BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Physique-Chimie et Mathématiques

ÉPREUVE DU MARDI 8 SEPTEMBRE 2026

Durée de l'épreuve : **3 heures**

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.

PHYSIQUE-CHIMIE ..... 14/20 points
MATHÉMATIQUES ..... 6/20 points

EXERCICE 1 (4,5 points)

(Physique-chimie et mathématiques)

Caractéristiques d'une pompe à chaleur



Une famille souhaite chauffer sa maison avec une pompe à chaleur (PAC) air/eau afin de réduire sa consommation d'énergie due au chauffage électrique. On note T_{ext} la température extérieure. On suppose que la température à l'intérieur de la maison T_{int} est maintenue constante et égale à 20°C, grâce à la PAC.

L'objectif de cet exercice est d'étudier les performances de la PAC en fonction de la température extérieure.

Coefficient de performance

Le COP, ou coefficient de performance, est le rapport entre énergie thermique produite et énergie électrique consommée. Par exemple, une PAC avec un COP égal à 3 produira 3 kWh d'énergie thermique pour 1 kWh d'énergie électrique consommée.

Le COP dépend de la température extérieure. Dans cet exercice, on considèrera que sur l'intervalle de température [5°C ; 20°C], le COP suit une fonction affine telle que :

$$COP = a + bT_{ext}$$

avec a = 2,8 et b = 4,0 × 10^{-2} °C^{-1}.

1. Calculer le COP pour une température de 15°C.

2. Pour une température de 5°C, le COP est de 3,0. Commenter.

Coût d'utilisation de la PAC

La puissance thermique produite pour chauffer la maison se calcule grâce à la relation

$$P_{th} = H \times (T_{int} - T_{ext})$$

avec H, le coefficient d'échange tel que H = 180 W·°C^{-1}

3. Pour une température extérieure de 15°C, calculer la puissance thermique produite P_{th}.

La puissance électrique consommée P_{elec} est liée à la puissance thermique produite par la relation :

$$P_{elec} = \frac{P_{th}}{COP}$$

4. Calculer la puissance électrique P_{elec} consommée pour une température extérieure de 15°C.

5. Rappeler la relation entre l'énergie électrique consommée E_{elec}, la puissance électrique consommée P_{elec} et la durée Δt. Préciser les unités.

6. Pour la température extérieure de 15°C, montrer que l'énergie électrique E_{elec} consommée pendant 6,0 h d'utilisation est proche de 1,6 kWh.

On considère que 1 kWh coûte 0,22 €.

7. Déterminer le coût de la consommation d'électricité dans ce cas.

À titre de comparaison, les grandeurs précédentes ont été calculées pour une température de 5°C et sont regroupées dans le tableau ci-après :

T_{ext} (°C)	COP	P_{th} (kW)	P_{elec} (kW)	E_{elec} (kWh)	Coût (€)
5°C	3,0	2,7	0,90	5,4	1,2

8. Indiquer l'influence de la température extérieure sur le coût d'utilisation de la PAC.

Soit T la température extérieure, en °C.

On note désormais p la puissance électrique consommée en W.

On admet que la fonction p est définie pour tout $T \in [5\,;20]$ par :

$$p(T) = \frac{3600-180T}{2{,}8+0{,}04T}\,.$$

On admet que la fonction p est dérivable sur $[5\,;20]$ et on note p' sa dérivée.

9. Montrer que, pour tout T de $[5\,;20]$, on a $p'(T) = \dfrac{-648}{(2{,}8+0{,}04T)^2}$.

10. Déterminer le sens de variation de la fonction p sur l'intervalle $[5\,;20]$.

11. Indiquer si le résultat de la question précédente est en accord avec la variation de la puissance P_{elec} consommée entre 5°C et 15°C.

EXERCICE 2 (5,5 points)

(Physique-chimie)

L'énergie intermittente en question

L'un des défis actuels de la production d'énergie électrique est le remplacement des sources d'énergie fossile par des sources d'énergie décarbonée, par exemple en produisant de l'énergie électrique avec des éoliennes.

Cependant cette production présente l'inconvénient d'être intermittente car elle dépend de la vitesse du vent : un manque de vent entraine un arrêt de la production alors qu'un vent trop fort contraint à arrêter l'éolienne pour des raisons de sécurité. Un vent de 70 à 80 km/h permet un fonctionnement optimal mais, si cela se produit à une période de faible consommation, une fraction de l'énergie est transmise au réseau électrique alors que le reste est perdu, faute de moyens de stockage.

