BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 1

Durée de l'épreuve : 3 h 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 le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13 avec 3 exercices indépendants.

L'annexe page 13/13 est à rendre impérativement avec la copie, même non complétée.

Le candidat traite les 3 exercices.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.

EXERCICE I – Paris 2024 (11 points)

Les Jeux Olympiques de Paris 2024 ont placé l'écologie au cœur de leur organisation, avec pour objectif de réduire de moitié leur empreinte carbone par rapport aux éditions précédentes.
Les parties A, B et C de cet exercice, qui peuvent être traitées séparément, présentent quelques innovations mises en place à cette occasion.

Partie A – La vasque olympique écologique

La lumière de la flamme olympique des jeux de Paris 2024 ne produit aucun gaz à effet de serre car elle est issue de projecteurs LED placés tout autour de la vasque. Cette vasque est soulevée par un ballon gonflé avec de l'hélium.
Dans cette partie, on cherche à modéliser le mouvement d'ascension de cette vasque.

Le site internet aérophile.com présente les caractéristiques du système. Celui-ci est constitué de la vasque, du ballon et de l'hélium, initialement immobile. Son centre de masse G est initialement situé à l'altitude h = 20 m. Il peut s'élever de 60 m. La **Figure 1** ci-dessous, schématise les conditions initiales. On suit le déplacement de G dans un référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère $(O, \vec{k})$. On néglige les forces de frottement de l'air qui s'exercent sur le système lors de son ascension que l'on considère verticale.

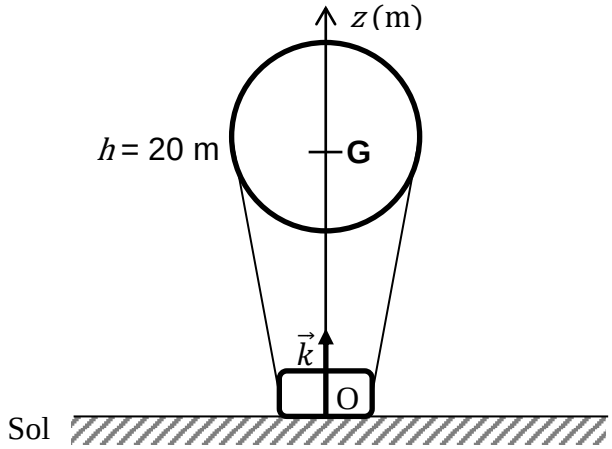


Figure 1 – Conditions initiales du système

Données :
- Masse du système {vasque-ballon-hélium} : $m_S = 2\,200$ kg ;
- Volume d'une sphère de rayon R : $V = \frac{4}{3}\pi R^3$;
- Diamètre du ballon d'hélium : $d = 22{,}0$ m ;
- Intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 9{,}81\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$;
- Masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1{,}3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$;
- On assimile le volume V_S du système à celui du ballon d'hélium.

1. Donner l'expression vectorielle $\vec{F}_P$ de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur le système {vasque-ballon-hélium}.

2. Montrer que la valeur F_P de la poussée d'Archimède est d'environ $7{,}1 \times 10^4$ N.

3. Établir l'expression de la coordonnée $a_z(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G du système dans le repère $(O, \vec{k})$ en fonction de F_P et du poids P.

4. Montrer que l'équation horaire $z(t)$ du centre de masse G du système s'écrit

$$z(t) = \frac{1}{2}\left(\frac{F_{\mathrm{P}} - P}{m_{\mathrm{S}}}\right) t^2 + h$$

Chaque soir d'été, lorsque la météo le permet, le centre de masse G du système s'élève de $60\ \mathrm{m}$ en une minute et demie. Une corde permet d'arrimer le système au sol lorsqu'il atteint sa hauteur maximale.

5. Montrer que la durée de l'ascension du système n'est pas en adéquation avec les hypothèses qui ont permis d'établir l'équation horaire ci-dessus.

Afin d'améliorer le modèle, on prend en compte la tension de la corde qui relie le système au sol. On suppose alors que lors de l'ascension, passé un bref instant de démarrage, le mouvement du système est rectiligne et uniforme et que la valeur de la tension de la corde est constante.

