Corrigé complet — Bac 2023 Amérique du Nord Jour 1

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

Ex 1	**Le street - une pratique olympique** Énergies cinétique, potentielle et mécanique · Théorème de l'énergie cinétique · Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Décharge d'un condensateur · Constante de temps	11 pts	1 h 35	17 questions	p. 2
Ex 2	**Technique de dosage de l'urée** Isomérie et formule semi-développée · Spectroscopie infrarouge · Préparation d'une solution par dissolution · Stœchiométrie et dosage gravimétrique · Incertitude-type et compatibilité d'une mesure · Dosage par étalonnage et loi de Beer-Lambert	5 pts	53 min	12 questions	p. 9
Ex 3	**Nettoyage d'une paroi de douche** Titre massique et concentration · Masse volumique · Quantité de matière · Couple acide-base · Réactif limitant	4 pts	48 min	4 questions	p. 14

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 street - une pratique olympique

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 35**

Q.1 À l'aide du script Python, nommer en justifiant les énergies E_1, E_2 et E_3, puis les attribuer aux courbes a, b et c.

E_1 est nulle à $t = 0$ (départ sans vitesse) puis augmente comme la vitesse : c'est l'**énergie cinétique** E_c. Tracée avec « 'r+-' » (croix rouges) : **courbe c**.

E_2 diminue comme l'altitude du skateboardeur : c'est l'**énergie potentielle de pesanteur** E_{pp}. Tracée avec « 'go-' » (ronds verts) : **courbe b**.

Ligne 11, $E_3 = E_1 + E_2 = E_c + E_{pp}$: c'est l'**énergie mécanique** E_m. Tracée avec « 'bv-' » (triangles bleus) : **courbe a**.

$E_1 = E_c$ (courbe c) ; $E_2 = E_{pp}$ (courbe b) ; $E_3 = E_m$ (courbe a)

MÉTHODE
Deux indices se recoupent : le sens de variation de chaque liste de valeurs, et le code de tracé de plt.plot (première lettre = couleur, symbole suivant = marqueur) à comparer avec la légende.

Q.2 Interpréter l'évolution temporelle de l'énergie E_3.

Données utiles script : $E_3(0) = 0{,}0 + 588{,}6$ J ; $E_3(1{,}35\ \text{s}) = 540{,}5 + 1{,}6$ J

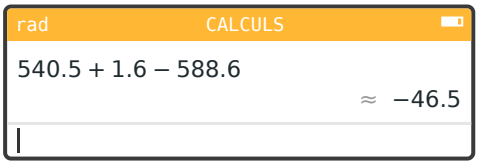
L'énergie mécanique diminue légèrement au cours de la descente : elle passe de $588{,}6$ J en A à $540{,}5 + 1{,}6 = 542{,}1$ J en B. Elle ne se conserve donc pas.

Le système est soumis à une force non conservative qui travaille : la force de frottement $\vec{F}$ des roues sur la piste. Son travail est résistant et $\Delta E_m = W_{AB}(\vec{F})$.

E_m diminue de $46{,}5$ J : cette énergie est dissipée par les frottements $\vec{F}$.

PIÈGE
Répondre seulement « elle diminue ». Interpréter demande la cause : une force non conservative dont le travail est négatif. La réaction normale, perpendiculaire au déplacement, ne travaille pas.

À LA CALCULATRICE



Q.3 Déterminer la valeur de la vitesse atteinte par le skateboardeur au point B.

Données utiles $m = 75{,}0$ kg ; dernière valeur de E_1 : $E_c(B) = 540{,}5$ J

Le point B est atteint à la dernière date du script, où $E_c(B) = 540{,}5$ J.

$$E_c(B) = \frac{1}{2} m v_B^2 \text{ donc } v_B = \sqrt{\frac{2\,E_c(B)}{m}}$$

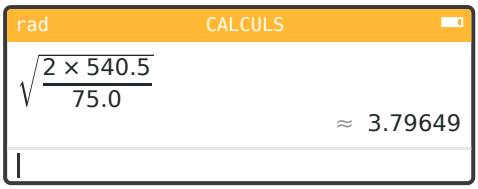
$$v_B = \sqrt{\frac{2 \times 540{,}5}{75{,}0}} = 3{,}80\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_B = 3{,}80\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise (m). Le résultat est cohérent avec la valeur $3{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ donnée en partie B.

COMPRENDRE
Le script imprimé donne 15 dates mais 14 valeurs pour E_1 et E_2 : une valeur manque en début de liste. La dernière ($540{,}5$ J) correspond bien au point B sur le graphique.

À LA CALCULATRICE



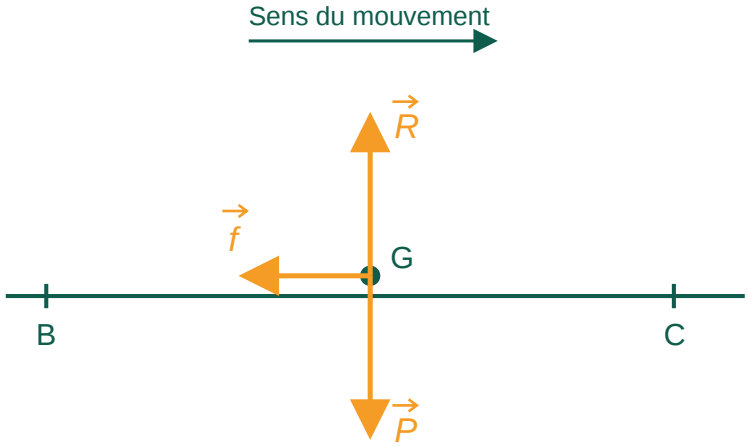
Q.4 Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au skateboardeur entre B et C et les représenter sans souci d'échelle.