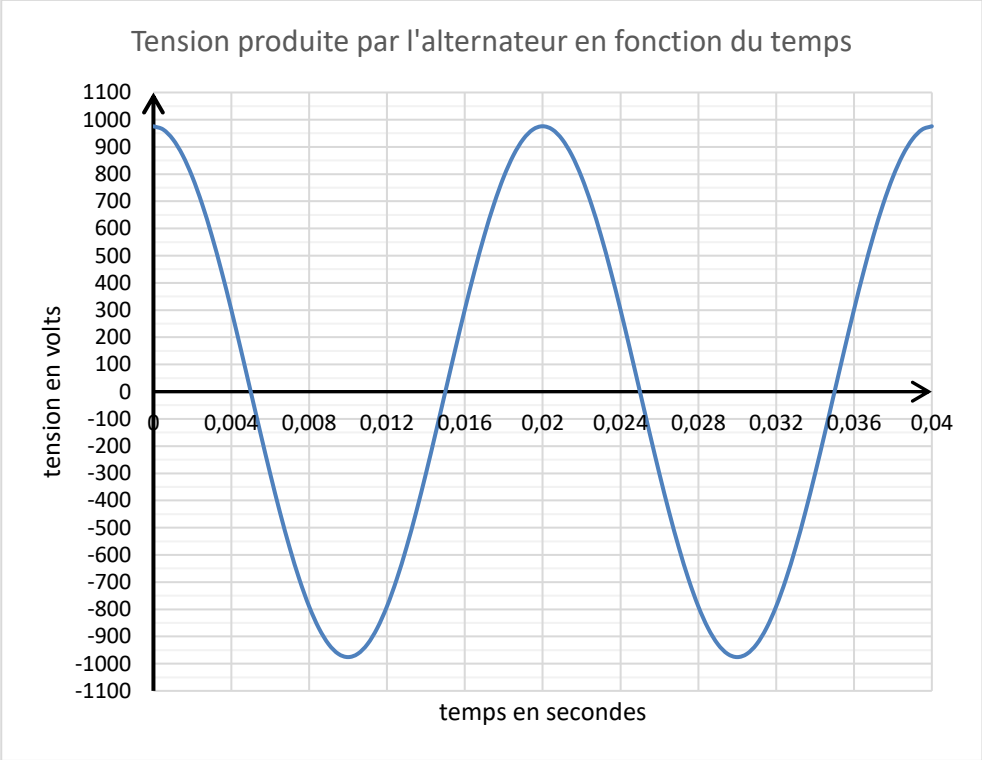
La recherche actuelle développe des solutions afin de stocker cette énergie électrique trop abondante sous une forme chimique : le dihydrogène.

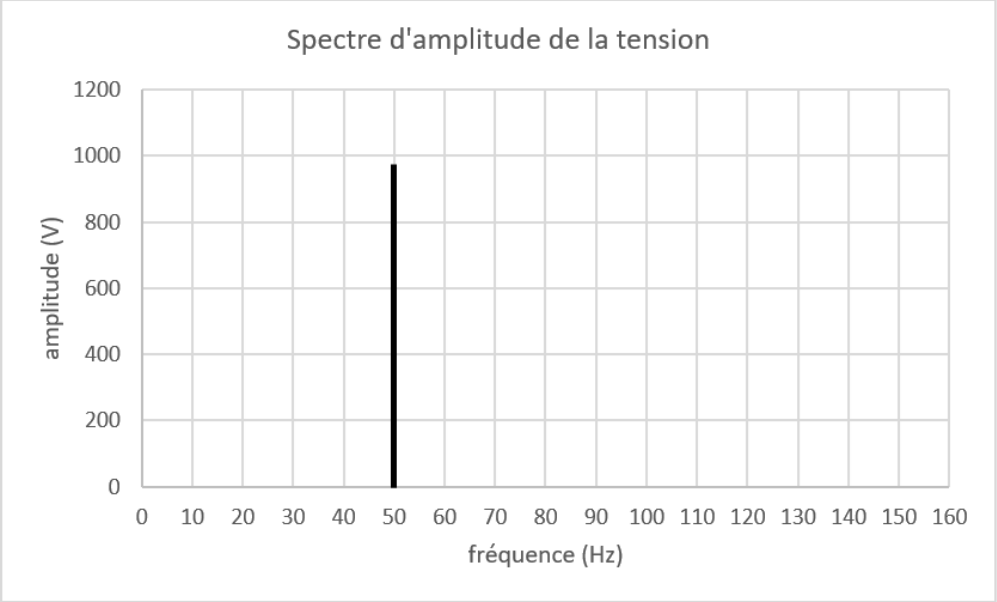
Cet exercice possède deux parties indépendantes :

- la première partie s'intéresse à l'énergie électrique produite par l'éolienne ;
- la deuxième partie concerne les défis du stockage de l'énergie électrique par électrolyse.