6. Calculer la valeur de la tension de la corde dans le cadre de ce nouveau modèle.
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.

Partie B – Le village écologique des athlètes

Le contexte de réchauffement climatique a soulevé la question du confort thermique pour les JO de Paris 2024.

Les façades des bâtiments du village olympique qui accueillait les athlètes ont été pensées pour apporter de grandes qualités d'isolation. Par ailleurs, ces bâtiments sont équipés d'un plancher refroidissant en été et chauffant en hiver. Ce plancher est alimenté par de l'eau dont la température peut varier de $7°\mathrm{C}$ à $45°\mathrm{C}$. Dans cette partie, on cherche à calculer la température de l'eau circulant dans le plancher pour maintenir une température constante dans un appartement.

Le système étudié est l'air d'un appartement situé dans le village des athlètes. La surface au sol de cet appartement est $S = 48\ \mathrm{m}^2$. Il est situé au deuxième étage, à l'angle d'un immeuble de cinq étages. Il est accessible par une porte donnant sur l'extérieur. Son plan est représenté sur la **Figure 2** ci-dessous.

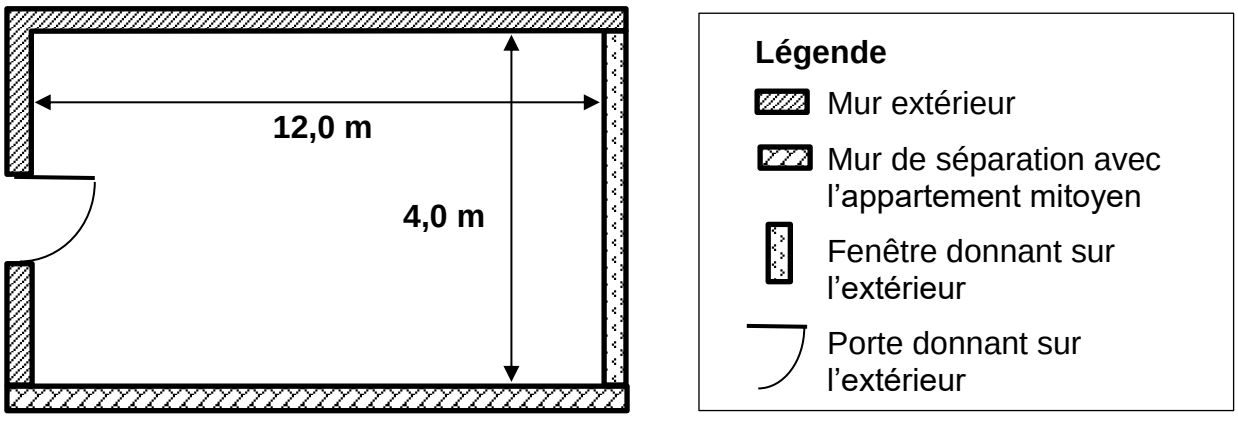


Figure 2 – Plan simplifié de l'appartement considéré

Données :
- Hauteur du plafond : $h = 2{,}50\ \text{m}$;
- Surface de la porte d'entrée : $S_{\text{porte}} = 2{,}10\ \text{m}^2$;
- On suppose que les échanges thermiques avec les appartements au-dessus et en-dessous de l'appartement étudié se compensent ;
- On suppose que l'appartement mitoyen est à la même température que l'appartement étudié ;
- On suppose que le système {air de l'appartement} est incompressible.

L'étude porte sur le plancher en été, quand la température extérieure a pour valeur $32°\text{C}$.
On souhaite maintenir une température du système de $26°\text{C}$ à l'intérieur de l'appartement.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des flux thermiques échangés par le système dans ces conditions :

Flux thermique entrant à travers la porte	Flux thermique entrant à travers la fenêtre en double vitrage	Flux thermique entrant par renouvellement d'air (l'air venant de l'extérieur)	Flux thermique à travers les murs donnant sur l'extérieur
$\Phi_{\text{porte}} = 34{,}0\ \text{W}$	$\Phi_{\text{vitre}} = 270\ \text{W}$	$\Phi_{\text{renouv}} = 245\ \text{W}$	Φ_{mur}

D'après : https://www.thermexcel.com

Φ_{mur} sera calculé grâce au flux thermique par unité de surface $\varphi_{\text{murs}} = 1{,}30\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

On note Φ_{sol} le flux thermique reçu par le système de la part du plancher.

