Corrigé complet — Bac 2025 Amérique du Sud Jour 1

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

Ex 1	**Tour Montparnasse** Statique des fluides · Gaz parfait · Deuxième loi de Newton · Rendement d'un panneau photovoltaïque · Résistance et flux thermiques	11 pts	1 h 56	19 questions	p. 2
Ex 2	**Recharge des voitures électriques** Catalyseur · Quantité de matière et masse volumique · Demi-équations électroniques · Polarité d'une pile · Capacité électrique d'une pile · Énergie et rendement	5 pts	53 min	9 questions	p. 9
Ex 3	**Étude d'un herbicide** Nomenclature des acides carboxyliques · Dilution · Titrage pH-métrique · Équivalence · Indicateur coloré · Comparaison à une valeur de référence	4 pts	42 min	8 questions	p. 13

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.

Tour Montparnasse

Bac 2025 Amérique du Sud Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q1 À l'aide de la figure 1, justifier qualitativement que l'ascenseur monte lors de l'expérience.

Sur la figure 1, la pression mesurée diminue au cours du temps : elle passe d'environ $101\,300$ Pa à environ $99\,030$ Pa.

D'après la loi fondamentale de la statique des fluides, $P_B - P_A = \rho\, g\, (z_A - z_B)$: si $P_B < P_A$, alors $z_B > z_A$. La pression de l'air diminue quand l'altitude augmente.

La pression diminue, donc l'altitude du smartphone augmente : l'ascenseur monte.

PIÈGE
Se contenter de « la courbe descend ». Il faut relier la baisse de pression à la hausse d'altitude, par la loi de la statique des fluides.

Q2 Exprimer l'équation d'état d'un gaz parfait, en précisant la signification et les unités des différentes grandeurs.

$$P\,V = n\,R\,T$$

- P : pression du gaz, en pascals (Pa) ;
- V : volume occupé par le gaz, en mètres cubes (m^3) ;
- n : quantité de matière de gaz, en moles (mol) ;
- R : constante des gaz parfaits, $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$;
- T : température absolue du gaz, en kelvins (K).

PIÈGE
Donner V en litres ou T en degrés Celsius : avec R en $\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$, les unités sont obligatoirement Pa, m^3, mol et K.

Q3 À l'aide de la question précédente, montrer que la masse volumique de l'air au pied de la tour le jour de l'expérience est $\rho_{air} = 1{,}184\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$.

Données utiles $P_1 = 101\,302$ Pa au pied de la tour (ligne 4 du programme, figure 1) ; $M = 28{,}98\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$; $\theta = 25{,}0$ °C

Par définition, $\rho_{air} = \dfrac{m}{V}$ avec $m = n\,M$. L'équation d'état donne $\dfrac{n}{V} = \dfrac{P}{R\,T}$, donc

$$\rho_{air} = \frac{n\,M}{V} = \frac{P_1\,M}{R\,T}$$

Avec $M = 28{,}98 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg\cdot mol^{-1}}$ et $T = 25{,}0 + 273{,}15 = 298{,}15$ K :

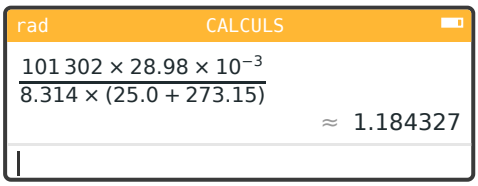
$$\rho_{air} = \frac{101\,302 \times 28{,}98 \times 10^{-3}}{8{,}314 \times 298{,}15}$$

$\rho_{air} = 1{,}184\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$, valeur attendue.

PIÈGE
Laisser M en $\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$ (résultat mille fois trop grand) ou T en °C. La pression au pied de la tour se lit au début de l'enregistrement.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : on en garde autant que la donnée la moins précise. Ici M et R en ont quatre, d'où $1{,}184$.

À LA CALCULATRICE



Q4 Montrer que la hauteur h atteinte par l'ascenseur à la fin de son trajet est $h = \dfrac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g}$, avec P_1 et P_2 les pressions au pied et au sommet.

On applique la loi fondamentale de la statique des fluides à l'air, entre le point A au pied de la tour ($z_A = 0$, $P_A = P_1$) et le point B atteint en fin de trajet ($z_B = h$, $P_B = P_2$) :

$$P_2 - P_1 = \rho_{air}\, g\, (0 - h) = -\rho_{air}\, g\, h$$

$$\boxed{h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g}}$$

COMPRENDRE
La loi suppose ρ_{air} constante entre A et B. C'est acceptable ici : la pression ne varie que d'environ 2 % sur la hauteur de la tour.

Q5 Calculer la hauteur h atteinte par l'ascenseur à la fin du trajet. Commenter.

Données utiles $P_1 = 101\,302{,}07$ Pa et $P_2 = 99\,028{,}04$ Pa (ligne 4 du programme) ; $\rho_{air} = 1{,}184\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Q3) ; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

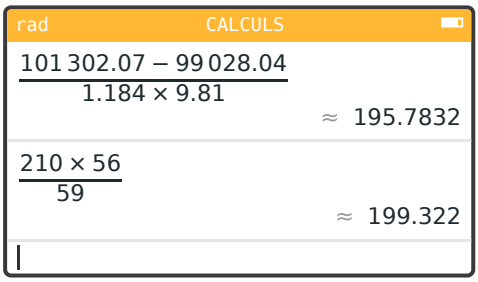
$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g} = \frac{101\,302{,}07 - 99\,028{,}04}{1{,}184 \times 9{,}81}$$

$$\boxed{h = 196\ \text{m}}$$

Commentaire : la tour mesure 210 m pour 59 étages. Si les étages sont de même hauteur, le 56e étage se trouve vers $210 \times \dfrac{56}{59} \approx 199$ m. La valeur obtenue est cohérente (écart inférieur à 2 %) et bien inférieure à la hauteur totale de la tour.