Système {skateboardeur}, référentiel terrestre supposé galiléen. Les frottements de l'air sont négligés. Trois forces :

- le poids $\vec{P}$: vertical, vers le bas ;
- la réaction normale du sol $\vec{R}$: verticale, vers le haut ;
- la force de frottement $\vec{f}$: horizontale, de sens opposé au mouvement.

Trois forces : $\vec{P}$, $\vec{R}$ et $\vec{f}$ (schéma ci-contre).

PIÈGE
Ajouter une force « motrice » dans le sens du mouvement : rien ne pousse le skateboardeur entre B et C. Tracer $\vec{P}$ et $\vec{R}$ de même longueur, puisqu'ils se compensent.



Q.4 · Forces appliquées au système entre B et C

Q.5 À l'aide du théorème de l'énergie cinétique appliqué entre B et C, établir la relation entre v_B, m, f et la distance d'arrêt BC.

Théorème de l'énergie cinétique entre B et C :

$$E_c(C) - E_c(B) = W_{BC}(\vec{P}) + W_{BC}(\vec{R}) + W_{BC}(\vec{f})$$

- $\vec{P}$ et $\vec{R}$ sont perpendiculaires au déplacement : leur travail est nul ;
- $\vec{f}$ est opposée au déplacement : $W_{BC}(\vec{f}) = f \times BC \times \cos(180^\circ) = -f \times BC$;
- le skateboardeur s'arrête en C : $E_c(C) = 0$.

Donc $0 - \frac{1}{2} m v_B^2 = -f \times BC$

$\frac{1}{2} m v_B^2 = f \times BC$, soit $BC = \frac{m v_B^2}{2f}$

PIÈGE
Oublier le signe du travail de $\vec{f}$: sans le $\cos(180^\circ) = -1$, on obtient une distance négative.

Q.6 Montrer que la distance d'arrêt s'exprime par $BC = \dfrac{v_B^2}{2\,\mu_c\,g}$.

Données utiles $\mu_c = \dfrac{f}{R}$; $BC = \dfrac{m\,v_B^2}{2f}$ (Q.5)

Le mouvement est horizontal : il n'y a pas d'accélération verticale. La deuxième loi de Newton projetée sur l'axe vertical donne $R - P = 0$, soit $R = m\,g$.

Par définition de μ_c : $f = \mu_c\,R = \mu_c\,m\,g$.

En reportant dans la relation de la Q.5 :

$$BC = \frac{m\,v_B^2}{2\,\mu_c\,m\,g}$$

$BC = \dfrac{v_B^2}{2\,\mu_c\,g}$: la masse se simplifie, c'est la relation attendue.

PIÈGE
Écrire $R = m\,g$ sans justification. L'égalité vient de l'absence de mouvement vertical ; sur le plan incliné de la partie A, elle serait fausse.

Q.7 Calculer la valeur de la distance d'arrêt.

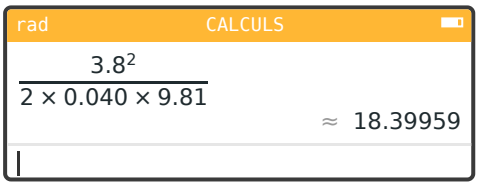
Données utiles $v_B = 3{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\mu_c = 0{,}040$; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

$$BC = \frac{v_B^2}{2\,\mu_c\,g} = \frac{3{,}8^2}{2 \times 0{,}040 \times 9{,}81} = 18\ \text{m}$$

$BC = 18$ m

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs : v_B et μ_c n'en ont que deux. À la calculatrice, mettre le dénominateur entre parenthèses.

À LA CALCULATRICE



Q.8 Indiquer en justifiant comment évolue la distance d'arrêt lorsque les roues sont remplacées par des roues moins dures de même géométrie.

Des roues moins dures frottent davantage : la force f augmente, donc $\mu_c = \dfrac{f}{R}$ augmente ($R = m\,g$ est inchangée).

Or $BC = \dfrac{v_B^2}{2\,\mu_c\,g}$: pour une même vitesse v_B, BC est inversement proportionnelle à μ_c.

La distance d'arrêt diminue.

Q.9 En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les équations horaires du mouvement du centre de masse G lors du saut.

Données utiles à $t = 0$: $x_0 = 0$, $z = z_0$, vitesse $\vec{v}_D$ faisant l'angle β avec l'horizontale

Système {skateboardeur}, référentiel terrestre supposé galiléen.
L'action de l'air est négligée : la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\,\vec{a} = m\,\vec{g}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$. Dans le repère $(D\,;\vec{i},\vec{k})$:

$$a_x = 0 \qquad a_z = -g$$

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on primitive, avec $\vec{v}(0) = \vec{v}_D$ de coordonnées $(v_D\cos\beta\ ;\ v_D\sin\beta)$:

$$v_x(t) = v_D\cos\beta \qquad v_z(t) = -g\,t + v_D\sin\beta$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{DG}}{\mathrm{d}t}$, on primitive encore, avec $x(0) = 0$ et $z(0) = z_0$:

$$\boxed{x(t) = v_D\cos(\beta)\,t \quad \text{et} \quad z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_D\sin(\beta)\,t + z_0}$$

PIÈGE
Oublier z_0 : à l'instant initial, G n'est pas à l'origine du repère mais à 80 cm au-dessus du point D.

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi, projection, puis deux primitives. Chaque constante d'intégration se détermine avec une condition initiale, à citer explicitement.

Q.10 Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit $z(x) = -\dfrac{g}{2\,v_D^2\cos^2(\beta)}\,x^2 + \tan(\beta)\,x + z_0$.

Données utiles équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ (Q.9)

On élimine le temps : $x = v_D\cos(\beta)\,t$ donne $t = \dfrac{x}{v_D\cos\beta}$.