7. Compléter l'**ANNEXE page 13/13, à rendre avec la copie**, en indiquant par des flèches le sens des flux thermiques échangés par le système et en les nommant.

8. Montrer que la surface des murs donnant sur l'extérieur est d'environ $S_{\text{murs}} = 37{,}9\ \text{m}^2$ puis en déduire que le flux thermique à travers les murs donnant sur l'extérieur a pour valeur environ $\Phi_{\text{murs}} = 49{,}3\ \text{W}$.

9. Donner la relation qui existe entre les flux thermiques échangés par le système à l'équilibre thermique.

10. Montrer que, pour le système, $\Phi_{\text{sol}} = -600\ \text{W}$ environ et justifier que Φ_{sol} est négatif.

Le flux thermique échangé par le système avec le plancher a pour expression :

$$\Phi_{\text{sol}} = A\,S\left(\theta_{\text{eau}} - \theta_{\text{système}}\right)$$

Dans cette expression :
- A est le coefficient d'échange entre l'eau circulant dans le plancher et le système ;
- S est la surface au sol de cet appartement ;
- θ_{eau} est la température de l'eau circulant dans le plancher refroidissant ;
- $\theta_{\text{système}}$ est la température du système.

Dans la situation étudiée dans cet exercice, le coefficient d'échange est $A = 6{,}5\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot °\text{C}^{-1}$ et $S = 48\ \text{m}^2$.

11. En déduire la température θ_{eau} de l'eau circulant dans le plancher refroidissant.

Partie C – Se déplacer sans émettre de gaz à effet de serre

Pour se déplacer à Paris durant les jeux en limitant l'empreinte carbone, il est possible d'utiliser un vélo à assistance autonome Pi Pop®. Ce vélo utilise une association de supercondensateurs pour stocker l'énergie ; le système est rechargeable en pédalant ou lors du freinage. Dans cette partie, on cherche à connaître le nombre de supercondensateurs utilisés dans ce vélo.

Données :
- Chaque supercondensateur a une capacité $C_1 = 430\ \mathrm{F}$;
- L'ensemble des supercondensateurs est assimilé à un supercondensateur équivalent de capacité C ;
- La résistance du circuit de charge du supercondensateur équivalent est $R = 3{,}0\ \mathrm{m\Omega}$;
- La tension de charge du supercondensateur équivalent est $E = 3{,}0\ \mathrm{V}$.

12. Donner l'ordre de grandeur de la capacité d'un condensateur usuel et justifier l'appellation de supercondensateurs pour ceux utilisés sur le Pi Pop®.

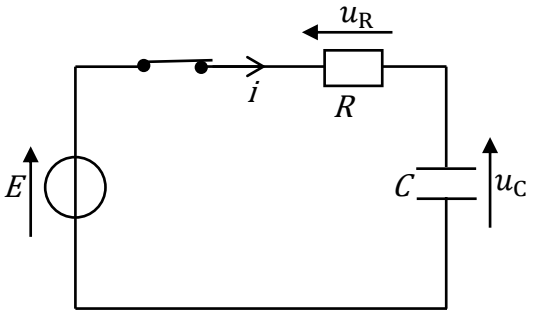


Figure 3 – Schéma illustrant le principe de la charge du supercondensateur équivalent

13. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du supercondensateur équivalent lors de sa charge dans le montage de la **Figure 3** ci-dessus.

On considère que le supercondensateur équivalent est initialement déchargé.

14. Montrer que cette équation différentielle admet pour solution $u_C(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$.

15. Après avoir rappelé l'expression du temps caractéristique τ, montrer que le supercondensateur équivalent est chargé à 63 % au bout d'une durée de charge égale à τ.