MÉTHODE
« Commenter » une valeur : la comparer à une référence du sujet (ici 210 m et 59 étages), chiffrer l'écart, puis conclure sur la cohérence.

À LA CALCULATRICE



Q6 Recopier puis compléter la ligne 19 du script Python pour calculer les valeurs de l'accélération.

L'accélération est la variation de la vitesse divisée par la durée correspondante, comme la vitesse à la ligne 15 est la variation d'altitude divisée par la durée.

```
acalcul=((v[i+1]-v[i])/(t[i+1]-t[i]))
```

PIÈGE
Oublier les parenthèses autour du dénominateur, ou diviser par `t[i]` seul : il faut la durée entre deux mesures.

Q7 Indiquer, en justifiant, le nombre de valeurs de l'accélération calculées par le programme.

La liste `t` contient 86 valeurs. Chaque boucle s'exécute `len(...)-1` fois, donc chaque liste calculée compte une valeur de moins que la précédente :

- `z` : $86 - 1 = 85$ valeurs ;
- `v` : $85 - 1 = 84$ valeurs ;
- `a` : $84 - 1 = 83$ valeurs.

Le programme calcule 83 valeurs de l'accélération.

COMPRENDRE
Une variation se calcule entre deux valeurs consécutives : avec N valeurs, on obtient $N - 1$ variations.

Q8 Décrire le mouvement de l'ascenseur dans le référentiel terrestre lors des quatre phases identifiées sur la figure 2.

Le mouvement est vertical, donc rectiligne.

- Phase 1 (jusqu'à 27 s environ) : la vitesse est nulle, l'ascenseur est immobile.
- Phase 2 (de 27 s à 39 s environ) : la vitesse augmente de 0 à environ $4{,}6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, le mouvement est rectiligne accéléré vers le haut.
- Phase 3 (de 39 s à 70 s environ) : la vitesse reste voisine de $4{,}5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, le mouvement est rectiligne uniforme.
- Phase 4 (de 70 s à 85 s environ) : la vitesse diminue jusqu'à s'annuler, le mouvement est rectiligne ralenti jusqu'à l'arrêt.

Immobile (1), rectiligne accéléré (2), rectiligne uniforme (3), rectiligne ralenti (4).

PIÈGE
Dire que l'ascenseur « redescend » en phase 4. La vitesse diminue mais reste positive : il monte encore, en ralentissant.

Q9 Justifier que la courbe d'accélération de la figure 3 est cohérente avec ces quatre phases.

La composante verticale de l'accélération est la dérivée de la vitesse : $a_z = \dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}$.

- Phases 1 et 3 : la vitesse est constante (nulle, puis voisine de $4{,}5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$), donc $a_z = 0$. La figure 3 montre bien une accélération qui fluctue autour de zéro.
- Phase 2 : la vitesse augmente, donc $a_z > 0$. La figure 3 montre un pic positif, jusqu'à environ $0{,}62\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.
- Phase 4 : la vitesse diminue, donc $a_z < 0$. La figure 3 montre un pic négatif, jusqu'à environ $-0{,}60\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

Le signe de a_z correspond dans chaque phase au sens de variation de la vitesse : les deux courbes sont cohérentes.

COMPRENDRE
Les petites oscillations autour de zéro viennent des incertitudes de mesure de la pression, amplifiées par les deux calculs de variations successifs.

Q10 Associer, en justifiant, un schéma à chaque phase du mouvement identifiée sur la figure 2.

Système {ascenseur}, référentiel terrestre supposé galiléen. Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m\,\vec{a}$. La somme des forces a donc le sens de $\vec{a}$.

- Phases 1 et 3 : $\vec{a} = \vec{0}$, donc $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$: les deux forces ont la même norme. C'est le schéma A.
- Phase 2 : $\vec{a}$ est vers le haut, donc $F > P$. C'est le schéma C.
- Phase 4 : $\vec{a}$ est vers le bas, donc $F < P$. C'est le schéma B.

Phases 1 et 3 : schéma A ; phase 2 : schéma C ; phase 4 : schéma B.

PIÈGE
Associer le schéma C à la phase 3 parce que l'ascenseur monte. La somme des forces indique le sens de l'accélération, pas celui de la vitesse.

		
Schéma A : F = P	Schéma B : F < P	Schéma C : F > P
Phases 1 et 3	**Phase 4**	**Phase 2**

Q10 · Les trois schémas du sujet et les phases associées

Q11 À l'aide de la deuxième loi de Newton et de la figure 3, estimer la valeur maximale de F, l'ascenseur vide pesant 2,0 tonnes et pouvant accueillir 21 personnes.

Données utiles $m_{asc} = 2{,}0 \times 10^3$ kg ; 21 personnes ; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; figure 3 : $a_{z,\,max} \approx 0{,}62\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Hypothèse : une personne a une masse moyenne d'environ 75 kg.
Ascenseur plein : $m = 2{,}0 \times 10^3 + 21 \times 75 = 3{,}6 \times 10^3$ kg.

Système {ascenseur plein}, référentiel terrestre supposé galiléen.
Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m\,\vec{a}$.

En projection sur l'axe Oz orienté vers le haut : $-m\,g + F = m\,a_z$, donc

$$F = m\,(g + a_z)$$

F est maximale quand a_z est maximale, c'est-à-dire en phase 2. Sur la figure 3 : $a_{z,\,max} \approx 0{,}62\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

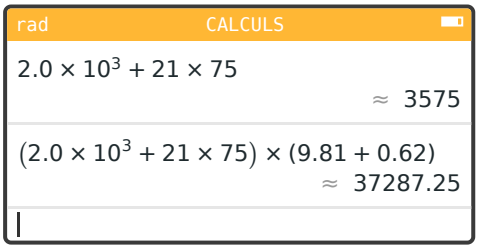
$$F_{max} = (2{,}0 \times 10^3 + 21 \times 75) \times (9{,}81 + 0{,}62)$$

$F_{max} \approx 3{,}7 \times 10^4$ N

PIÈGE
Écrire $F = m\,a$ en oubliant le poids, ou prendre la masse de l'ascenseur vide : la force est maximale quand il est plein.

