Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2025

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 1

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**
Coefficient : **16**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

Le document-réponse 1 page 12 et le document-réponse 2 page 13
sont **À RENDRE AVEC LA COPIE**.

EXERCICE 1. Tour Montparnasse (11 points)


L'actuelle tour Montparnasse

Du haut de ses 210 m et 59 étages, la tour Montparnasse est le plus grand gratte-ciel de la ville de Paris. Elle fera peau neuve d'ici peu : jardins, façades végétalisées, panneaux photovoltaïques, nouveau vitrage transparent et isolant. La future tour devrait à la fois changer d'aspect et améliorer ses performances énergétiques.

Cet exercice propose d'étudier, dans un premier temps, le mouvement d'un des ascenseurs équipant la tour. Il portera ensuite sur deux des mesures visant à améliorer les performances énergétiques du bâtiment.

1. Mouvement du grand ascenseur

L'objectif de cette première partie est d'étudier le mouvement du plus grand ascenseur de la tour, qui relie le rez-de-chaussée, pris comme référence d'altitude, au 56e étage. On étudie le mouvement, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, du centre d'inertie de l'ascenseur dans le champ de pesanteur considéré comme uniforme. Le point O confondu avec le centre de masse de l'ascenseur lorsqu'il se situe au rez-de-chaussée sera pris comme origine d'un axe Oz orienté positivement vers le haut.

Données :

- loi fondamentale de la statique des fluides : $P_\mathrm{B} - P_\mathrm{A} = \rho \cdot g \cdot (z_\mathrm{A} - z_\mathrm{B})$
  avec : P_A, P_B : pression du fluide en deux points A et B (en Pa) ;
  ρ : masse volumique du fluide (en $\mathrm{kg{\cdot}m^{-3}}$) ;
  g : intensité de la pesanteur (en $\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$) ;
  z_A, z_B : altitude des points A et B (en m) ;
- intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}81\ \mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$;
- masse molaire de l'air dans les conditions de l'expérience : $M = 28{,}98\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ \mathrm{J{\cdot}mol^{-1}{\cdot}K^{-1}}$;
- relation entre la température exprimée en kelvin et la température exprimée en degré Celsius : $T(\mathrm{K}) = \theta(°\mathrm{C}) + 273{,}15$.

On se propose, dans un premier temps, de vérifier la hauteur parcourue par l'ascenseur lors d'un trajet, à partir d'un suivi de la pression atmosphérique réalisé grâce à un smartphone. On considère que l'air suit le modèle du gaz parfait. Les mesures obtenues permettent de tracer la courbe suivante.

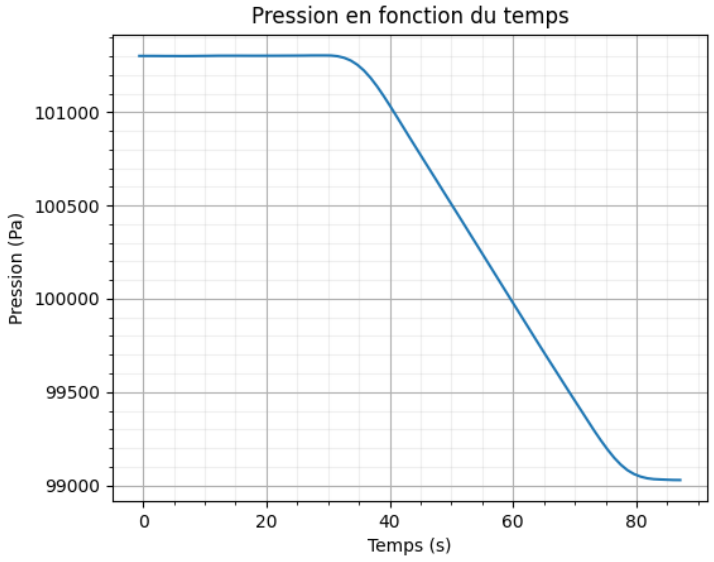


Figure 1. Courbe représentant l'évolution de la pression au cours d'un voyage dans le grand ascenseur
Source : mesures réalisées par l'auteur de l'exercice

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

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

Le jour de l'expérience, la température était égale à 25,0 °C.