16. Justifier l'intérêt de l'utilisation d'une résistance R très faible dans ce circuit de charge.

L'extrait du code en langage Python présenté ci-dessous permet de simuler la charge du supercondensateur équivalent et de calculer la tension u_C au cours du temps.

```
1  import numpy as np
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  from matplotlib.ticker import MultipleLocator
4
5  # Paramètres exprimés dans les unités du système international
6  ....
7  ....
8  ....
9
10 # Création des valeurs du temps
11 t_max = 150   # Temps maximal en secondes
12 t = np.linspace(0, t_max, 1000)  # Valeurs du temps, 1000 valeurs entre 0 et t_max
13
14 # Création du graphique
15 fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 6))
16
17 # Calcul de u_C pour différentes valeurs de N
18 for N in range (12,35,6):
19     # Tension aux bornes du condensateur en fonction du temps
20     u_C = E * (1 - np.exp(-t / (R*N*C_1)))
```

Dans ce code :
- la bibliothèque numpy, nommée ici np, permet d'accéder à la fonction exponentielle par l'instruction np.exp ;
- la boucle « for » permet de réaliser la simulation pour différentes valeurs du nombre N de supercondensateurs associés les uns aux autres.

17. En exploitant la ligne 20 de ce code, identifier les trois paramètres différents de N à définir pour exécuter cette simulation.

18. Écrire les lignes 6, 7 et 8 de ce code qui permettent de donner les valeurs de ces paramètres.

Les courbes obtenues lors de l'exécution de ce code sont représentées sur l'**ANNEXE page 13/13, à rendre avec la copie**.

Lors de la charge du supercondensateur équivalent de ce vélo, la tension u_C atteint 90 % de la tension maximale en environ 55 s.

19. En faisant apparaître clairement la démarche sur l'**ANNEXE page 13/13, à rendre avec la copie**, déterminer graphiquement le temps caractéristique τ.

L'association des supercondensateurs utilisés pour ce vélo est telle que la capacité C du supercondensateur équivalent est égale à la somme des capacités de chacun des supercondensateurs.

20. Calculer le nombre de supercondensateurs de capacité C_1 utilisés pour ce vélo.

EXERCICE II – La médaille d'or (4 points)

Qu'ont en commun Aurélie AUBERT et Léon MARCHAND ? Tous deux ont gagné une, voire, plusieurs médailles d'or lors des Jeux Olympiques et Paralympiques de PARIS 2024.



D'après le site https://www.lemondedesartisans.fr/

Les médailles d'or des Jeux Olympiques et Paralympiques de PARIS 2024 sont composées de 92,5 % d'argent recouvert d'au moins $6{,}0\ \text{g}$ d'or et d'un authentique morceau de fer de la Tour Eiffel. L'or utilisé est 100 % recyclé, conformément aux directives du Comité International Olympique.

Les parties A et B de cet exercice peuvent être traitées séparément.

Partie A – Recyclage de l'or des déchets électroniques

On peut récupérer de l'or en traitant des déchets électroniques, par exemple de vieux téléphones. Ce traitement est réalisé à base d'eau régale.

L'eau régale est un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique concentrés. Elle est capable de dissoudre certains métaux tels que le platine, l'or ou le tantale, métaux pourtant insolubles dans ces deux acides seuls ou dans d'autres acides concentrés.

D'après Wikipédia

L'acide chlorhydrique et l'acide nitrique sont des acides forts dans l'eau. L'acide nitrique est, de plus, un oxydant.

Dans cette partie, on cherche à connaître la quantité d'or pouvant être récupérée par une solution donnée d'eau régale.

1. Définir les deux termes « acide fort » et « oxydant ».

2. Donner les formules des ions présents dans une solution d'eau régale.

La transformation chimique entre l'or métallique et une solution d'eau régale peut être modélisée par l'équation de réaction suivante :

$$\text{Au(s)} + \text{NO}_3^-\text{(aq)} + 4\text{H}^+\text{(aq)} + 4\,\text{Cl}^-\text{(aq)} \rightarrow \text{AuCl}_4^-\text{(aq)} + \text{NO(g)} + 2\,\text{H}_2\text{O}(\ell)$$

On prépare un volume $V = 100\ \text{mL}$ d'une solution S d'eau régale en mélangeant, avec précaution, 25 mL d'acide nitrique à 68 % en masse et 75 mL d'acide chlorhydrique à 37 % en masse.
La quantité de matière d'ions nitrate dans cette solution *S* est $n(\text{NO}_3^-) = 0{,}38\ \text{mol}$.