COMPRENDRE
La masse d'une personne n'est pas donnée : toute valeur raisonnable (70 à 80 kg) est acceptée si elle est annoncée. Le résultat reste voisin de $3{,}7 \times 10^4$ N.

À LA CALCULATRICE



Q12 Montrer que la puissance électrique maximale que peut fournir ce panneau photovoltaïque est proche de 360 W, pour une irradiance de $1{,}0\ \text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$.

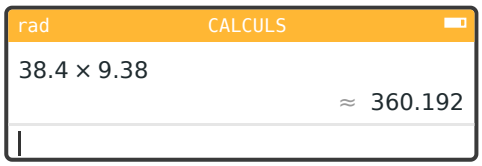
Données utiles $U_{P_{max}} = 38{,}4$ V ; $I_{P_{max}} = 9{,}38$ A

La puissance électrique fournie par le panneau est le produit de la tension à ses bornes par l'intensité du courant qu'il débite :

$$P_{élec} = U_{P_{max}} \times I_{P_{max}} = 38{,}4 \times 9{,}38$$

$P_{élec} = 360$ W, valeur attendue.

À LA CALCULATRICE



Q13 En déduire que le rendement du panneau est $r \approx 18\ \%$.

Données utiles $P_{élec} = 360$ W (Q12) ; irradiance $I = 1{,}0 \times 10^3\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; panneau de $1{,}980$ m par $1{,}002$ m

Surface d'un panneau : $S_p = 1{,}980 \times 1{,}002 = 1{,}984\ \text{m}^2$.

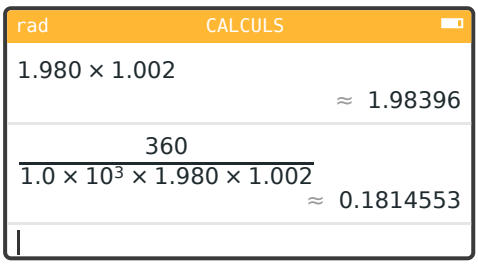
Puissance rayonnante reçue : $P_{ray} = I \cdot S_p = 1{,}0 \times 10^3 \times 1{,}984 = 2{,}0 \times 10^3$ W.

$$r = \frac{P_{élec}}{P_{ray}} = \frac{360}{1{,}0 \times 10^3 \times 1{,}980 \times 1{,}002}$$

$r = 0{,}18$, soit $r \approx 18\ \%$, valeur attendue.

PIÈGE
Laisser l'irradiance en $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ alors que $P_{élec}$ est en watts. Attention aussi : le sujet note S la surface du panneau et celle de la terrasse.

À LA CALCULATRICE



Q14 Estimer l'énergie électrique que pourrait fournir en une année l'installation de panneaux sur l'ensemble de la terrasse. Commenter.

Données utiles $r = 0{,}18$ (Q13) ; énergie rayonnante annuelle : $1\,300\ \text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$; terrasse : $S = 1\,700\ \text{m}^2$; consommation de la tour : $35{,}75\ \text{GW} \cdot \text{h}$ par an

Énergie rayonnante reçue en un an par la terrasse entièrement couverte : $E_{ray} = 1\,300 \times 1\,700 = 2{,}2 \times 10^6\ \text{kW} \cdot \text{h}$.

Énergie électrique produite : $E_{élec} = r \times E_{ray}$

$$E_{élec} = 0{,}18 \times 1\,300 \times 1\,700 = 4{,}0 \times 10^5\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

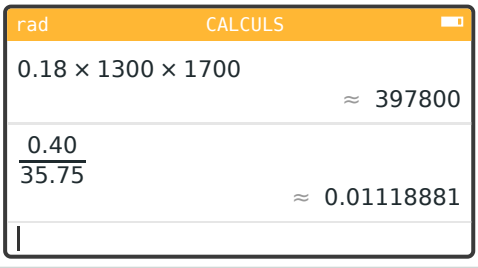
$E_{élec} \approx 4{,}0 \times 10^5\ \text{kW} \cdot \text{h} = 0{,}40\ \text{GW} \cdot \text{h}$ par an

Commentaire : $\frac{0{,}40}{35{,}75} \approx 1{,}1\ \%$. Les panneaux ne couvriraient qu'environ 1 % de la consommation annuelle de la tour : cette mesure seule est très insuffisante.

PIÈGE
Erreur de conversion : $1\ \text{GW} \cdot \text{h} = 10^6\ \text{kW} \cdot \text{h}$. Comparer $4{,}0 \times 10^5$ à $35{,}75$ sans convertir fausse le commentaire.

COMPRENDRE
C'est une valeur maximale : la terrasse ne peut pas être couverte en totalité, et le rendement de 18 % est celui des conditions les plus favorables.

À LA CALCULATRICE



Q15 Citer les trois modes de transfert thermique.

Les trois modes de transfert thermique sont la conduction, la convection et le rayonnement.

Q16 Calculer la valeur de la résistance thermique de conduction R_c pour une surface de $1{,}00\ \text{m}^2$ de simple vitrage.

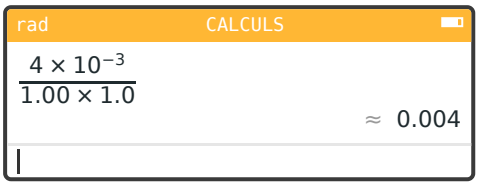
Données utiles $e = 4$ mm ; $\lambda_{verre} = 1{,}0\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $S = 1{,}00\ \text{m}^2$

$$R_c = \frac{e}{S \times \lambda} = \frac{4 \times 10^{-3}}{1{,}00 \times 1{,}0}$$

$$\boxed{R_c = 4 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}}$$

PIÈGE
Laisser l'épaisseur en millimètres : elle doit être en mètres, sinon le résultat est mille fois trop grand.