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

Q4. Montrer que la hauteur h atteinte par l'ascenseur à la fin de son trajet est telle que :

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g}$$ avec P_1 et P_2 les pressions respectivement au pied et au sommet de la tour.

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

En plus de l'altitude finale de l'ascenseur, il peut être utile de connaître son altitude au cours du trajet. Cette donnée permet effectivement d'accéder à la vitesse de l'appareil, puis à son accélération. Les différentes opérations utiles sont réalisées ici à l'aide du programme en langage Python qui suit. Il contient, aux lignes 3 et 4, les 86 couples de valeurs (temps ; pression atmosphérique) enregistrés par le smartphone lors de la montée.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 #données expérimentales
3 t=[-0.58, 0.43, ---, 86.01, 87.08]                # valeurs du temps
4 p=[101302.07, 101302.09, ---, 99028.37, 99028.04] # valeurs de pression
5
6 #initialisation des variables
7 z,v,a=[],[],[]      #initialisation des listes z,v,a
8 rhoair,g=1.184,9.81#masse volumique de l'air, intensité de la pesanteur
9 #calculs des valeurs de z, v et a
10 for i in range (len(t)-1):    # calcul de l'altitude
11     zcalcul=(p[0]-p[i+1])/(rhoair*g)
12     z.append(zcalcul)
13
14 for i in range (len(z)-1):    # calcul de la vitesse
15     vcalcul=(z[i+1]-z[i])/(t[i+1]-t[i])
16     v.append(vcalcul)
17
18 for i in range (len(v)-1):    # calcul de l'accélération
19     acalcul=(                                                    )
20     a.append(acalcul)
```

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

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

La suite du programme permet de tracer les courbes des figures 2 et 3, représentant l'évolution de la vitesse et de l'accélération de l'ascenseur au cours du trajet étudié.

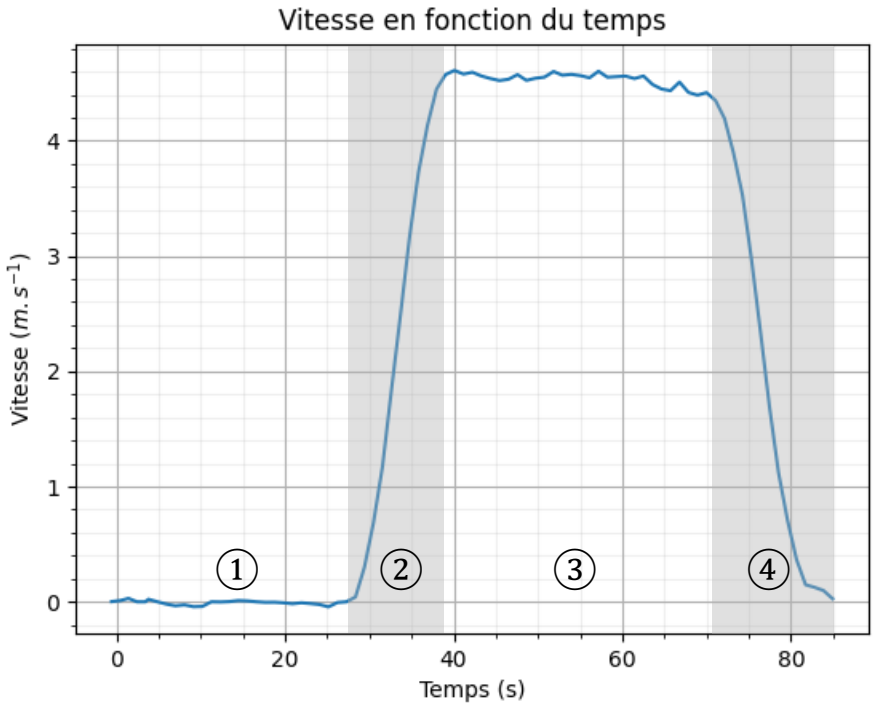


Figure 2. Évolution de la vitesse de l'ascenseur lors de la montée étudiée

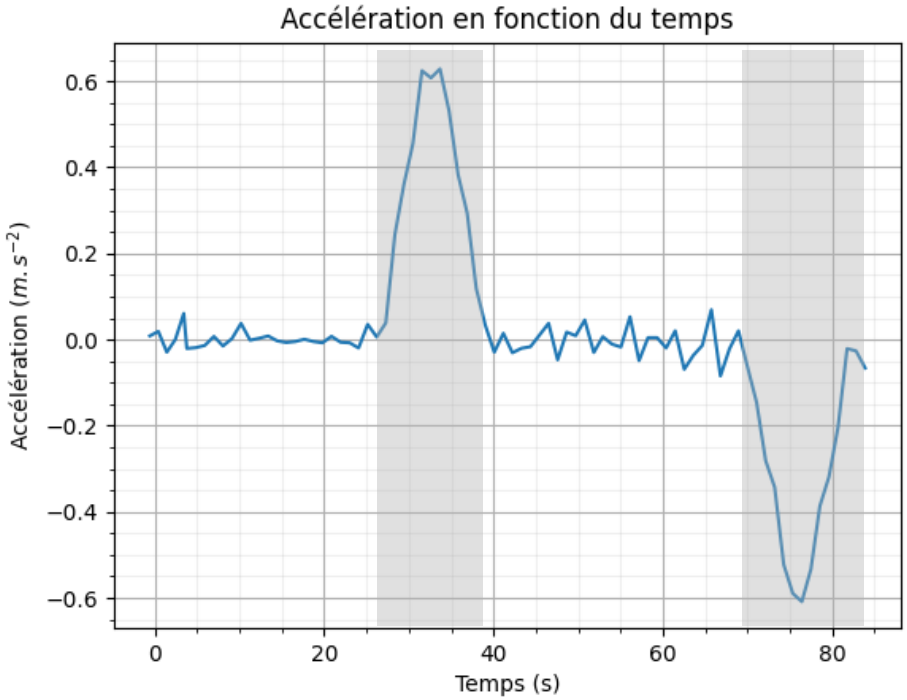


Figure 3. Évolution de la composante verticale de l'accélération de l'ascenseur lors de la montée étudiée

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