Données :
- Masse molaire de l'or : $M(\mathrm{Au}) = 197{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$
- Acide nitrique à 68 % en masse
  - Masse molaire de $\mathrm{HNO_3}$: $63{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$
  - Densité de la solution à 68 % : $d_{\mathrm{HNO_3}} = 1{,}41$
- Acide chlorhydrique à 37 % en masse
  - Masse molaire de HCl : $36{,}5\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$
  - Densité de la solution à 37 % : $d_{\mathrm{HCl}} = 1{,}18$
- Masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\mathrm{H_2O}} = 1\,000\ \mathrm{g \cdot L^{-1}} = 1\,000\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$

3. Montrer que la quantité de matière d'ions chlorure dans la solution S est $n(\mathrm{Cl^-}) = 0{,}90\ \mathrm{mol}$ environ.

4. Montrer que la masse maximale d'or pouvant être extraite par les $100\ \mathrm{mL}$ de solution S d'eau régale est de $44\ \mathrm{g}$. On considère les ions hydrogène $\mathrm{H^+}$ en excès.

Partie B – Dépôt de l'or sur une médaille

L'or recyclé est déposé sur le cœur en argent de la médaille par une électrolyse schématisée sur la **Figure 1** ci-dessous.
Dans cette partie on cherche à déterminer la durée de l'électrolyse nécessaire pour réaliser le dépôt d'or.

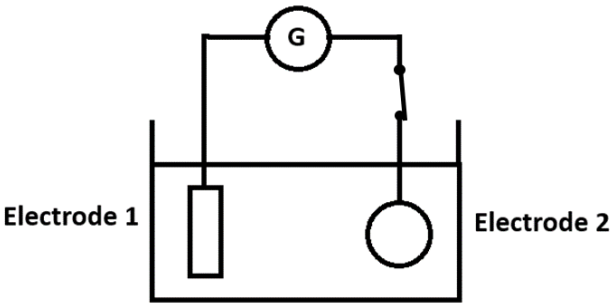


Figure 1 – Schéma simplifié du dispositif de l'électrolyse

Ce dispositif d'électrolyse est constitué :
- d'un électrolyte, solution contenant notamment des ions $\mathrm{Au^{3+}(aq)}$ dans laquelle plongent les deux électrodes ;
- d'une électrode 1 en inox (électrode inerte) ;
- d'une électrode 2 correspondant à la médaille sur laquelle de l'or se dépose ;
- d'un générateur de tension continue.

Données :
- Masse molaire de l'or : $M(\mathrm{Au}) = 197{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$;
- Densité de l'or : $d = 19{,}3$;
- Constante de Faraday (produit de la constante d'Avogadro par la charge élémentaire) $F = N_{\mathrm{A}}\ e = 96\,500\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$;
- Couple d'oxydo-réduction : $\mathrm{Au^{3+}(aq)/Au(s)}$.

5. Écrire la demi-équation électronique traduisant la réaction électrochimique de dépôt d'or $\mathrm{Au(s)}$ sur la médaille. Préciser s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

6. Recopier le schéma de la **Figure 1 en page 8/13** sur la copie et faire apparaître :
- le sens de déplacement des électrons ;
- le sens conventionnel du courant électrique ;
- les bornes positive et négative du générateur.

Données :
- Surface recouverte d'or sur la médaille : $S = 1{,}25 \times 10^{-2}\mathrm{m}^2$
- D'après le site du Comptoir universel de l'or : « L'épaisseur d'or de la médaille fait 25 µm ».

7. Montrer que la masse d'or déposée sur la médaille est conforme à la masse minimale indiquée dans l'introduction de l'exercice.

Dans la suite de l'exercice, on suppose que le courant électrique circulant lors de l'électrolyse est constant et a une valeur $I = 1{,}2\ \mathrm{A}$.