On reporte dans $z(t)$:

$$z(x) = -\frac{1}{2}\,g\left(\frac{x}{v_D\cos\beta}\right)^2 + v_D\sin\beta \times \frac{x}{v_D\cos\beta} + z_0$$

Avec $\dfrac{\sin\beta}{\cos\beta} = \tan\beta$:

$$\boxed{z(x) = -\frac{g}{2\,v_D^2\cos^2(\beta)}\,x^2 + \tan(\beta)\,x + z_0} \text{ : c'est la relation attendue.}$$

Q.11 Calculer la coordonnée x du centre de masse lorsque le skateboardeur retrouve l'altitude initiale $z = z_0$.

Données utiles $z(x) = -0{,}894\,x^2 + 1{,}22\,x + 0{,}80$ (x et z en m) ; $z_0 = 0{,}80$ m

On résout $z(x) = z_0$:

$-0{,}894\,x^2 + 1{,}22\,x + 0{,}80 = 0{,}80$, soit $x\,(-0{,}894\,x + 1{,}22) = 0$.

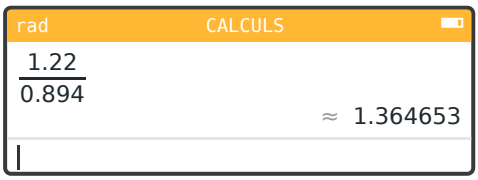
Deux solutions : $x = 0$ (point de départ, à écarter) ou $-0{,}894\,x + 1{,}22 = 0$.

$$x = \frac{1{,}22}{0{,}894} = 1{,}36\ \text{m}$$

$$\boxed{x = 1{,}36\ \text{m}}$$

MÉTHODE
Le terme constant disparaît : on factorise par x au lieu de calculer un discriminant. La solution $x = 0$ a un sens physique, c'est le départ du saut.

À LA CALCULATRICE



Q.12 En déduire si le skateboardeur franchira ou non l'obstacle.

Données utiles $\ell = 0{,}70$ m ; $L = 1{,}0$ m ; $x = 1{,}36$ m (Q.11)

Quand G retrouve l'altitude z_0 qu'il avait au départ, le skateboard retouche le sol : le saut se termine à $x = 1{,}36$ m.

L'obstacle s'étend de $x = \ell = 0{,}70$ m à $x = \ell + L = 0{,}70 + 1{,}0 = 1{,}7$ m.

Or $0{,}70\ \text{m} < 1{,}36\ \text{m} < 1{,}7\ \text{m}$: le skateboardeur retombe au-dessus de l'obstacle.

$x = 1{,}36\ \text{m} < \ell + L = 1{,}7\ \text{m}$: l'obstacle n'est pas franchi.

PIÈGE
Comparer x à L seul, ou à ℓ seul. La fin de l'obstacle se trouve à l'abscisse $\ell + L$, comptée depuis le point D.

Q.13 Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C lors de la décharge s'écrit $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{\tau}u_C = 0$, où τ est une constante.

Interrupteur en position 2, avec les orientations du schéma.

Loi des mailles : $u_C + u_R = 0$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

Pour le condensateur : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_C$, avec C constante, donc $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

On reporte : $u_C + R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$, puis on divise par $R\,C$:

$\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{\tau}u_C = 0$ avec $\tau = R\,C$

PIÈGE
Garder la tension U_1 dans la loi des mailles : en position 2, le dispositif de charge n'est plus dans la maille, qui ne contient que le condensateur et le tube.

Q.14 Vérifier que l'équation différentielle admet une solution de la forme $u(t) = A\,e^{-t/B}$ et exprimer A et B en fonction des paramètres du circuit.

Données utiles $\tau = R\,C$ (Q.13) ; condensateur chargé sous $U_1 = 310$ V à $t = 0$

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

On reporte dans l'équation différentielle :

$$-\frac{A}{B}\,e^{-t/B} + \frac{1}{\tau}\,A\,e^{-t/B} = A\,e^{-t/B}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{B}\right)$$

Cette expression est nulle à chaque instant si $\dfrac{1}{B} = \dfrac{1}{\tau}$, soit $B = \tau = R\,C$: la fonction proposée est bien solution.

Condition initiale : à $t = 0$, le condensateur est chargé sous la tension U_1, donc $u(0) = A\,e^0 = A = U_1$.

$A = U_1$ et $B = R\,C$, soit $u_C(t) = U_1\,e^{-t/(RC)}$

MÉTHODE
Deux étapes distinctes : reporter la fonction dans l'équation donne B ; la condition initiale donne A. L'équation différentielle seule ne permet pas de trouver A.

Q.15 Montrer que la constante τ est homogène à un temps.

Données utiles $\tau = RC$ (Q.13)

Loi d'Ohm $u_R = Ri$: R s'exprime en $\mathrm{V \cdot A^{-1}}$.

Relation $i = C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$: $C = \dfrac{i}{\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t}$ s'exprime en $\dfrac{\mathrm{A}}{\mathrm{V \cdot s^{-1}}} = \mathrm{A \cdot s \cdot V^{-1}}$.

Le produit RC s'exprime donc en $\mathrm{V \cdot A^{-1} \times A \cdot s \cdot V^{-1}} = \mathrm{s}$.

$\tau = RC$ s'exprime en secondes : τ est homogène à un temps.

COMPRENDRE
Autre argument recevable : dans l'équation différentielle, $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ est en $\mathrm{V \cdot s^{-1}}$, donc $\dfrac{u_C}{\tau}$ aussi, ce qui impose τ en secondes.

Q.16 Déterminer la valeur de la constante de temps τ en expliquant la méthode graphique employée.

