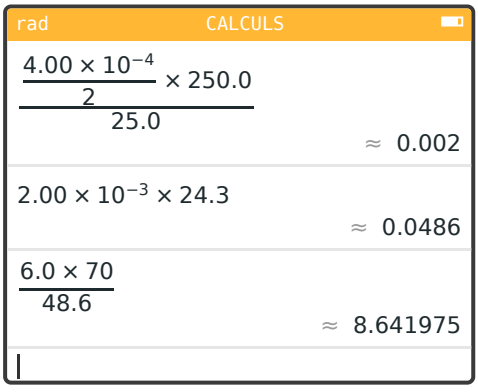
Regard critique. Ce nombre est élevé et contraignant. Le calcul suppose que le médicament couvre seul tout le besoin, alors que l'alimentation en apporte une partie. Pour réduire la prise : privilégier des aliments et des eaux minérales riches en magnésium, ou utiliser des comprimés plus fortement dosés.

PIÈGE
Multiplier par 2 au lieu de diviser, ou oublier le facteur 10 entre l'échantillon et la fiole. Arrondir 8,6 à 8 ne couvre pas le besoin.

COMPRENDRE
La masse corporelle n'est pas donnée : toute valeur réaliste, annoncée clairement, est acceptée (60 kg donne 8 comprimés, 80 kg en donne 10).

MÉTHODE
Remonter la chaîne à l'envers : H_3O^+ dosés, puis Mg^{2+} de l'échantillon (÷ 2), puis comprimé entier (× 10), puis masse (× M), enfin comparaison au besoin.

À LA CALCULATRICE



Décapage d'une pièce en aluminium

Bac 2021 Amérique du Nord Sujet 1 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

A.1 Écrire l'équation de dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau.

Le chlorure d'hydrogène réagit totalement avec l'eau, à laquelle il cède un ion H^+ :

$$HCl\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_3O^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

COMPRENDRE
L'acide chlorhydrique est une solution d'acide fort : il ne reste pas de molécules HCl en solution, d'où la flèche simple. Une mole de gaz dissous apporte une mole d'ions H_3O^+.

A.2 Déterminer la concentration en quantité de matière de chlorure d'hydrogène apportée C_S de la solution S.

Données utiles $V_{gaz} = 150$ L ; $V = 1{,}00$ L ; $P = 1013$ hPa ; $\theta = 20\ ^\circ$C ; $R = 8{,}32\ \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Le gaz est supposé parfait : $PV_{gaz} = nRT$, donc $n = \dfrac{PV_{gaz}}{RT}$.

Toute cette quantité est dissoute dans le volume V de solution :

$$C_S = \frac{n}{V} = \frac{PV_{gaz}}{RTV}$$

Unités : $P = 1013 \times 10^2$ Pa ; $V_{gaz} = 0{,}150\ \text{m}^3$; $T = 20 + 273{,}15 = 293{,}15$ K.

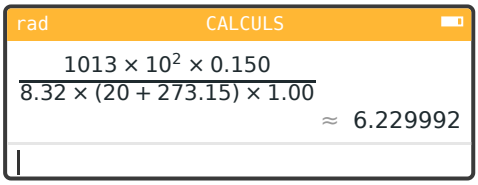
$$C_S = \frac{1013 \times 10^2 \times 0{,}150}{8{,}32 \times 293{,}15 \times 1{,}00}$$

$$C_S = 6{,}23\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

PIÈGE
Avec R en $\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, la pression se met en pascals, le volume de gaz en mètres cubes et la température en kelvins. Laisser 150 L donne un résultat mille fois trop grand.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme V_{gaz}, V et R. Le volume V de la solution reste en litres, puisqu'on veut des $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



A.3 Justifier, en développant le raisonnement, l'évolution qualitative de la pente de la courbe de titrage conductimétrique.

Données utiles conductivités molaires ioniques en $\text{S} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$: Na^+ 50 ; Cl^- 76 ; H_3O^+ 350 ; HO^- 200

Réaction support du titrage : $H_3O^+\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow 2\,H_2O\,(l)$. Les ions Na^+ et Cl^- sont spectateurs. La conductivité est la somme des contributions des ions : $\sigma = \sum \lambda_i\,[X_i]$.