8. Estimer, dans ces conditions, la durée nécessaire au dépôt de $6{,}0\ \mathrm{g}$ d'or sur une médaille.

EXERCICE III – La boisson du sportif (5 points)

Lors des entraînements ou des compétitions, les sportifs doivent s'hydrater convenablement pour compenser non seulement les pertes d'eau et de sels minéraux dues à une forte transpiration, mais aussi à un épuisement progressif de leurs réserves énergétiques.



Par conséquent, la boisson utilisée doit être composée d'eau et de nutriments (glucides et sels minéraux).

L'étude proposée porte sur la boisson de réhydratation obtenue par dissolution d'un comprimé d'Hydratis® dont on souhaite vérifier la teneur en ions chlorure.

Composant	Ion potassium	Ion magnésium	Ion sodium	Ion chlorure	Sucre assimilé à du saccharose
Masse dans un comprimé (mg)	150	32,5	58	90	1800
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	40,0	24,3	23,0	35,5	342

Source http://www.hydratis.co/

Figure 1 – Composition principale d'un comprimé de Hydratis®

On se propose de vérifier par titrage conductimétrique la masse des ions chlorure présents dans un comprimé de la boisson de réhydratation étudiée.

Protocole expérimental du titrage de la boisson de réhydratation par conductimétrie :

Préparation de la solution S'

Dans une fiole jaugée, on dissout un comprimé Hydratis® dans de l'eau distillée afin d'obtenir une solution S de volume $V_0 = 100{,}00\ \mathrm{mL}$ et de concentration en quantité de matière en ions chlorure notée C.

Puis, à l'aide d'une pipette jaugée, on prélève $20{,}00\ \mathrm{mL}$ de cette solution S que l'on dilue, dans une fiole jaugée, pour obtenir $100{,}00\ \mathrm{mL}$ d'une solution fille S'. La concentration en quantité de matière en ions chlorure est alors notée C'.

Titrage de la solution S'

À l'aide d'une pipette jaugée, on prélève un volume $V_2 = 20{,}00\ \mathrm{mL}$ de la solution S' que l'on introduit dans un bécher.

À l'aide d'une éprouvette graduée, on ajoute $200\ \mathrm{mL}$ d'eau distillée.

On réalise ensuite le titrage en mesurant la conductivité après chaque ajout d'une solution titrante de nitrate d'argent ($Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$) de concentration $C_1 = (1{,}00 \pm 0{,}03) \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

On note V_1 le volume de solution de nitrate d'argent versé.

Les ions argent forment avec les ions chlorure un précipité de chlorure d'argent $AgCl(s)$. L'équation de la réaction de précipitation s'écrit :

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \leftrightharpoons AgCl(s)$$

Les parties A et B de cet exercice peuvent être traitées séparément.

Partie A – Étude de la réaction de titrage

Dans cette partie, on s'intéresse au système chimique obtenu dès que la première goutte de solution titrante est versée. On considère ici que les données du fabricant indiquées sur la **Figure 1 en page 10/13** sont correctes.

1. Calculer, à partir de la composition principale d'un comprimé de Hydratis® donnée sur la **Figure 1 en page 10/13,** la concentration en quantité de matière C' des ions chlorure dans la solution S'.

2. Donner l'expression du quotient de réaction dans l'état initial Q_{ri} en fonction des concentrations des espèces présentes dans l'état initial.

Données :
- Volume d'une goutte de solution aqueuse : $V_{\text{goutte}} = 0{,}050\ \text{mL}$;
- Constante d'équilibre de la réaction de précipitation : $K = 5{,}6 \times 10^{9}$.

3. Montrer que les concentrations initiales en quantités de matière des ions chlorure et des ions argent lorsque l'on verse une première goutte de solution titrante sont :

$$[\text{Cl}^-]_i = 4{,}6 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \text{et} \quad [\text{Ag}^+]_i = 2{,}3 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. Montrer que le précipité se forme dès la première goutte de solution titrante versée.