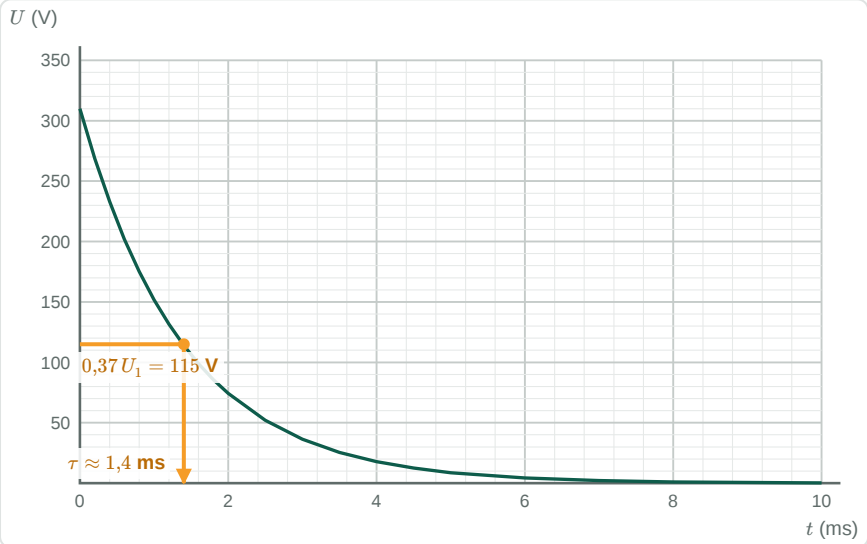
Données utiles courbe de décharge : $U_1 = 310$ V à $t = 0$; $u_C(t) = U_1\, e^{-t/\tau}$ (Q.14)

À la date $t = \tau$: $u_C(\tau) = U_1\, e^{-1} = 0{,}37\, U_1$.

$$u_C(\tau) = 0{,}37 \times 310 = 115 \text{ V}$$

On trace l'horizontale d'ordonnée 115 V jusqu'à la courbe, puis on lit l'abscisse du point d'intersection.

$\tau \approx 1{,}4$ ms

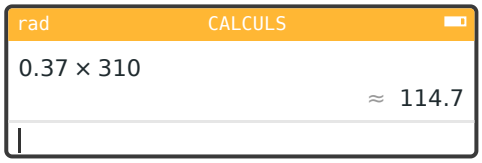


Q.16 · Courbe de décharge du sujet, avec la lecture de la constante de temps

PIÈGE
Donner le résultat en secondes : l'axe des abscisses est gradué en millisecondes. Autre méthode possible, moins précise ici : la tangente à l'origine coupe l'axe des temps en $t = \tau$.

COMPRENDRE
La lecture est cohérente avec l'énoncé, qui annonce ensuite $5\,\tau \approx 7{,}5$ ms, soit $\tau \approx 1{,}5$ ms. Sur ce quadrillage, toute valeur entre $1{,}3$ et $1{,}5$ ms est recevable.

À LA CALCULATRICE



Q.17 La photographie est prise 7,5 ms après le passage en D. Déterminer laquelle des trois étapes du saut (avant, au-dessus ou après l'obstacle) est photographiée.

Données utiles $\Delta t = 5\,\tau = 7{,}5$ ms ; $v_D = 3{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\beta = 50{,}7^\circ$; $\ell = 0{,}70$ m ; $x(t) = v_D\cos(\beta)\,t$ (Q.9)

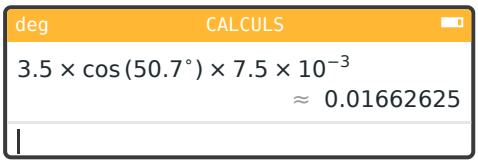
Le saut débute en D à $t = 0$ et la photographie est prise à la date $t = 7{,}5\times10^{-3}$ s. On calcule l'abscisse de G à cette date et on la compare à celle du début de l'obstacle.

$$x = v_D\cos(\beta)\,t = 3{,}5\times\cos(50{,}7^\circ)\times7{,}5\times10^{-3} = 1{,}7\times10^{-2}\ \text{m}$$

Le skateboardeur n'a avancé que de 1,7 cm, alors que l'obstacle commence à $\ell = 0{,}70\ \text{m} = 70$ cm du point D.

$x = 1{,}7\ \text{cm} < \ell = 70\ \text{cm}$: c'est l'étape « avant l'obstacle » qui est photographiée.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Laisser 7,5 ms en millisecondes dans le calcul, ou régler la calculatrice en radians pour $\cos(50{,}7^\circ)$.

COMPRENDRE

Avec $v_D = 3{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, le coefficient de x^2 vaudrait 0,998 et non 0,894 (qui correspond à $3{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Cet écart de l'énoncé ne change rien : 7,5 ms est très court devant la durée du saut.

Technique de dosage de l'urée

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Montrer que le cyanate d'ammonium et l'urée sont bien des isomères.

Données utiles cyanate d'ammonium : $NH_4^+ + CNO^-$; urée : CH_4N_2O

Le cyanate d'ammonium associe un ion NH_4^+ et un ion CNO^- : il contient 1 atome C, 4 atomes H, 2 atomes N et 1 atome O. Sa formule brute est donc CH_4N_2O, celle de l'urée.

Les atomes ne sont pas enchaînés de la même façon : le cyanate d'ammonium est formé de deux ions, l'urée est une molécule.

Même formule brute CH_4N_2O, enchaînements d'atomes différents : ce sont des isomères.

PIÈGE
S'arrêter à « même formule brute ». Des isomères ont aussi des enchaînements d'atomes différents : il faut dire les deux.