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

Les schémas ci-dessous représentent les forces s'exerçant sur l'ascenseur, $\vec{P}$ correspondant au poids et $\vec{F}$ à l'ensemble des autres forces verticales telles que la force élévatrice et les différentes forces de frottement (air, freinage).

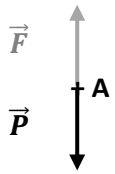
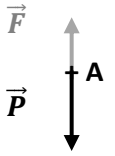
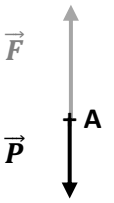
		

Schéma A	Schéma B	Schéma C

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

Q11. À l'aide de la deuxième loi de Newton et de la figure 3, estimer la valeur maximale de F, en supposant que l'ascenseur vide pèse 2,0 tonnes et qu'il peut accueillir 21 personnes.

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution. Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

2. Installation de panneaux solaires

D'après la mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France, la tour Montparnasse consomme aujourd'hui au total $35{,}75\ \mathrm{GW{\cdot}h{\cdot}an^{-1}}$.

Lors de la rénovation de la tour, on pourrait envisager de recouvrir la terrasse avec des panneaux photovoltaïques placés horizontalement.

Données :

- surface de la terrasse : $S = 1\,700\ \mathrm{m^2}$;
- dimensions du panneau photovoltaïque rectangulaire : $1{,}980\ \mathrm{m}$ par $1{,}002\ \mathrm{m}$;
- caractéristiques du panneau photovoltaïque pour une irradiance $I = 1{,}0\ \mathrm{kW{\cdot}m^{-2}}$:

Tension à la puissance maximale $U_{P_{\max}}$	38,4 V
Intensité à la puissance maximale $I_{P_{\max}}$	9,38 A

- puissance du rayonnement lumineux reçue par un panneau : $P_{\mathrm{ray}} = I \cdot S$ où I est l'irradiance de la lumière, en $\mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$ et S la surface du panneau, en $\mathrm{m^2}$;
- le rendement r d'un panneau photovoltaïque est égal au quotient de la puissance électrique $P_{\text{élec}}$ générée par le panneau par la puissance rayonnante P_{ray} reçue :

$$r = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\mathrm{ray}}} ;$$

- $1\ \mathrm{W{\cdot}h} = 3\,600\ \mathrm{J}$

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

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