Partie B – Titrage des ions chlorure dans la boisson de réhydratation

La transformation de précipitation peut être considérée totale, la réaction support du titrage s'écrit donc : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(s)$

La réalisation du titrage permet d'obtenir le graphe donné sur la **Figure 2** ci-dessous :

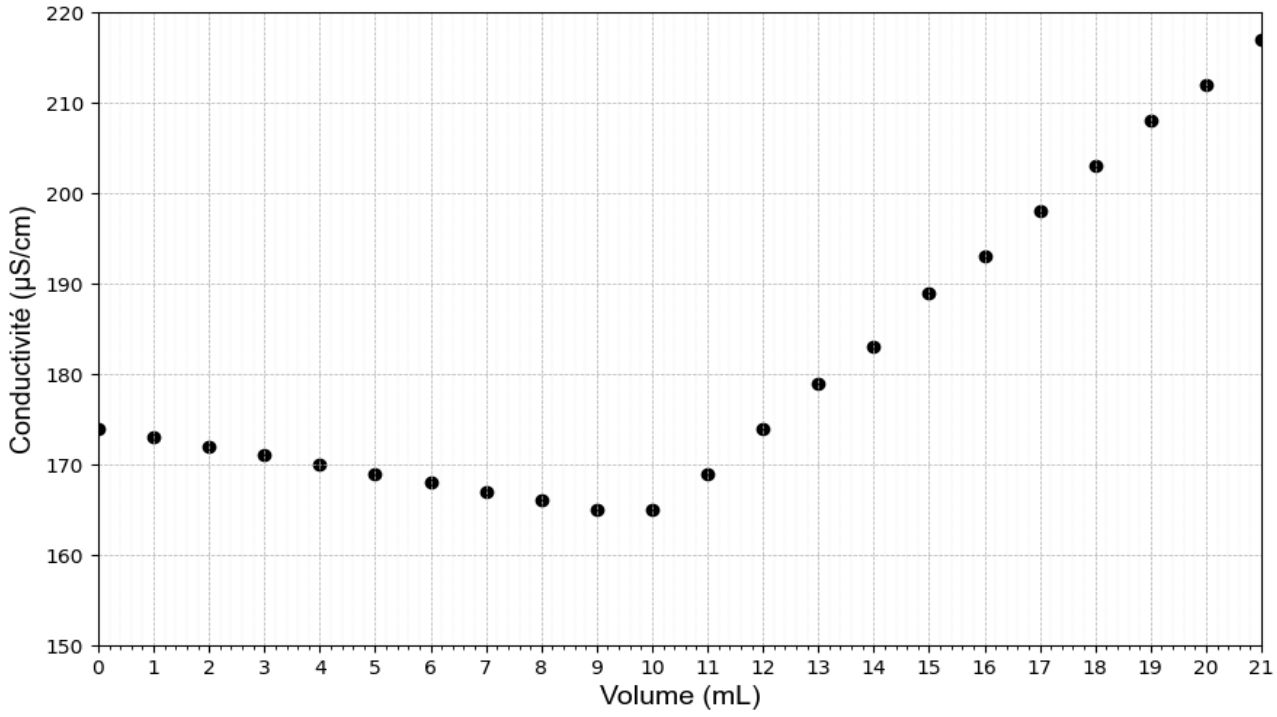


Figure 2 – Représentation graphique de la conductivité σ du mélange contenu dans le bécher en fonction du volume versé de solution titrante de nitrate d'argent

Donnée : Valeurs de la conductivité ionique molaire λ à 25 °C :

Ions	Potassium K^+	Chlorure Cl^-	Magnésium Mg^{2+}	Sodium Na^+	Argent Ag^+	Nitrate NO_3^-
λ en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$	7,35	7,63	10,6	5,01	6,19	7,14

5. Justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide des conductivités ioniques molaires.

6. Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la valeur du volume V_{1E} de solution titrante versée à l'équivalence du titrage.

7. Établir l'expression littérale de la concentration en quantité de matière en ions chlorure C' de la solution S' en fonction de C_1, V_{1E} et V_2.

8. Montrer que la concentration en quantité de matière C en ions chlorure de la solution S est d'environ $2{,}5 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$.