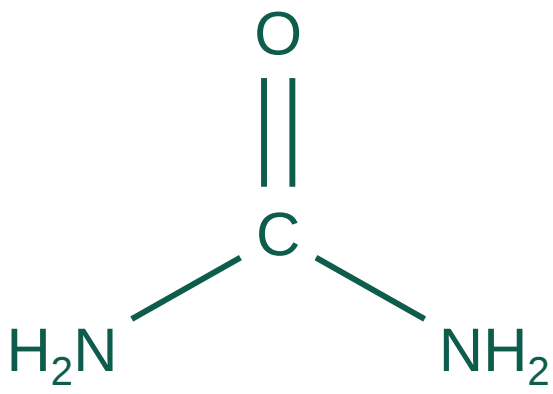
Q.2 Choisir, parmi les trois propositions, la formule semi-développée de l'urée. Justifier.

Dans une molécule, le carbone forme 4 liaisons, l'azote 3, l'oxygène 2 et l'hydrogène 1.

- Deuxième proposition ($C-O$ simple) : le carbone ne forme que 3 liaisons et l'oxygène une seule. Elle est exclue.
- Troisième proposition (groupe OH) : sa formule brute est CH_5N_2O, ce n'est pas celle de l'urée, et le carbone n'y forme que 3 liaisons. Elle est exclue.
- Première proposition : le carbone forme 4 liaisons (une double avec O, deux simples avec N), l'oxygène 2, et la formule brute est bien CH_4N_2O.

L'urée est la première proposition : $H_2N-CO-NH_2$, avec une double liaison $C=O$.

MÉTHODE
Pour trier des formules : 1) compter les atomes et comparer à la formule brute ; 2) vérifier le nombre de liaisons de chaque atome (C : 4, N : 3, O : 2, H : 1).



Q.2 · Formule semi-développée de l'urée

Q.3 Montrer que le spectre infrarouge des cristaux d'urée est cohérent avec la formule semi-développée retenue.

Données utiles table IR : N–H amide 3100–3500 cm⁻¹ (forte) ; C=O amide 1650–1740 cm⁻¹ (forte) ; N–H amine ou amide 1560–1640 cm⁻¹ ; C–H 2800–3100 cm⁻¹

L'urée possède une liaison $C{=}O$ et des liaisons $N{-}H$ portées par des atomes d'azote voisins du $C{=}O$: c'est un amide. Sur le spectre, on relève :

- deux bandes fortes vers 3450 et 3350 cm⁻¹, dans l'intervalle 3100–3500 cm⁻¹ : liaisons $N{-}H$ d'un amide ;
- une bande forte vers 1680 cm⁻¹, dans l'intervalle 1650–1740 cm⁻¹ : liaison $C{=}O$ d'un amide ;
- une bande forte vers 1600–1620 cm⁻¹, dans l'intervalle 1560–1640 cm⁻¹ : liaisons $N{-}H$;
- aucune bande entre 2800 et 3100 cm⁻¹ : pas de liaison $C{-}H$, ce qui correspond à la formule.

Les bandes $N{-}H$ et $C{=}O$ d'un amide sont présentes, sans bande $C{-}H$: le spectre est cohérent avec la formule de l'urée.

PIÈGE
Citer les intervalles de la table sans rien lire sur le spectre. Il faut donner le nombre d'onde relevé pour chaque bande, puis l'associer à une liaison de la molécule.

COMPRENDRE
L'axe des abscisses est gradué de droite à gauche et une bande d'absorption est un creux de transmission : plus le creux est profond, plus la bande est forte.

Q.4 Déterminer la masse de cristaux d'urée à peser pour préparer 50,0 mL de solution S.

Données utiles $C = 6{,}7\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_S = 50{,}0\ \text{mL}$; $M(\text{urée}) = 60{,}06\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

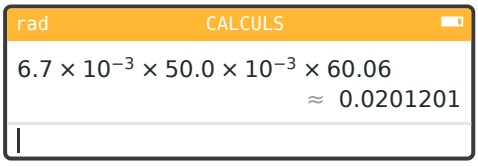
Quantité d'urée à dissoudre : $n = C \times V_S$, et $m = n \times M(\text{urée})$, d'où

$$m_{\text{urée}} = C \times V_S \times M(\text{urée})$$

$$m_{\text{urée}} = 6{,}7 \times 10^{-3} \times 50{,}0 \times 10^{-3} \times 60{,}06 = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{g}$$

$m_{\text{urée}} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ g, soit 20 mg

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Deux conversions à faire : C en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et V_S en L. En oublier une donne un résultat mille fois trop grand.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C, la donnée la moins précise du produit.

Q.5 Identifier l'espèce chimique moléculaire A dans l'équation de la réaction support du dosage gravimétrique. Justifier.

Données utiles $2\,C_{13}H_{10}O_2\,(aq) + CH_4N_2O\,(aq) \longrightarrow C_{27}H_{20}N_2O_3\,(aq) + 2\,A$

Les éléments se conservent au cours de la transformation. Côté réactifs :

- C : $2 \times 13 + 1 = 27$; H : $2 \times 10 + 4 = 24$; N : 2 ; O : $2 \times 2 + 1 = 5$.

La dixanthylurée $C_{27}H_{20}N_2O_3$ contient 27 C, 20 H, 2 N et 3 O. Il reste donc $24 - 20 = 4$ atomes H et $5 - 3 = 2$ atomes O pour les deux molécules A, soit 2 H et 1 O par molécule.

A est l'eau, de formule H_2O.

PIÈGE
Oublier le nombre stœchiométrique 2 devant A : le reste (4 H et 2 O) se partage entre deux molécules.

COMPRENDRE
L'équation note la dixanthylurée (aq) alors que le texte la décrit très insoluble : elle forme en réalité des cristaux, un solide. C'est ce qui permet de la filtrer et de la peser.