À LA CALCULATRICE



Q17 Calculer la valeur de la résistance thermique globale R_g pour une surface de vitrage de $1{,}00\ \text{m}^2$. Commenter.

Données utiles $U_g = 5{,}75\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; $S = 1{,}00\ \text{m}^2$; $R_c = 4 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (Q16)

$U_g = \dfrac{1}{R_g \cdot S}$ donc

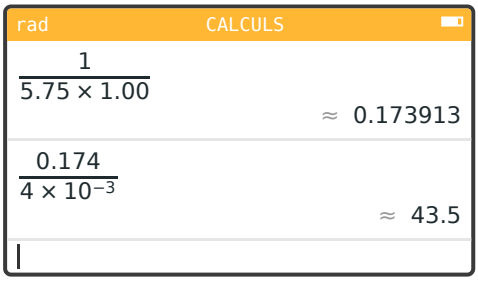
$$R_g = \frac{1}{U_g \cdot S} = \frac{1}{5{,}75 \times 1{,}00}$$

$$\boxed{R_g = 0{,}174\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}}$$

Commentaire : $\dfrac{R_g}{R_c} = \dfrac{0{,}174}{4 \times 10^{-3}} \approx 43$. La résistance globale est environ 40 fois plus grande que la résistance de conduction du verre. La conduction dans le verre ne suffit donc pas à décrire le vitrage : les transferts par convection et par rayonnement, au niveau des deux faces de la vitre, apportent l'essentiel de la résistance.

COMPRENDRE
Des résistances thermiques en série s'ajoutent. La mince couche d'air presque immobile contre chaque face de la vitre isole bien plus que les 4 mm de verre.

À LA CALCULATRICE



Q18 Déterminer la valeur du flux thermique à travers une surface $S = 1{,}00\ \text{m}^2$ de fenêtre à simple vitrage pour une température extérieure de 11,3 °C.

Données utiles $\theta_{int} = 20{,}0$ °C ; $\theta_{ext} = 11{,}3$ °C ; $R_g = 0{,}174\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (Q17)

Le flux thermique traverse la vitre de l'intérieur (chaud) vers l'extérieur (froid) :

$$\Phi = \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_g} = \frac{20{,}0 - 11{,}3}{0{,}174}$$

$$\boxed{\Phi = 50\ \text{W}}$$

PIÈGE
Utiliser R_c au lieu de R_g : on obtiendrait plus de 2 000 W. C'est la résistance globale qui décrit l'ensemble des transferts à travers le vitrage.

COMPRENDRE
Un écart de températures a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir. L'écart 8,7 K n'a que deux chiffres significatifs, le flux aussi.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{20.0 - 11.3}{0.174} \approx 50$

Q19 Estimer la valeur de l'énergie économisée sur une année, en $\mathrm{GW \cdot h}$, si on remplace le simple vitrage par du double vitrage, avec les données météorologiques de 2023. Commenter.

Données utiles $U_g = 5{,}75\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$; $U_{g\,double} = 1{,}15\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$; surface vitrée $S_v = 40\,000\ \mathrm{m^2}$; $\theta_{int} - \theta_{ext} = 8{,}7$ K pendant 279 jours ; consommation de la tour : $35{,}75\ \mathrm{GW \cdot h}$ par an

Pour un vitrage de surface S_v : $R_g = \dfrac{1}{U_g\, S_v}$, donc le flux perdu est

$$\Phi = \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_g} = U_g\, S_v\, (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

Flux économisé en passant au double vitrage :

$$\Delta\Phi = (U_g - U_{g\,double})\, S_v\, (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

$$\Delta\Phi = (5{,}75 - 1{,}15) \times 40\,000 \times 8{,}7 = 1{,}6 \times 10^6\ \mathrm{W}$$

Durée de la période où il faut chauffer : $\Delta t = 279 \times 24 = 6\,696$ h.

Énergie économisée : $E = \Delta\Phi \times \Delta t$

$$E = (5{,}75 - 1{,}15) \times 40\,000 \times 8{,}7 \times 279 \times 24 = 1{,}1 \times 10^{10}\ \mathrm{W \cdot h}$$

$\boxed{E \approx 11\ \mathrm{GW \cdot h} \text{ par an}}$

Commentaire : $\dfrac{11}{35{,}75} \approx 0{,}30$. L'économie représente environ 30 % de la consommation annuelle de la tour, soit près de 30 fois la production des panneaux solaires (Q14) : le changement de vitrage est de loin la mesure la plus efficace.

COMPRENDRE
C'est un ordre de grandeur : on raisonne avec une température extérieure moyenne, sans tenir compte des apports du soleil ni de la climatisation en été.

MÉTHODE
Énergie = puissance × durée. Avec la puissance en watts et la durée en heures, le résultat est directement en $\mathrm{W \cdot h}$; puis $1\ \mathrm{GW \cdot h} = 10^9\ \mathrm{W \cdot h}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$(5.75 - 1.15) \times 40\,000 \times 8.7 \approx 1600800$

$(5.75 - 1.15) \times 40\,000 \times 8.7 \times 279 \times 24 \approx 1.071896 \times 10^{10}$

$\dfrac{11}{35.75} \approx 0.3076923$

$\dfrac{11}{0.40} \approx 27.5$

Recharge des voitures électriques

Bac 2025 Amérique du Sud Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Rappeler la définition d'un catalyseur.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une transformation sans figurer dans l'équation de la réaction : il est consommé puis régénéré, donc on le retrouve intact à la fin.

COMPRENDRE
Le catalyseur ne change pas l'état final : il permet seulement de l'atteindre plus vite. Ici il doit aussi être sélectif, c'est-à-dire favoriser une seule des transformations possibles.

Q2 Montrer que dans un volume de 1,0 L, la quantité d'éthanol présente est voisine de 17 moles.