9. En déduire la masse m des ions chlorure contenue dans le comprimé de Hydratis®.

Données :

- Valeurs de quelques incertitudes-type :

Verrerie	Bécher 100 mL	Éprouvette graduée 100 mL	Fiole jaugée 100 mL	Éprouvette graduée 25 mL	Pipette graduée 20 mL	Pipette jaugée 20 mL
Incertitude-type u	5 mL	0,4 mL	0,06 mL	0,2 mL	0,06 mL	0,02 mL

- L'incertitude-type $u(m)$ associée à la masse en ions chlorure trouvée précédemment est :

$$u(m) = m\sqrt{\left(\frac{u(C_1)}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{1E})}{V_{1E}}\right)^2 + 2\left(\frac{u(V_2)}{V_2}\right)^2 + 2\left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2}$$

avec $u(V_{1E}) = 0{,}2$ mL.

- Le résultat d'une mesure X est considéré en accord avec une valeur de référence $X_{réf}$ si la valeur de l'écart normalisé $\frac{|X - X_{réf}|}{u(X)}$ est inférieur ou égale à 2, avec $u(X)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée.
- Le rapport $\frac{u(X)}{X}$ est appelé incertitude-type relative sur X.
  On admet qu'une incertitude-type relative est négligeable devant une autre si elle est au moins dix fois plus faible que l'autre.

10. Montrer que les incertitudes-type relatives sur V_2 et V_0 sont négligéables devant celles sur C_1 et V_{1E}. En déduire une expression simplifiée de $u(m)$.

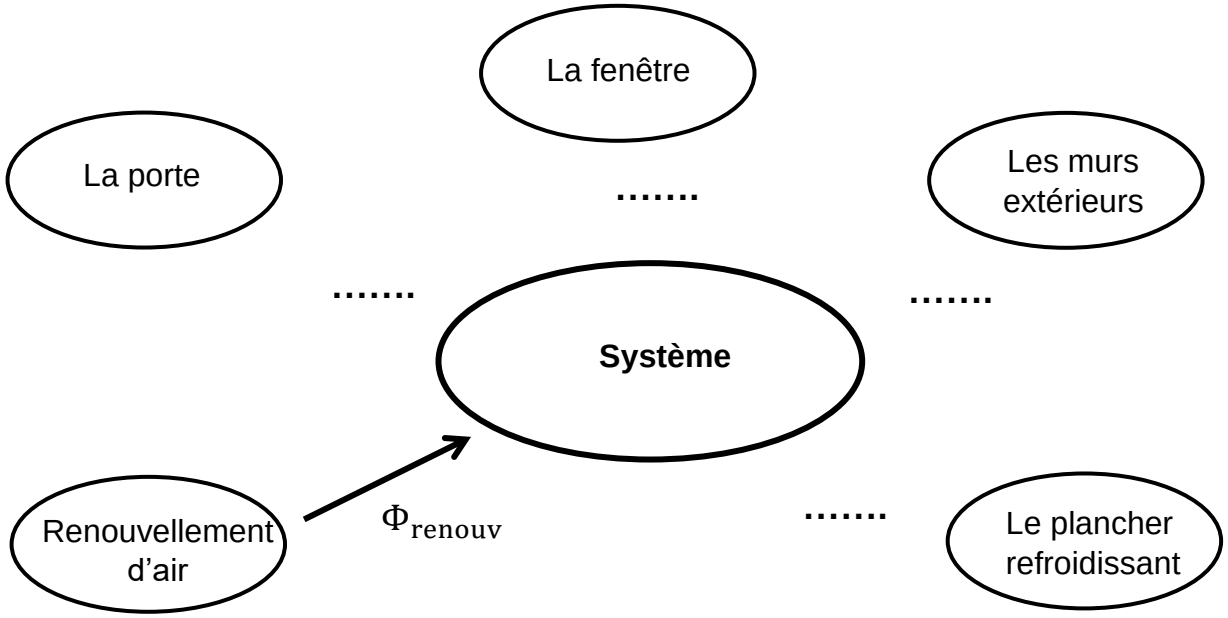
11. Vérifier, à l'aide de l'écart normalisé, que la masse trouvée est en accord avec la composition indiquée dans la **Figure 1 en page 10/13** sur le tube de Hydratis®.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE
(même non complétée)

EXERCICE I – Paris 2024 (11 points)

Partie B – Le village écologique des athlètes

Question 7



Partie C – Se déplacer sans émettre de gaz à effet de