À Paris, l'énergie rayonnante solaire annuelle moyenne est d'environ $1\,300\ \mathrm{kW{\cdot}h{\cdot}m^{-2}}$.

Q14. Estimer, avec la valeur du rendement du panneau déterminée à la question Q13, la valeur de l'énergie électrique que pourrait fournir l'installation de panneaux sur l'ensemble de la terrasse de la tour en une année. Commenter.

3. Rénovation énergétique de la tour Montparnasse.

La surface vitrée de la tour Montparnasse est d'environ 40 000 m^2. Les fenêtres de la tour sont en simple vitrage dont l'épaisseur est de 4 mm de verre. Elles vont être remplacées par des fenêtres à double vitrage pour augmenter la performance énergétique du bâtiment.

Données :

- la résistance thermique de conduction R_c (en $\mathrm{K{\cdot}W^{-1}}$) d'un matériau est liée aux grandeurs e, λ et S par la relation :

$$R_\mathrm{c} = \frac{e}{S \times \lambda}$$

λ : conductivité thermique du matériau en $\mathrm{W{\cdot}m^{-1}{\cdot}K^{-1}}$;
e : épaisseur de la paroi en m ;
S : surface de la paroi en $\mathrm{m^2}$;

- conductivité thermique de divers matériaux :

Matériau	air au repos	verre	bois	PVC	aluminium
Conductivité thermique λ $\left(\mathrm{W{\cdot}m^{-1}{\cdot}K^{-1}}\right)$	0,026	1,0	0,13	0,17	185

Q15. Citer les trois modes de transfert thermique.

Dans la modélisation suivante, on considère qu'une fenêtre est exclusivement constituée par son vitrage. La conductivité thermique du cadre est négligée.

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

La résistance thermique globale R_g modélise l'ensemble des transferts thermiques du vitrage. Elle est liée au coefficient de transmission thermique $U_\mathrm{g} = \frac{1}{R_\mathrm{g} \cdot S}$ dont la valeur pour ce vitrage est égale à $5{,}75\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}{\cdot}K^{-1}}$.

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

On considère que la température à l'intérieur de la tour Montparnasse est maintenue constante à 20,0 °C. L'analyse des données publiques de Météo France montre que la température extérieure a été inférieure à 20,0 °C pendant 279 jours à Paris en 2023. La température extérieure moyenne durant cette période a été de 11,3 °C.

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