Données utiles $d_{\text{éthanol}} = 0{,}789$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $M(\text{C}) = 12{,}0$, $M(\text{H}) = 1{,}0$, $M(\text{O}) = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse volumique de l'éthanol : $\rho_{\text{éthanol}} = d_{\text{éthanol}} \times \rho_{\text{eau}} = 0{,}789\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3} = 789\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Masse molaire de l'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$: $M = 2\times 12{,}0 + 6\times 1{,}0 + 16{,}0 = 46{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

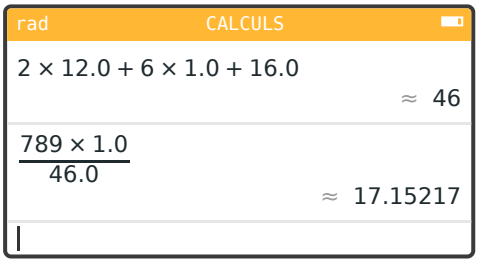
$$n_{\text{éthanol}} = \frac{m}{M} = \frac{\rho_{\text{éthanol}} \times V}{M} = \frac{789\times 1{,}0}{46{,}0} = 17{,}2\ \text{mol}$$

$n_{\text{éthanol}} = 17{,}2\ \text{mol}$, valeur bien voisine de 17 mol.

PIÈGE
Garder $0{,}789\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ avec un volume en litres : il faut convertir, $1\ \text{L} = 1000\ \text{cm}^3$. Ne pas oublier non plus l'hydrogène du groupe OH : l'éthanol compte six atomes H.

COMPRENDRE
La densité est sans unité : $d = \rho/\rho_{\text{eau}}$. Le volume est donné avec deux chiffres significatifs, d'où l'arrondi à 17 mol dans l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



Q3 En déduire la quantité de dihydrogène obtenue lors du vaporeformage d'un litre d'éthanol, la vapeur d'eau étant en excès.

Données utiles $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}\,(\text{l}) + 3\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{g}) \longrightarrow 6\,\text{H}_2\,(\text{g}) + 2\,\text{CO}_2\,(\text{g})$; $n_{\text{éthanol}} = 17{,}2\ \text{mol}$ (Q2)

L'eau est en excès et la conversion est totale : l'éthanol est le réactif limitant, il est entièrement consommé.

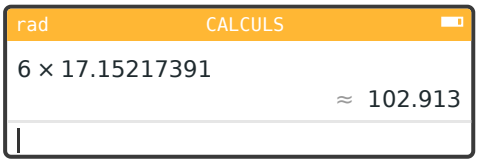
D'après l'équation, une mole d'éthanol donne six moles de dihydrogène :

$$n(\text{H}_2) = 6 \times n_{\text{éthanol}} = 6 \times 17{,}2 = 103\ \text{mol}$$

$n(\text{H}_2) = 103\ \text{mol} \approx 1{,}0\times 10^2\ \text{mol}$

MÉTHODE
Pour une transformation totale, on écrit $\frac{n(\text{produit})}{\text{son coefficient}} = \frac{n(\text{réactif limitant})}{\text{son coefficient}}$: ici $\frac{n(\text{H}_2)}{6} = \frac{n_{\text{éthanol}}}{1}$.

À LA CALCULATRICE



Q4 Établir l'équation de la réaction électrochimique modélisant la transformation à l'électrode 2.

À l'électrode 2, le dioxygène de l'air est transformé en ions oxyde O^{2-}.

Conservation de l'élément oxygène : O_2 donne $2\,O^{2-}$. Conservation de la charge : il faut 4 électrons du côté des réactifs.

$$O_2 + 4\,e^- \longrightarrow 2\,O^{2-}$$

PIÈGE
Équilibrer avec H_2O et H^+ comme en solution aqueuse. L'électrolyte est ici un oxyde solide : le sujet indique que l'espèce formée est l'ion oxyde, il suffit d'ajuster les électrons.

Q5 En déduire que l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile est $2\,H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2\,H_2O\,(g)$.

Données utiles électrode 1 : $H_2 + O^{2-} \longrightarrow H_2O + 2\,e^-$; électrode 2 : $O_2 + 4\,e^- \longrightarrow 2\,O^{2-}$ (Q4)

Les électrons libérés à l'électrode 1 sont ceux captés à l'électrode 2 : on multiplie la première équation par 2 pour échanger 4 électrons.

$$2\,H_2 + 2\,O^{2-} \longrightarrow 2\,H_2O + 4\,e^-$$

$$O_2 + 4\,e^- \longrightarrow 2\,O^{2-}$$

On additionne membre à membre ; les $4\,e^-$ et les $2\,O^{2-}$ se simplifient :

$$2\,H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2\,H_2O\,(g)$$

COMPRENDRE
Aucun électron ne doit rester dans l'équation de fonctionnement. Les ions O^{2-} disparaissent aussi : ils sont formés à une électrode et consommés à l'autre, après avoir traversé l'électrolyte.

Q6 Indiquer, en justifiant, la polarité des deux électrodes de cette pile et les nommer.

Électrode 1 : $H_2 + O^{2-} \longrightarrow H_2O + 2\,e^-$. Le dihydrogène cède des électrons : c'est une oxydation, l'électrode 1 est l'**anode**. Les électrons en sortent vers le circuit extérieur : c'est le **pôle négatif**.

Électrode 2 : $O_2 + 4\,e^- \longrightarrow 2\,O^{2-}$. Le dioxygène capte des électrons : c'est une réduction, l'électrode 2 est la **cathode**. Les électrons y arrivent : c'est le **pôle positif**.

Électrode 1 : anode, pôle $-$. Électrode 2 : cathode, pôle $+$.

COMPRENDRE
Le déplacement des ions confirme la polarité : les anions O^{2-} migrent dans l'électrolyte vers l'anode, de l'électrode 2 vers l'électrode 1, comme sur la figure 1.