Partie 1 : la tension électrique produite par l'éolienne

Un technicien chargé de la maintenance de l'éolienne vérifie son bon fonctionnement électrique. La tension produite par l'alternateur de l'éolienne en fonction du temps est représentée ci-après ainsi que son spectre d'amplitude.





1. Vérifier, en expliquant la démarche, que la tension efficace fournie par l'alternateur est proche de 690 V.

2. Déterminer la fréquence de cette tension en expliquant la méthode utilisée.

Pour que l'énergie produite par l'éolienne soit injectée dans le réseau, la tension produite doit être sinusoïdale.

3. Justifier que la tension est bien sinusoïdale.

À la sortie de l'alternateur, cette tension efficace de 690 V est élevée à 20,0 kV par un transformateur afin d'être injectée dans le réseau électrique.

4. Calculer le rapport de transformation m du transformateur employé.

5. Indiquer l'effet de cette élévation de tension sur l'intensité du courant en sortie du transformateur. Justifier votre réponse.

6. Justifier l'intérêt d'utiliser un transformateur élévateur de tension pour le transport à grande distance de l'énergie électrique produite par l'éolienne.

Partie 2 : stockage de l'énergie intermittente

Un système de « stockage-déstockage » de l'énergie fournie en surplus par les éoliennes a été développé sur le principe d'un électrolyseur qui produit du dihydrogène pouvant être stocké. Celui-ci peut ensuite être utilisé pour alimenter une pile à combustible qui produira de l'énergie électrique selon les besoins.

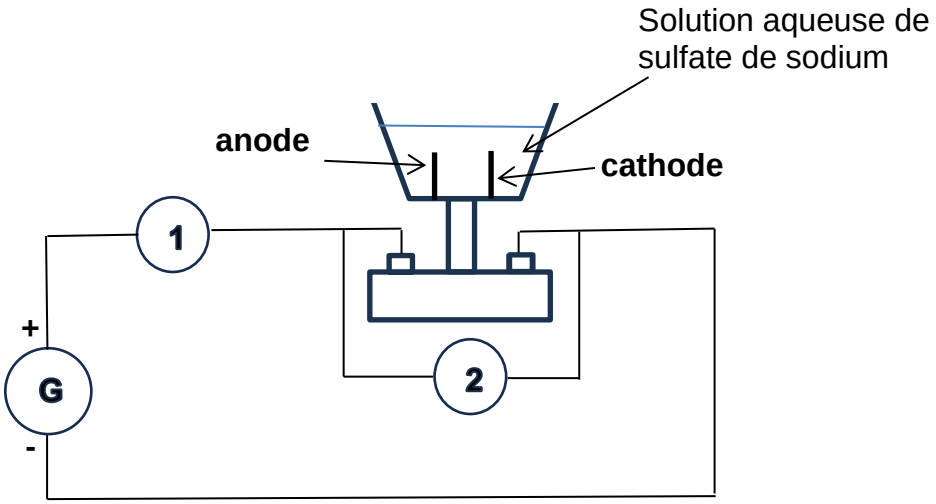
Expérimentation en classe

Au cours d'une séance expérimentale, un groupe d'élèves étudie le fonctionnement d'un électrolyseur afin d'en déterminer le rendement.

L'électrolyseur est un convertisseur d'énergie constitué d'une cuve que l'on remplit avec une solution aqueuse conductrice et de deux électrodes que l'on peut connecter à un générateur électrique de tension continue.

Lors du passage du courant dans l'électrolyseur rempli d'une solution aqueuse ionique, des transformations chimiques ont lieu aux électrodes produisant du dioxygène (O_2) à l'anode et du dihydrogène (H_2) à la cathode.

Les élèves utilisent un générateur électrique permettant d'alimenter l'électrolyseur, ils mesurent la tension aux bornes de celui-ci avec un voltmètre et l'intensité du courant dans le circuit grâce à un ampèremètre. Le montage expérimental est schématisé ci-dessous.