Q.6 Comparer les masses molaires de la dixanthylurée et de l'urée, puis en déduire que la masse de dixanthylurée formée est sept fois supérieure à celle de l'urée consommée.

Données utiles masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: H 1,00 ; C 12,0 ; N 14,0 ; O 16,0 ; $M(\text{urée}) = 60{,}06\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$M(\text{C}_{27}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_3) = 27 \times 12{,}0 + 20 \times 1{,}00 + 2 \times 14{,}0 + 3 \times 16{,}0 = 420\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\frac{M(\text{C}_{27}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_3)}{M(\text{urée})} = \frac{420}{60{,}06} = 6{,}99 \approx 7$$

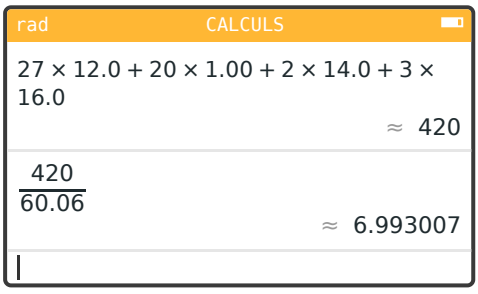
D'après l'équation, une mole d'urée consommée donne une mole de dixanthylurée : $n_{\text{dix}} = n_{\text{urée}}$, soit

$$\frac{m_{\text{dix}}}{M(\text{C}_{27}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_3)} = \frac{m_{\text{urée}}}{M(\text{urée})} \quad \text{donc} \quad m_{\text{dix}} = \frac{M(\text{C}_{27}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_3)}{M(\text{urée})} \times m_{\text{urée}}$$

$m_{\text{dix}} = 6{,}99 \times m_{\text{urée}} \approx 7\, m_{\text{urée}}$: la masse formée est bien sept fois celle de l'urée consommée.

MÉTHODE
Pour relier deux masses : écrire d'abord la relation entre les quantités de matière donnée par les nombres stœchiométriques, puis remplacer chaque n par m/M.

À LA CALCULATRICE



Q.7 Montrer que la concentration en urée de la solution S s'écrit $C = \dfrac{m}{7 \cdot M(\text{urée}) \cdot V}$.

Données utiles m : masse de dixanthylurée pesée ; V : volume de solution S dosé ; $m = 7\, m_{\text{urée}}$ (Q.6)

Le xanthydrol est en excès : toute l'urée contenue dans le volume V est consommée. D'après Q.6, sa masse est

$$m_{\text{urée}} = \frac{m}{7}$$

La quantité d'urée dans le prélèvement est $n_{\text{urée}} = \dfrac{m_{\text{urée}}}{M(\text{urée})} = \dfrac{m}{7 \cdot M(\text{urée})}$.

Or $C = \dfrac{n_{\text{urée}}}{V}$, donc

$$C = \frac{m}{7 \cdot M(\text{urée}) \cdot V}$$

PIÈGE
Ne pas justifier que toute l'urée a réagi. Sans l'excès de xanthydrol, la masse de cristaux ne renseignerait pas sur la quantité d'urée présente.

Q.8 Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat de la mesure de C.

Données utiles $m = 2{,}7 \pm 0{,}2$ mg ; $V = 1{,}0 \pm 0{,}1$ mL ; $M(\text{urée}) = 60{,}06 \pm 0{,}01$ g · mol^{-1} ; relation donnant $u(C)$

Avec m en g et V en L :

$$C = \frac{2{,}7 \times 10^{-3}}{7 \times 60{,}06 \times 1{,}0 \times 10^{-3}} = 6{,}42 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$u(C) = C \times \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(M)}{M}\right)^2 + \left(\frac{u(V)}{V}\right)^2}$$

$$u(C) = 6{,}42 \times 10^{-3} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}2}{2{,}7}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{60{,}06}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{1{,}0}\right)^2}$$

$$u(C) = 8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

L'incertitude-type porte sur le dixième de mmol · L^{-1} : on arrondit C au même rang.

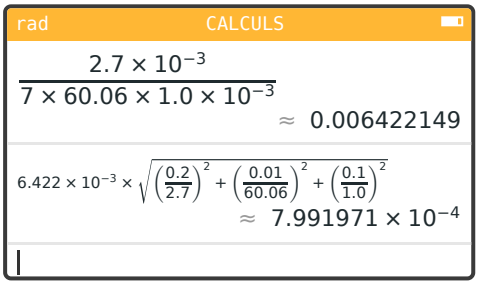
$C = 6{,}4 \pm 0{,}8$ mmol · L^{-1}

PIÈGE
Arrondir C avant de calculer $u(C)$, ou écrire $6{,}42 \pm 0{,}8$: la valeur et son incertitude doivent s'arrêter au même rang.

COMPRENDRE
Les rapports $u(m)/m$ et $u(V)/V$ sont sans unité : on peut y laisser les mg et les mL. L'incertitude sur M est négligeable, celle sur V domine.

MÉTHODE
Écrire un résultat de mesure : 1) calculer la valeur ; 2) calculer l'incertitude-type et la garder avec un seul chiffre significatif ; 3) arrondir la valeur au rang de ce chiffre.

À LA CALCULATRICE



Q.9 Vérifier, à l'aide du quotient $\frac{|C_{\text{mes}} - C_{\text{réf}}|}{u(C)}$, que le protocole de Richard Fosse permet de valider la préparation de la solution S.