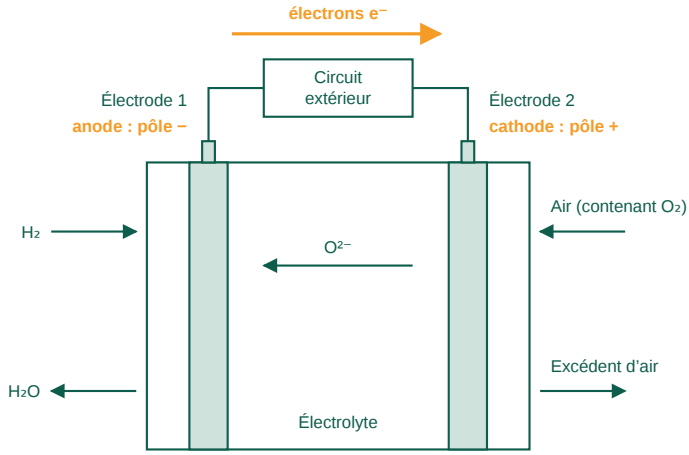
MÉTHODE
Dans une pile, les électrons quittent toujours l'électrode où a lieu l'oxydation (anode, pôle $-$) et rejoignent celle où a lieu la réduction (cathode, pôle $+$).

Q7 Sur le document-réponse 1, indiquer cette polarité ainsi que le nom et le sens de circulation des porteurs de charge à l'extérieur de la pile.

À l'extérieur de la pile, les porteurs de charge sont les **électrons**. Ils circulent dans les fils et le circuit extérieur de l'électrode 1 (pôle $-$) vers l'électrode 2 (pôle $+$).

Électrons : de l'électrode 1 vers l'électrode 2 par le circuit extérieur (voir le document-réponse complété).

PIÈGE
Confondre le sens des électrons et celui du courant. Le courant I sort du pôle $+$ et parcourt le circuit extérieur de l'électrode 2 vers l'électrode 1, en sens inverse des électrons.



Q7 · Document-réponse 1 complété : polarité et sens de circulation des électrons

Q8 Montrer que la valeur maximale de la capacité électrique de la pile utilisant 1,0 L d'éthanol est $Q_{\max} = 2{,}0 \times 10^7$ C.

Données utiles $\mathcal{F} = 9{,}65 \times 10^4\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n(\text{H}_2) = 103$ mol (Q3) ; électrode 1 : $\text{H}_2 + \text{O}^{2-} \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\,\text{e}^-$

La capacité est maximale quand tout le dihydrogène produit par 1,0 L d'éthanol est consommé.

D'après l'équation à l'électrode 1, chaque mole de H_2 libère deux moles d'électrons : $n(\text{e}^-) = 2 \times n(\text{H}_2)$.

La charge d'une mole d'électrons est la constante de Faraday $\mathcal{F}$, donc :

$$Q_{\max} = n(\text{e}^-) \times \mathcal{F} = 2 \times n(\text{H}_2) \times \mathcal{F}$$

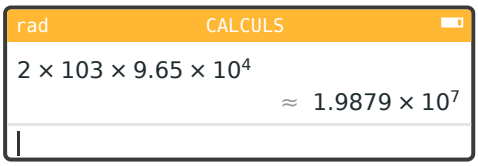
$$Q_{\max} = 2 \times 103 \times 9{,}65 \times 10^4 = 1{,}99 \times 10^7\ \text{C}$$

$Q_{\max} = 1{,}99 \times 10^7\ \text{C} \approx 2{,}0 \times 10^7\ \text{C}$, valeur attendue.

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : c'est la quantité d'électrons échangés, et non celle de dihydrogène, qui se multiplie par $\mathcal{F}$.

COMPRENDRE
$\mathcal{F} = N_A \times e$: on trouve le même résultat avec $Q_{\max} = n(\text{e}^-) \times N_A \times e$. Avec $n_{\text{éthanol}} = 17$ mol, on obtient encore $2{,}0 \times 10^7$ C.

À LA CALCULATRICE



Q9 Estimer le nombre de véhicules électriques équipés de batteries de 40 kW·h que l'on peut recharger à partir d'un volume de 30 m³ d'éthanol, le rendement de la pile étant voisin de 70 %.

Données utiles $Q_{\max} = 2{,}0 \times 10^7$ C pour 1,0 L (Q8) ; $U = 1{,}0$ V ; $E = Q \cdot U$; $1\ \text{W} \cdot \text{h} = 3600$ J

Volume d'éthanol : $V = 30\ \text{m}^3 = 3{,}0 \times 10^4$ L. La capacité est proportionnelle au volume d'éthanol :

$Q = 3{,}0 \times 10^4 \times 2{,}0 \times 10^7 = 6{,}0 \times 10^{11}$ C

Énergie maximale stockée : $E = Q \cdot U = 6{,}0 \times 10^{11} \times 1{,}0 = 6{,}0 \times 10^{11}$ J

Énergie réellement fournie, avec un rendement de 70 % : $E_{\text{utile}} = 0{,}70 \times 6{,}0 \times 10^{11} = 4{,}2 \times 10^{11}$ J

Énergie d'une batterie : $E_{\text{bat}} = 40\ \text{kW} \cdot \text{h} = 40 \times 10^3 \times 3600 = 1{,}44 \times 10^8$ J

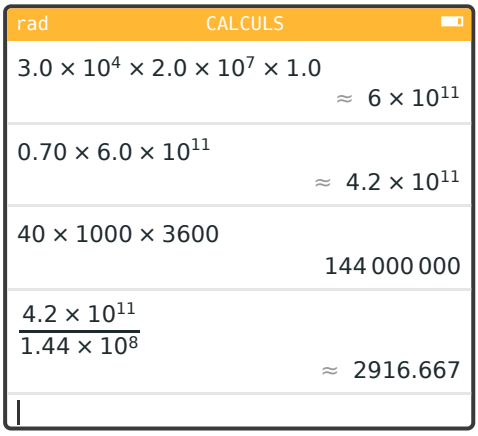
$$N = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{bat}}} = \frac{4{,}2 \times 10^{11}}{1{,}44 \times 10^8} = 2{,}9 \times 10^3$$

On peut recharger environ $2{,}9 \times 10^3$ véhicules, soit près de 3000.