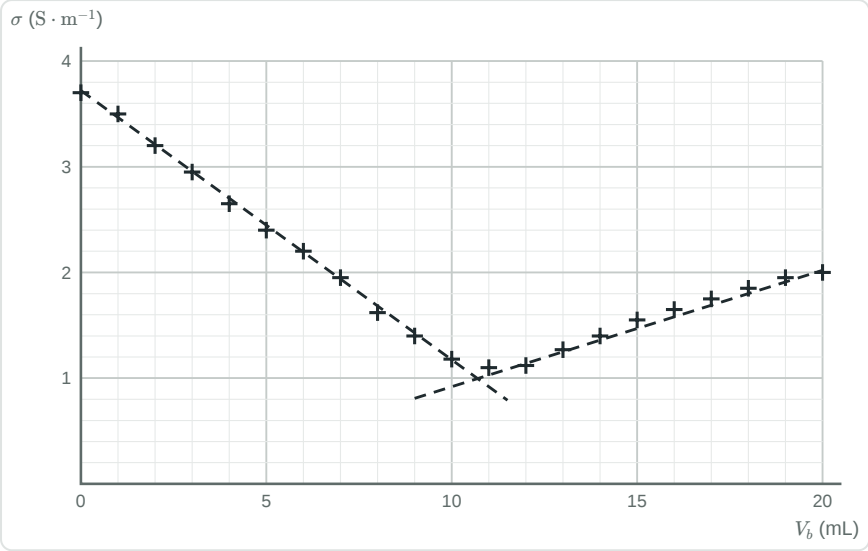
Avant l'équivalence : chaque ion HO^- versé est consommé et fait disparaître un ion H_3O^+, tandis qu'un ion Na^+ s'ajoute à la solution ; la quantité d'ions Cl^- ne change pas. Tout se passe comme si un ion H_3O^+ était remplacé par un ion Na^+, sept fois moins conducteur ($50 < 350$) : σ diminue, la pente est négative.

Après l'équivalence : il n'y a plus d'ions H_3O^+. Les ions Na^+ et HO^- versés s'accumulent sans réagir : σ augmente, la pente est positive.

La pente est négative avant l'équivalence (remplacement de H_3O^+ par Na^+, moins conducteur), puis positive après (ajout de Na^+ et HO^- en excès) ; la rupture de pente repère l'équivalence.

PIÈGE
Dire seulement « les ions H_3O^+ disparaissent » ne suffit pas : il faut citer l'arrivée des ions Na^+ et comparer les deux valeurs de λ, sinon le signe de la pente n'est pas justifié.

MÉTHODE
Pour chaque portion de la courbe : lister les ions présents, dire pour chacun si sa concentration augmente, diminue ou reste stable, puis comparer les conductivités molaires ioniques de ceux qui varient.



A.3 · Courbe du sujet : les deux portions de droite se coupent à l'équivalence, vers $V_b \approx 11$ mL

B.1 Indiquer si l'équation de la réaction de l'acide chlorhydrique sur l'aluminium traduit une réaction acido-basique ou une réaction d'oxydo-réduction. Justifier.

L'aluminium métallique devient un ion Al^{3+} : il perd des électrons, il est oxydé.

$$Al\,(s) = Al^{3+}\,(aq) + 3\,e^-$$

Les ions H_3O^+ donnent du dihydrogène : ils captent ces électrons, ils sont réduits.

$$2\,H_3O^+\,(aq) + 2\,e^- = H_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)$$

En multipliant la première demi-équation par 2 et la seconde par 3, on retrouve l'équation du sujet (6 électrons échangés).

Il y a transfert d'électrons du réducteur Al vers l'oxydant H_3O^+ : c'est une réaction d'oxydo-réduction.

PIÈGE
La présence de H_3O^+ ne fait pas une réaction acido-basique. Un acide céderait un ion H^+ à une base ; ici aucune base ne le reçoit et il se forme du dihydrogène.

COMPRENDRE
Couples mis en jeu : Al^{3+} / Al et H_3O^+ / H_2. Le gaz incolore et très inflammable décrit par l'énoncé est le dihydrogène.