Données utiles $C_{\text{mes}} = 6{,}4$ mmol · L^{-1} et $u(C) = 0{,}8$ mmol · L^{-1} (Q.8) ; $C_{\text{réf}} = 6{,}7$ mmol · L^{-1}

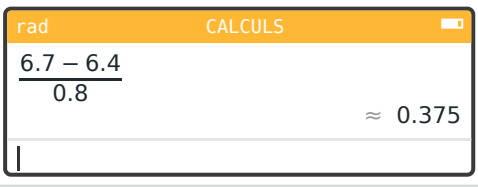
$$\frac{|C_{\text{mes}} - C_{\text{réf}}|}{u(C)} = \frac{|6{,}4 - 6{,}7|}{0{,}8} = 0{,}4$$

Ce quotient est inférieur à 2 : la valeur mesurée est compatible avec la valeur de référence.

Quotient égal à $0{,}4 < 2$: la mesure confirme que la solution S a été correctement préparée.

COMPRENDRE
L'écart entre mesure et référence vaut moins d'une demi-incertitude-type : il s'explique par la seule dispersion des mesures. Le seuil habituel de compatibilité est 2.

À LA CALCULATRICE



Q.10 Justifier le choix de la longueur d'onde de 600 nm pour le dosage colorimétrique.

Données utiles espèce dosée de couleur bleue ; cercle chromatique : l'orangé (600 nm) est diamétralement opposé au bleu (480 nm)

Une solution colorée absorbe surtout la couleur complémentaire de la sienne, située à l'opposé sur le cercle chromatique. L'espèce formée est bleue : elle absorbe principalement l'orangé, autour de 600 nm.

On règle le spectrophotomètre sur cette longueur d'onde, proche du maximum d'absorption, pour obtenir les absorbances les plus grandes et donc la mesure la plus précise.

À 600 nm (orangé, complémentaire du bleu), l'absorbance de l'espèce bleue est maximale.

PIÈGE
Choisir 480 nm, la longueur d'onde du bleu. Une solution bleue diffuse le bleu : c'est justement la lumière qu'elle absorbe le moins.

Q.11 Démontrer l'égalité de la notice : $C_{\text{Échantillon}} = \dfrac{A_{\text{Échantillon}}}{A_{\text{Référence}}} \times C_{\text{Référence}}$.

L'absorbance est proportionnelle à la concentration en urée (loi de Beer-Lambert) : $A = k \times C$, avec le même coefficient k pour les deux solutions, mesurées dans les mêmes conditions.

$A_{\text{Référence}} = k \times C_{\text{Référence}}$ et $A_{\text{Échantillon}} = k \times C_{\text{Échantillon}}$

En divisant membre à membre, k se simplifie :

$$\frac{A_{\text{Échantillon}}}{A_{\text{Référence}}} = \frac{C_{\text{Échantillon}}}{C_{\text{Référence}}}$$

$$C_{\text{Échantillon}} = \frac{A_{\text{Échantillon}}}{A_{\text{Référence}}} \times C_{\text{Référence}}$$

MÉTHODE
Deux grandeurs proportionnelles mesurées dans deux situations : écrire la relation deux fois, puis faire le quotient. La constante disparaît sans avoir à la calculer.

Q.12 Déterminer la conclusion du médecin quant à une éventuelle urémie élevée chez le patient.

Données utiles $A_{\text{Référence}} = 1{,}58$; $C_{\text{Référence}} = 6{,}7\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; $A_{\text{Échantillon}} = 1{,}25$; patient de 20 ans : intervalle $[2{,}1\ ;\ 7{,}1]\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

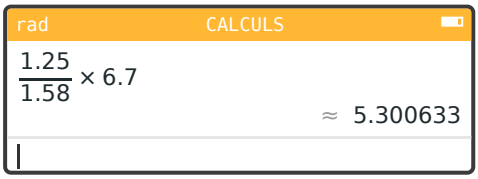
$$C_{\text{Échantillon}} = \frac{A_{\text{Échantillon}}}{A_{\text{Référence}}} \times C_{\text{Référence}} = \frac{1{,}25}{1{,}58} \times 6{,}7 = 5{,}3\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le patient a 20 ans : il relève de la tranche 18-60 ans, pour laquelle l'intervalle d'une personne en bonne santé est $[2{,}1\ ;\ 7{,}1]\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.
Or $2{,}1 < 5{,}3 < 7{,}1$.

$C_{\text{Échantillon}} = 5{,}3\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: l'urémie est normale, le médecin écarte une urémie élevée.

PIÈGE
Lire la mauvaise ligne du tableau, ou donner la concentration sans la comparer à l'intervalle : la question demande une conclusion médicale.

À LA CALCULATRICE



Nettoyage d'une paroi de douche

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 48 min**

Q.1 Montrer que la concentration en quantité de matière d'acide éthanoïque du vinaigre est d'environ $C = 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles 12 g d'acide pour 100 g de solution ; $\rho(\text{vinaigre}) = 1{,}010\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

On raisonne sur un volume $V_S = 1{,}000\ \text{L} = 1000\ \text{mL}$ de vinaigre.

Masse de solution : $m_S = \rho(\text{vinaigre}) \times V_S = 1{,}010 \times 1000 = 1010\ \text{g}$.

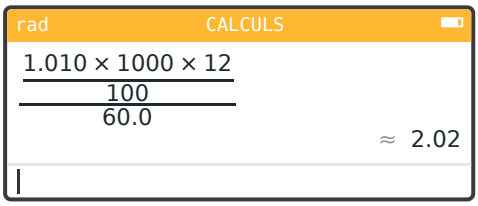
Masse d'acide éthanoïque (12 g pour 100 g de solution) : $m_A = \dfrac{12}{100} \times 1010 = 121{,}2\ \text{g}$.

Quantité de matière d'acide : $n_A = \dfrac{m_A}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \dfrac{121{,}2}{60{,}0} = 2{,}02$ mol.

$$C = \frac{n_A}{V_S} = \frac{2{,}02}{1{,}000} = 2{,}02\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C = 2{,}02\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: c'est bien la valeur annoncée.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Confondre 100 g de solution et 100 mL de solution. Le degré du vinaigre est un pourcentage en masse : il faut passer par la masse volumique.