PIÈGE
Trois oublis fréquents : convertir $30\ \text{m}^3$ en litres ($1\ \text{m}^3 = 1000$ L), convertir les kW·h en joules, et appliquer le rendement à l'énergie de la pile, non à celle de la batterie.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer le plan (charge, énergie, rendement, comparaison), puis une ligne par étape avec son unité. Le résultat est un ordre de grandeur : deux chiffres significatifs suffisent.

À LA CALCULATRICE



Étude d'un herbicide

Bac 2025 Amérique du Sud Jour 1 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Justifier le nom « acide nonanoïque » donné à l'acide pélargonique en nomenclature officielle.

La chaîne carbonée compte 9 atomes de carbone, celui du groupe carboxyle compris, et ne comporte que des liaisons simples entre eux : racine « nonan ».

La molécule porte le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ en bout de chaîne : elle appartient à la famille des acides carboxyliques, d'où « acide » et la terminaison « oïque ».

9 atomes de carbone et un groupe carboxyle : acide nonanoïque.

PIÈGE
Ne compter que les sommets du zigzag sans le carbone qui porte O et OH : on trouverait 8 et le préfixe « oct ».



Q1 · Formule topologique : les 9 atomes de carbone numérotés à partir du groupe carboxyle

Q2 Proposer un protocole permettant de diluer la solution commerciale d'un facteur 10 avec le matériel mis à disposition.

Données utiles pipettes jaugées de 2,0 ; 5,0 ; 10,0 et 20,0 mL ; fioles jaugées de 50,0 ; 100,0 et 200,0 mL

Diluer d'un facteur 10 : $F = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}} = 10$. On choisit $V_{\text{mère}} = 20{,}0$ mL et $V_{\text{fille}} = 200{,}0$ mL.

- Verser un peu d'herbicide commercial dans un bécher.
- Y prélever 20,0 mL avec la pipette jaugée de 20,0 mL et les introduire dans la fiole jaugée de 200,0 mL.
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'aux trois quarts, agiter.
- Compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

20,0 mL d'herbicide (pipette jaugée) dans une fiole jaugée de 200,0 mL complétée à l'eau distillée.

PIÈGE
Prélever avec une éprouvette graduée ou préparer la solution dans un bécher : une dilution précise exige de la verrerie jaugée, à nommer avec son volume.

COMPRENDRE
Les couples 10,0 mL et 100,0 mL, ou 5,0 mL et 50,0 mL, conviennent aussi : seul compte le rapport 10 entre la fiole et la pipette.

Q3 Définir l'équivalence d'un titrage.

L'équivalence est l'état du mélange pour lequel le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage. Les deux réactifs sont alors entièrement consommés.

Équivalence : réactifs titré et titrant introduits dans les proportions stœchiométriques.

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, le réactif limitant est l'ion $\mathrm{HO^-}$ versé ; après, c'est l'acide titré. L'équivalence marque ce changement de réactif limitant.

Q4 Déterminer la valeur du volume V_E d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence, en faisant apparaître la démarche sur le document-réponse 2.

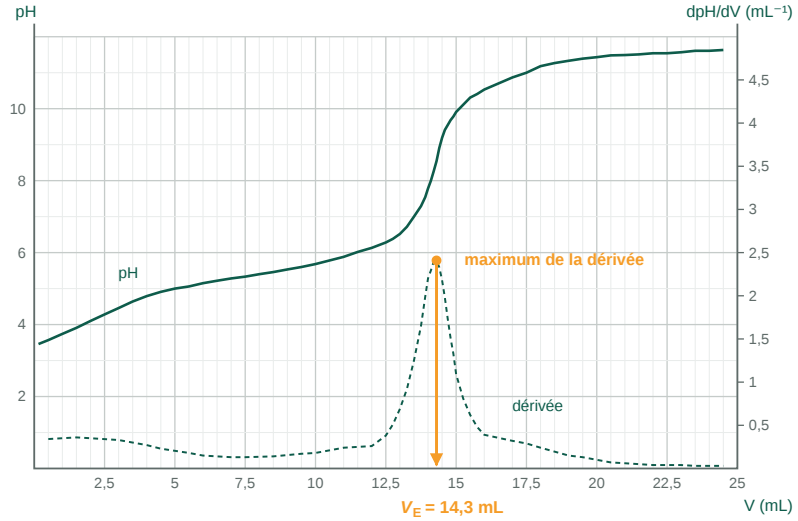
À l'équivalence, le pH varie le plus brutalement : la dérivée $\frac{\mathrm{d\,pH}}{\mathrm{d}V}$ passe par son maximum.

On trace la verticale passant par le sommet de la courbe en pointillés et on lit son abscisse.

$$V_E = 14{,}3\ \mathrm{mL}$$

COMPRENDRE
Lecture à 0,1 mL près environ : de 14,2 à 14,4 mL est acceptable.

MÉTHODE
Sans courbe dérivée : deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut, puis la parallèle équidistante, qui coupe la courbe au point d'équivalence.



Q4 · Document-réponse 2 complété : verticale passant par le maximum de la dérivée

Q5 Exploiter les résultats pour déterminer la concentration en quantité C_{ap} d'acide pélargonique dans la solution commerciale d'herbicide.