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 de coefficient de transmission thermique $U_{\mathrm{g\ double}} = 1{,}15\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}{\cdot}K^{-1}}$ en utilisant les données météorologiques de 2023. Commenter.

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution. Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

EXERCICE 2. Recharge des voitures électriques (5 points)

Dans cet exercice, on s'intéresse à une pile à combustible au bioéthanol. Elle permet d'alimenter des bornes de recharge de voitures électriques. Ce modèle de pile à combustible est dit à oxydes solides (ou SOFC selon l'acronyme anglais de *solid oxide fuel cells*).

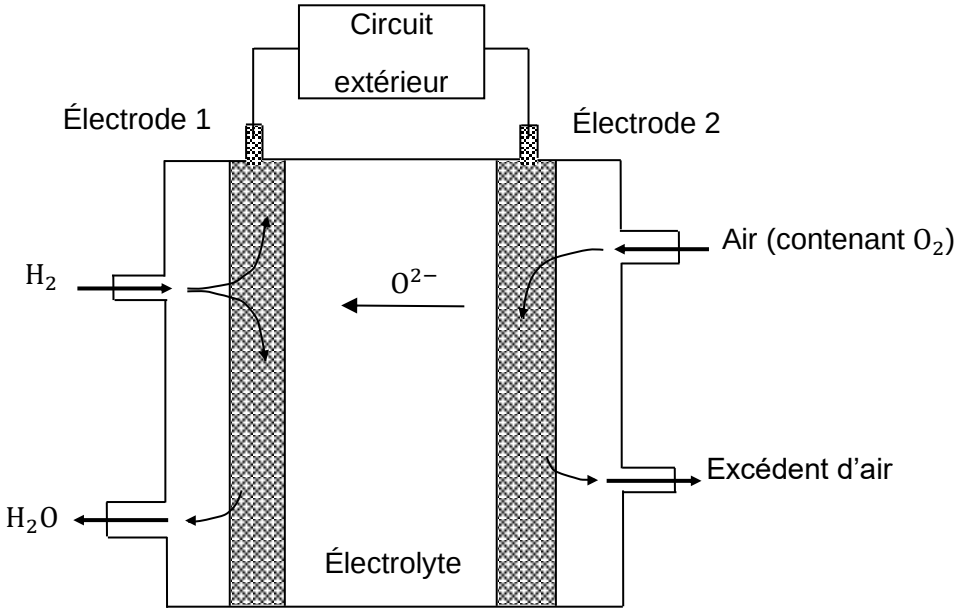


Figure 1. Schéma de fonctionnement de la pile étudiée

Comme le montre la figure 1, au niveau de l'électrode 2, le dioxygène présent dans l'air est transformé en ion oxyde (O^{2-}). Les ions diffusent dans l'électrolyte et réagissent avec le dihydrogène, obtenu par vaporeformage d'éthanol, au niveau de l'électrode 1. Au niveau de l'électrode 1, la transformation est modélisée par une réaction électrochimique d'équation suivante :

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

Données :

- masses molaires atomiques : $M(C) = 12{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$; $M(H) = 1{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$; $M(O) = 16{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$;
- charge électrique élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ C$;
- constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9{,}65 \times 10^{4}\ C{\cdot}mol^{-1}$;
- énergie stockée dans une pile (en joule) : $E = Q \cdot U$ où Q est la capacité électrique de la pile en coulomb (C) et U la tension à vide en volt (V) à ses bornes ;
- $1\ W{\cdot}h = 3600\ J$;
- tension à vide de la pile à combustible étudiée : $U = 1{,}0\ V$;
- densité de l'éthanol : $d_{éthanol} = 0{,}789$ à 25 °C ;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1{,}00\ g{\cdot}cm^{-3}$ à 25 °C.

Le vaporeformage de l'éthanol consiste à transformer de l'eau et de l'éthanol en dihydrogène et en dioxyde de carbone en présence d'un catalyseur. Cette transformation est modélisée par une réaction dont l'équation est écrite ci-dessous.