COMPRENDRE
Le titre « 12 g pour 100 g » n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit donc $2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On arrondit seulement à la fin, pas les masses intermédiaires.

MÉTHODE
Sans volume imposé, choisir 1 L de solution. Formule directe équivalente : $C = \dfrac{w \times \rho}{M}$ avec $w = 0{,}12$ et ρ en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q.2 Calculer la quantité de matière de calcaire présente sur la paroi de douche.

Données utiles $e = 5\ \mu\text{m}$; paroi de 110 cm × 200 cm ; $\rho(\text{CaCO}_3) = 2{,}65 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $M(\text{CaCO}_3) = 100{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le calcaire forme une couche de largeur $L = 1{,}10$ m, de hauteur $h = 2{,}00$ m et d'épaisseur $e = 5 \times 10^{-6}$ m.

Volume de calcaire : $V_c = L \times h \times e = 1{,}10 \times 2{,}00 \times 5 \times 10^{-6} = 1{,}1 \times 10^{-5}\ \text{m}^3$.

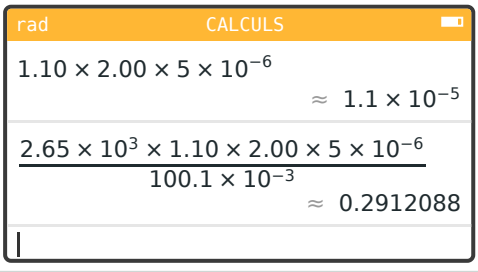
Masse de calcaire : $m_c = \rho(\text{CaCO}_3) \times V_c = 2{,}65 \times 10^3 \times 1{,}1 \times 10^{-5} = 2{,}9 \times 10^{-2}$ kg, soit environ 29 g.

Quantité de matière : $n(\text{CaCO}_3) = \dfrac{m_c}{M(\text{CaCO}_3)} = \dfrac{\rho(\text{CaCO}_3) \times L \times h \times e}{M(\text{CaCO}_3)}$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{2{,}65 \times 10^3 \times 1{,}10 \times 2{,}00 \times 5 \times 10^{-6}}{100{,}1 \times 10^{-3}} = 0{,}29\ \text{mol}$$

$n(\text{CaCO}_3) \approx 0{,}3$ mol

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Unités : la masse volumique est en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et la masse molaire en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Tout convertir en mètres et en kilogrammes (ou tout en grammes) avant de calculer.

COMPRENDRE
L'épaisseur « 5 µm » n'a qu'un chiffre significatif : le résultat s'annonce $0{,}3$ mol. On garde $0{,}29$ mol pour la suite afin de ne pas cumuler les arrondis.

Q.3 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation de l'acide éthanoïque dans l'eau.

L'acide éthanoïque cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base : il se forme sa base conjuguée, l'ion éthanoate, et un ion oxonium.

$$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

PIÈGE
Oublier les états physiques ou les charges. Vérifier la conservation des éléments et de la charge : zéro à gauche, $(-1) + (+1)$ à droite.

COMPRENDRE
L'acide éthanoïque est un acide faible (un pK_A est donné pour son couple) : sa réaction avec l'eau est limitée, d'où la double flèche.

Q.4 Déterminer si le volume V de vinaigre disponible sera suffisant pour éliminer tout le calcaire sur la paroi de douche.

Données utiles $V = 30$ mL ; $C = 2{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q.1) ; $n(CaCO_3) = 0{,}29$ mol (Q.2) ;
$2\,H_3O^+\,(aq) + CaCO_3\,(s) \longrightarrow Ca^{2+}\,(aq) + CO_2\,(g) + 3\,H_2O\,(l)$

Ions oxonium nécessaires. D'après l'équation, il faut 2 mol d'ions oxonium pour faire disparaître 1 mol de calcaire :

$n(H_3O^+)_{\text{nécessaire}} = 2 \times n(CaCO_3) = 2 \times 0{,}29 = 0{,}58$ mol.

Ions oxonium disponibles. Quantité d'acide éthanoïque apportée par le vinaigre :

$n(CH_3COOH) = C \times V = 2{,}0 \times 30 \times 10^{-3} = 0{,}060$ mol.

D'après l'équation de la question Q.3, une molécule d'acide libère au plus un ion oxonium. Les ions oxonium étant consommés par le calcaire, on se place dans le cas le plus favorable, où tout l'acide finit par réagir :

$n(H_3O^+)_{\max} = n(CH_3COOH) = 0{,}060$ mol.

Comparaison. $0{,}060\ \text{mol} < 0{,}58\ \text{mol}$: les ions oxonium sont le réactif limitant, il reste du calcaire en fin de transformation.

Volume de vinaigre qu'il faudrait : $V_{\min} = \dfrac{2 \times n(CaCO_3)}{C} = \dfrac{0{,}58}{2{,}0} = 0{,}29$ L.

Les 30 mL de vinaigre ne suffisent pas : il en faudrait environ 0,3 L, soit dix fois plus.

PIÈGE
Oublier le nombre stœchiométrique 2 devant H_3O^+ : comparer directement $0{,}060$ mol à $0{,}29$ mol donne la bonne conclusion mais un raisonnement faux, et un volume nécessaire deux fois trop petit.

COMPRENDRE
L'acide éthanoïque est faible, mais le calcaire consomme les ions oxonium au fur et à mesure et l'acide continue alors de se dissocier. D'où l'hypothèse, à écrire sur la copie, d'un acide entièrement utilisé.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer la démarche (besoin, disponible, comparaison), écrire chaque hypothèse, puis conclure par une phrase qui répond à la question posée, avec un ordre de grandeur.

À LA CALCULATRICE