Données utiles $C = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_S = 5{,}0$ mL ; $V_E = 14{,}3$ mL (Q4) ; dilution d'un facteur 10 (Q2)

À l'équivalence, d'après l'équation de la réaction (un acide pour un ion $\mathrm{HO^-}$) : $n(\mathrm{acide})_{\mathrm{initial}} = n(\mathrm{HO^-})_{\mathrm{versé}}$, soit $C_S\,V_S = C\,V_E$, où C_S est la concentration de la solution S.

$$C_S = \frac{C\,V_E}{V_S} = \frac{1{,}00 \times 10^{-2} \times 14{,}3}{5{,}0} = 2{,}86 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

La solution commerciale est 10 fois plus concentrée que S : $C_{ap} = 10\,C_S = 0{,}286\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

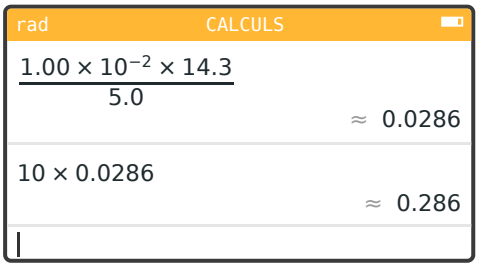
$$C_{ap} \approx 0{,}29\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 10 : le titrage donne la concentration de la solution diluée S, pas celle du flacon.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $V_S = 5{,}0$ mL, la donnée la moins précise. Les deux volumes restent en mL : leurs unités se simplifient dans le rapport.

COMPRENDRE
L'eau ajoutée pour immerger l'électrode ne change pas la quantité d'acide dans le bécher, donc pas V_E.

À LA CALCULATRICE



Q6 Vérifier si le résultat de ce titrage est cohérent avec l'indication du fabricant.

Données utiles $c_{m,\text{ref}} = 43{,}06\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $M = 158\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $u(c_m) = 1{,}2\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $C_{ap} = 0{,}286\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q5)

Concentration en masse mesurée : $c_m = C_{ap} \times M = 0{,}286 \times 158 = 45{,}2\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

$$z = \frac{|c_m - c_{m,\text{ref}}|}{u(c_m)} = \frac{|45{,}2 - 43{,}06|}{1{,}2} = 1{,}8$$

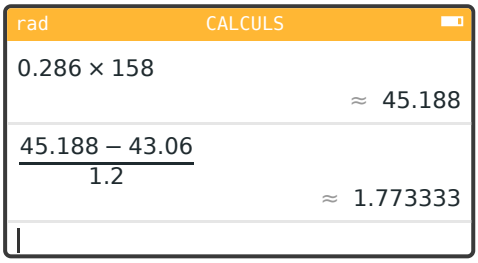
$z \leqslant 2$: la mesure est en accord avec la valeur de référence.

$c_m = 45{,}2\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et $z \approx 1{,}8 \leqslant 2$: le titrage est cohérent avec l'indication du fabricant.

PIÈGE
Repartir de la valeur arrondie $0{,}29\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: on obtient $45{,}8\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et $z = 2{,}3$, conclusion inversée. On calcule avec la valeur non arrondie.

COMPRENDRE
Le résultat dépend de la lecture de V_E : avec 14,4 mL, on trouve $z \approx 2{,}0$, à la limite du critère. La conclusion reste la même.

À LA CALCULATRICE



Q7 Choisir l'indicateur coloré adapté à ce titrage et justifier.

Données utiles zones de virage : hélianthine 3,2 – 4,4 ; BBT 6,0 – 7,6 ; indicateur TA 8,2 – 9,8 ; $V_E = 14{,}3$ mL (Q4)

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

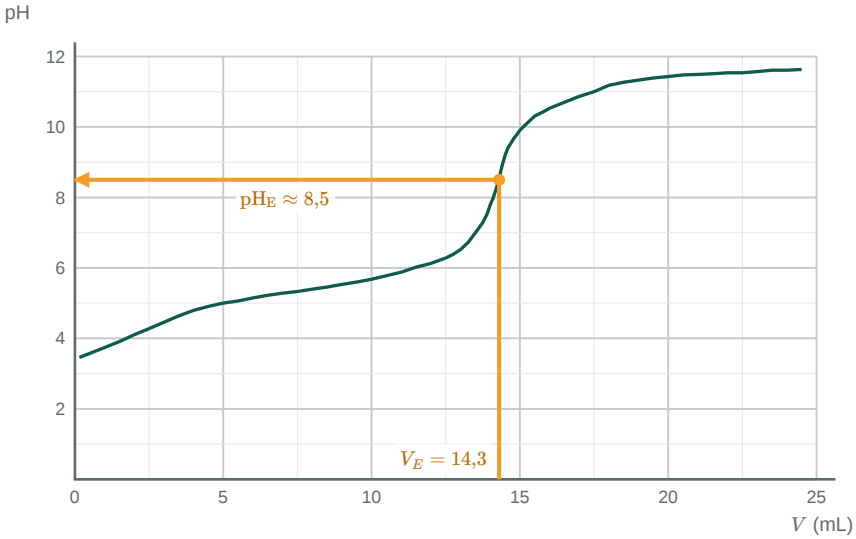
Sur la courbe de titrage, pour $V_E = 14{,}3$ mL, on lit $\text{pH}_\text{E} \approx 8{,}5$.

Seule la zone de virage de l'indicateur TA (8,2 – 9,8) contient cette valeur.

Indicateur adapté : l'indicateur TA, car $8{,}2 < \text{pH}_\text{E} \approx 8{,}5 < 9{,}8$.

PIÈGE
Choisir le BBT parce que sa zone entoure 7 : il virerait avant l'équivalence et le volume relevé serait trop faible.

COMPRENDRE
$\text{pH}_\text{E} > 7$: à l'équivalence, le bécher contient l'ion $C_8H_{17}COO^-$, qui est une base.



Q7 · Courbe de titrage : lecture du pH à l'équivalence

Q8 Préciser le changement de couleur observé à l'équivalence du titrage.

Avant l'équivalence, le pH du mélange est inférieur à 8,2 : l'indicateur TA est sous sa forme acide, incolore. À l'équivalence, le pH franchit la zone de virage et l'indicateur prend la teinte de sa forme basique, rose.

La solution passe de l'incolore au rose.

PIÈGE
Inverser le sens : la solution titrée, acide, est dans le bécher. On part donc de la teinte de la forme acide.