$$C_2H_5OH\ (\ell) + 3\ H_2O\ (g) \rightarrow 6\ H_2\ (g) + 2\ CO_2\ (g)$$

Cependant, de nombreuses autres transformations sont possibles d'où la nécessité d'avoir un catalyseur très actif et extrêmement sélectif pour ne produire que du dihydrogène et du dioxyde de carbone à partir de l'éthanol. Dans la suite, on suppose que la conversion d'éthanol en dihydrogène est totale.

Q1. Rappeler la définition d'un catalyseur.

Q2. Montrer que dans un volume de $1{,}0\ \mathrm{L}$, la valeur de la quantité d'éthanol présente est voisine de $17\ \mathrm{moles}$.

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

Q4. Établir l'équation de la réaction électrochimique modélisant la transformation prenant place au niveau de l'électrode 2.

Q5. En déduire que l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile est :

$$2\ \mathrm{H_2\ (g)}\ +\ \mathrm{O_2\ (g)}\ \rightarrow\ 2\ \mathrm{H_2O\ (g)}$$

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

Q7. Sur **le document-réponse 1 de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, indiquer cette polarité ainsi que le nom et le sens de circulation des porteurs de charge à l'extérieur de la pile.

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

Le rendement de la pile à combustible SOFC est voisin de 70 %.

Q9. Estimer le nombre de véhicules électriques équipés de batteries de $40\ \mathrm{kW{\cdot}h}$ que l'on peut recharger à partir d'un volume de $30\ \mathrm{m^3}$ d'éthanol.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE 3. Étude d'un herbicide (4 points)

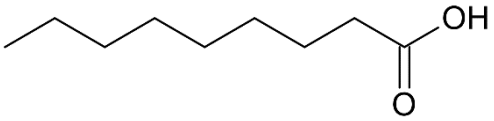
Un herbicide, ou désherbant, est une substance destinée à tuer les végétaux.

Pendant longtemps, le principe actif utilisé était le glyphosate, mais cette substance toxique, irritante et écotoxique a été classée cancérigène, et est donc remplacée par une autre molécule : l'acide pélargonique.

Le but de cet exercice est de vérifier l'indication de la concentration en masse d'acide pélargonique figurant sur les flacons en vente dans les commerces spécialisés : $43{,}06\ \mathrm{g{\cdot}L^{-1}}$.

Données diverses :

- l'acide pélargonique est le nom usuel de l'acide nonanoïque ;
- formule topologique de l'acide pélargonique :