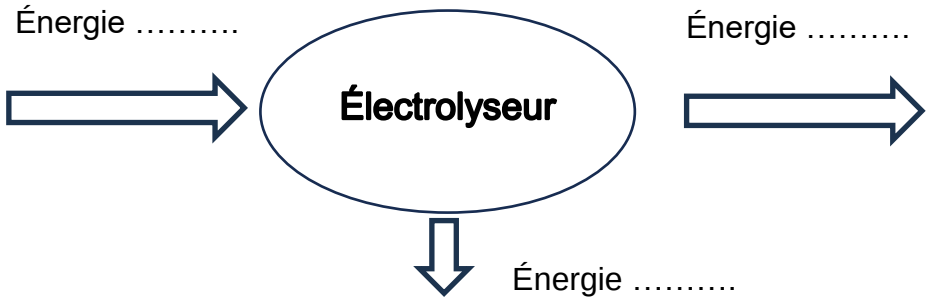
Afin de déterminer le rendement de l'électrolyseur, les élèves réalisent une électrolyse à courant et tension constants et ils notent la durée nécessaire pour former 5,00 mL de dihydrogène.

Ils obtiennent les mesures suivantes :

- tension aux bornes de l'électrolyseur : U = 5,08 V
- intensité du courant : I = 0,130 A
- durée nécessaire pour former 5,00 mL de dihydrogène : Δt = 5 min 31 s

7. Indiquer le nom des appareils de mesure à placer sur chacune des positions 1 et 2 et préciser les grandeurs mesurées.

8. Recopier sur votre copie et compléter le schéma énergétique représentant la transformation effectuée par l'électrolyseur.



9. Exprimer l'énergie reçue E_r par l'électrolyseur en fonction de U, I et Δt puis montrer que sa valeur est proche de 220 J.

Grâce aux données de l'expérience, les élèves déterminent que l'électrolyseur convertit l'énergie reçue en une énergie utile E_u égale à 125 J.

10. Exprimer puis calculer le rendement expérimental η_{exp} de cet électrolyseur.

Le rendement de référence de l'électrolyseur utilisé lors de la séance est de 65 %.

L'incertitude-type sur le rendement de l'électrolyseur est notée $u(\eta)$ et vaut 5 % . Le nombre z d'incertitudes-types qui sépare le rendement de référence η_{ref} et le rendement expérimental η_{exp} est donné par la relation :

$$z = \frac{|\eta_{ref} - \eta_{exp}|}{u(\eta)}$$

11. Calculer la valeur de z.

12. Vérifier la compatibilité du rendement expérimental déterminé par les élèves avec le rendement de référence.

Amélioration du dispositif de stockage

La filière hydrogène est considérée comme prometteuse pour l'avenir. Jusqu'à présent, la production de dihydrogène reposait principalement sur la transformation du pétrole (90%) ou sur l'électrolyse de l'eau utilisant l'électricité du réseau (10%), souvent coûteuse et non totalement décarbonée.

13. Discuter de l'intérêt de la production de dihydrogène grâce à une énergie intermittente comme celle produite par une éolienne.

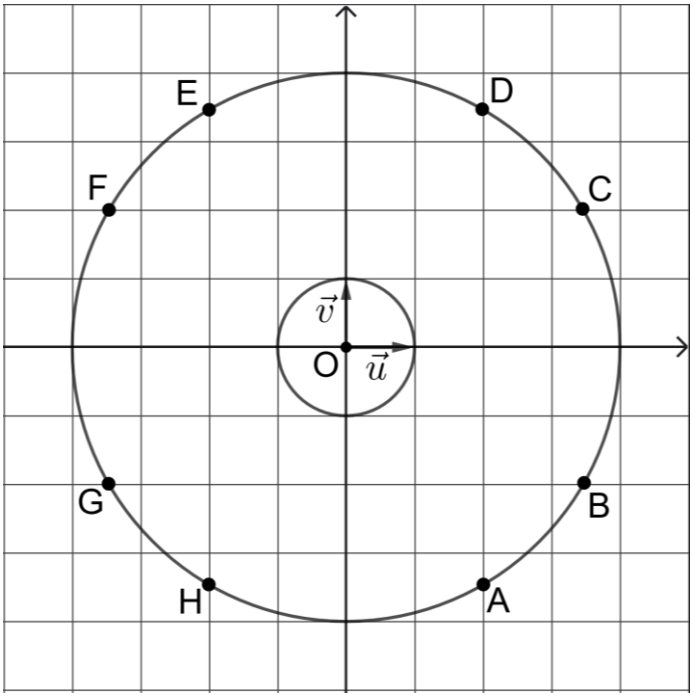
EXERCICE 3 (4 points)

(Mathématiques)

Dans cet exercice, les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Question 1

Pour cette question, aucune justification n'est attendue.
Le plan complexe est muni d'un repère orthonormé $(\mathrm{O}\,;\vec{u},\vec{v})$ représenté ci-dessous.