B.2 Déterminer la concentration C en quantité de matière d'ions H_3O^+ de la solution à utiliser pour que le décapage cesse lorsque 0,10 % de la masse d'aluminium a réagi.

Données utiles $m_{pièce} = 350$ g ; $V = 1{,}00$ L ; $M(Al) = 27{,}0\ g \cdot mol^{-1}$; transformation totale

Masse d'aluminium à faire réagir : $m_{Al} = \dfrac{0{,}10}{100} \times 350 = 0{,}35$ g.

Le décapage s'arrête quand les ions H_3O^+ sont épuisés : ils doivent être le réactif limitant, l'aluminium restant en large excès. D'après l'équation, 6 mol de H_3O^+ réagissent avec 2 mol de Al :

$$\frac{n(H_3O^+)}{6} = \frac{n(Al)}{2} \quad \text{donc} \quad n(H_3O^+) = 3\,n(Al) = \frac{3\,m_{Al}}{M(Al)}$$

$$C = \frac{n(H_3O^+)}{V} = \frac{3\,m_{Al}}{M(Al)\,V} = \frac{3 \times 0{,}35}{27{,}0 \times 1{,}00}$$

$$C = 3{,}9 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$$

PIÈGE
Calculer avec les 350 g de la pièce entière, ou oublier le facteur 3 des nombres stœchiométriques $(6/2)$. 0,10 % signifie un millième, pas un dixième.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, imposés par « 0,10 % ». Pour la suite, on garde la valeur non arrondie en mémoire dans la calculatrice.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.10}{100} \times 350$ ≈ 0.35

$\frac{3 \times 0.35}{27.0 \times 1.00}$ ≈ 0.03888889

B.3 Déterminer la dilution à appliquer à la solution commerciale à 23 % en masse pour décaper correctement la pièce d'aluminium.

Données utiles titre massique 23 % ; $\rho_{sol} = 1{,}15\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M(\text{HCl}) = 1{,}0 + 35{,}5 = 36{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $C = 3{,}9 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (B.2)

Concentration C_0 de la solution commerciale. Un litre de cette solution a une masse $m_{sol} = \rho_{sol} \times 1000 = 1150$ g et contient $m_{\text{HCl}} = \frac{23}{100} \times 1150 = 264{,}5$ g de chlorure d'hydrogène dissous.

$$C_0 = \frac{m_{\text{HCl}}}{M(\text{HCl}) \times 1{,}00} = \frac{264{,}5}{36{,}5} = 7{,}2\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Dilution. La quantité de matière de soluté se conserve : $C_0\,V_0 = C\,V$. Le facteur de dilution est

$$F = \frac{C_0}{C} = \frac{7{,}25}{3{,}89 \times 10^{-2}} \approx 1{,}9 \times 10^{2}$$

Pour préparer $V = 1{,}00$ L de solution de décapage : $V_0 = \frac{C\,V}{C_0} = \frac{3{,}89 \times 10^{-2} \times 1{,}00}{7{,}25} = 5{,}4 \times 10^{-3}$ L.

Il faut diluer la solution commerciale environ 190 fois : $V_0 = 5{,}4$ mL de solution commerciale, complétés à 1,00 L avec de l'eau distillée.

PIÈGE
Les 23 % portent sur la masse de solution, pas sur son volume : il faut passer par la masse d'un litre de solution, donc convertir ρ_{sol} en $1150\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

COMPRENDRE
Un volume de 5,4 mL se prélève à la pipette graduée et se verse dans une fiole jaugée de 1,00 L. On peut aussi peser la solution commerciale : $1{,}15 \times 5{,}4 \approx 6{,}2$ g.

MÉTHODE
Titre massique w et masse volumique donnent la concentration : $C_0 = \frac{w\,\rho_{sol}}{M}$, avec ρ_{sol} en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Ensuite, toute dilution se traite avec $C_0\,V_0 = C\,V$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{23}{100} \times 1.15 \times 1000$ ≈ 264.5

$\frac{264.5}{36.5}$ ≈ 7.246575

$\frac{7.246575342}{0.03888888889}$ ≈ 186.3405

$\frac{0.03888888889 \times 1.00}{7.246575342}$ ≈ 0.00536652