- masse molaire de l'acide nonanoïque : $M = 158\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$;
- masse volumique de la solution d'herbicide : $\rho = 1{,}00 \times 10^{3}\ \mathrm{g{\cdot}L^{-1}}$.

Préfixes de la nomenclature en chimie organique

Nombre d'atomes de carbone	5	6	7	8	9	10	11
Préfixe	Pent	Hex	Hept	Oct	Non	Dec	Undec

Matériels et produits mis à disposition :

- agitateur magnétique avec un barreau aimanté ;
- pH-mètre et conductimètre étalonnés ;
- béchers de volumes divers, éprouvettes ($50\ \mathrm{mL}$; $100\ \mathrm{mL}$ et $250\ \mathrm{mL}$), erlenmeyers de volumes divers, burette graduée, fioles jaugées ($50{,}0\ \mathrm{mL}$; $100{,}0\ \mathrm{mL}$ et $200{,}0\ \mathrm{mL}$), pipettes jaugées ($2{,}0\ \mathrm{mL}$; $5{,}0\ \mathrm{mL}$; $10{,}0\ \mathrm{mL}$ et $20{,}0\ \mathrm{mL}$) ;
- solution d'hydroxyde de sodium $\left(\mathrm{Na^{+}(aq)}\ ;\ \mathrm{HO^{-}(aq)}\right)$ de concentration en soluté apporté $C = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$;
- herbicide commercial ;
- eau distillée.

Comparaison d'une mesure avec une valeur de référence

Le résultat d'une mesure est considéré en accord avec une valeur de référence si la valeur du quotient z est inférieure ou égale à 2.

$$z = \frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$$

avec :

- x : la valeur mesurée ;
- x_{ref} : la valeur de référence ;
- $u(x)$: l'incertitude-type associée à la mesure de x.

Pour cette expérience, on considère que la concentration en masse d'acide pélargonique est déterminée avec une incertitude-type $u(c_m) = 1{,}2\ \mathrm{g{\cdot}L^{-1}}$.

Zone de virage de quelques indicateurs colorés

Indicateur coloré	**Zone de virage (pH)**	**Forme acide**	**Forme basique**
Hélianthine	3,2 – 4,4	Rouge	Jaune
Bleu de bromothymol (BBT)	6,0 – 7,6	Jaune	Bleu
Indicateur TA	8,2 – 9,8	Incolore	Rose

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

La solution commerciale d'herbicide est trop concentrée pour pouvoir être titrée directement.

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

La solution diluée ainsi obtenue est notée « solution S ».

On réalise un dosage par titrage acido-basique de l'acide pélargonique contenu dans cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium $\left(\mathrm{Na^+(aq)}\,;\,\mathrm{HO^-(aq)}\right)$.

Protocole expérimental :

- remplir convenablement la burette avec la solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$;
- prélever un volume $V_\mathrm{S} = 5{,}0\ \mathrm{mL}$ de solution S et le verser dans un bécher ;
- placer l'électrode du pH-mètre et ajouter un peu d'eau pour l'immerger ;
- ajouter lentement la solution titrante dans le bécher en notant régulièrement les valeurs du pH.

L'équation de la réaction support du titrage est :

$$\mathrm{C_8H_{17}COOH(aq) + HO^-(aq) \ \rightarrow \ C_8H_{17}COO^-(aq) + H_2O(l)}$$

La courbe obtenue est donnée en **ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q3. Définir l'équivalence d'un titrage.

Q4. Déterminer la valeur du volume V_E d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Faire apparaitre la démarche sur le **document-réponse 2 de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Q5. Exploiter les résultats pour déterminer la concentration C_ap en quantité d'acide pélargonique dans la solution commerciale d'herbicide.

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

Titrage colorimétrique

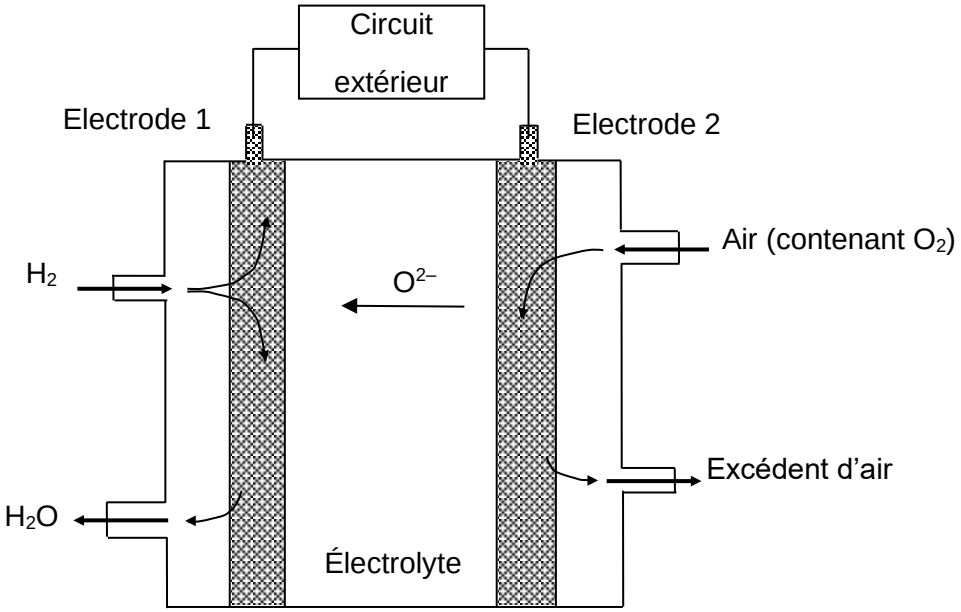
Il est également possible de réaliser un titrage colorimétrique de la solution S à l'aide d'un indicateur coloré.

Q7. Choisir l'indicateur coloré adapté à ce titrage. Justifier.

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

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Document-réponse 1 (exercice 2, question Q7)



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

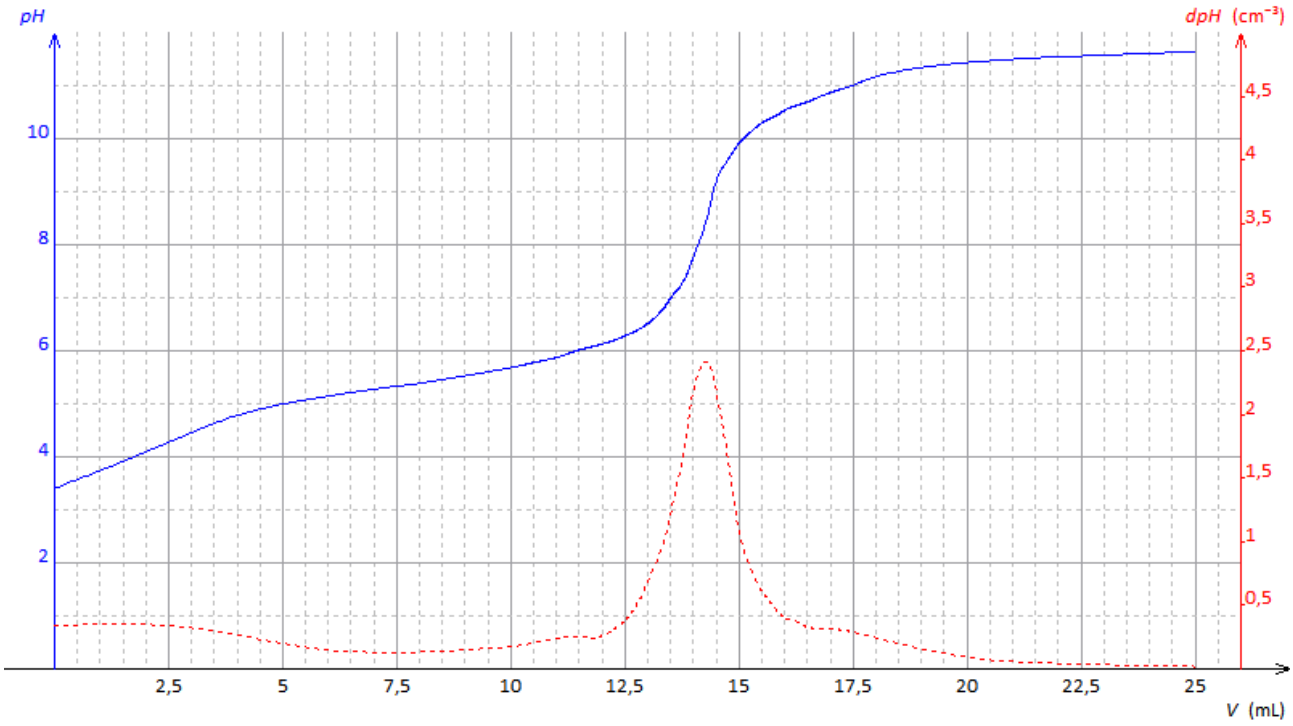
1.2

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Document-réponse 2 (exercice 3, question Q4)

Courbe de titrage de $V_S = 5{,}0\ \text{mL}$ de solution S d'herbicide diluée par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol·L}^{-1}$.

- En trait plein est représentée l'évolution du pH en fonction du volume V de solution d'hydroxyde de sodium versé.
- En pointillés est représentée l'évolution de la dérivée du pH par rapport au volume V en fonction de ce volume V de solution d'hydroxyde de sodium versé.



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2