Les cercles tracés ont pour centre O, origine du repère, et pour rayons respectifs 1 et 4.
Le point A d'abscisse 2 appartient au cercle de centre O et de rayon 4.
Les points B, C, D, E, F, G et H appartiennent également au cercle de centre O et de rayon 4.
On note z_{A} l'affixe du point A.

1. Donner le module du nombre complexe z_{A}.

2. Déterminer graphiquement un argument du nombre complexe z_{A}.

3. En déduire une forme exponentielle du nombre complexe z_{A}.

4. À l'aide de la représentation graphique ci-dessus, donner le point image du point A par la rotation de centre O et d'angle $\frac{3\pi}{2}$.

Question 2

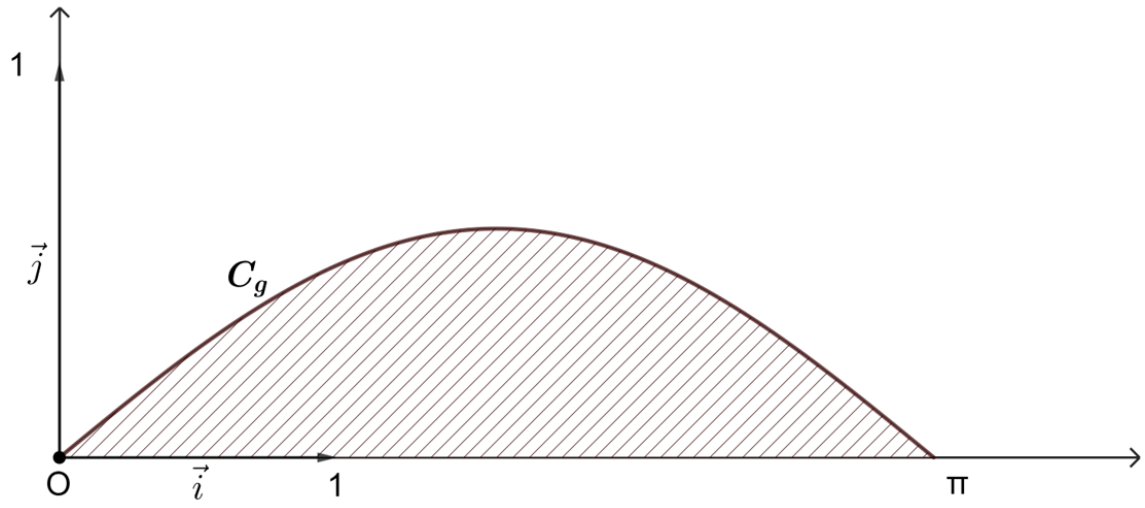
On considère la fonction f définie pour tout réel x par $f(x) = 40\mathrm{e}^{-2x} - 7$.
On admet que f est dérivable sur $\mathbb{R}$ et on note f' la fonction dérivée de f.

1. Montrer que $f'(x) = -80\mathrm{e}^{-2x}$ pour tout x appartenant à $\mathbb{R}$.

2. On considère l'équation différentielle **(E)** : $y' = -2y + b$ où b est une constante réelle.
   Déterminer la valeur du réel b telle que la fonction f soit une solution de l'équation **(E)**.

Question 3

On considère la fonction g définie sur $[0\,;\pi]$ par $g(x) = \frac{1}{\sqrt{3}}\sin(x)$.
On admet que g est positive et dérivable sur $[0\,;\pi]$.
Dans le repère orthogonal $(O; \vec{\imath}, \vec{\jmath})$ ci-dessous, $\mathcal{C}_g$ désigne la courbe représentative de g.



On note I l'aire du domaine hachuré ci-dessus, exprimée en unité d'aire.

1. Écrire I sous la forme d'une intégrale.

2. Montrer que $I = \frac{2}{\sqrt{3}}$. On détaillera les étapes de calcul.

EXERCICE 4 (6 points)

(Physique-chimie)

Pile nucléaire au carbone 14 : une énergie (presque) éternelle ?



En 2024, des scientifiques de l'Université de Bristol et de l'Autorité Britannique de l'Énergie Atomique ont mis au point la première batterie dite "au diamant", utilisant la désintégration du carbone 14 pour produire de l'électricité. Enveloppée dans un diamant, la pile capte en toute sécurité les radiations pour produire de l'électricité.

Le fonctionnement de cette pile est similaire à celui des panneaux solaires, mais au lieu de convertir l'énergie rayonnante de la lumière en énergie électrique, elle utilise les électrons en mouvement rapide issus de la désintégration radioactive.

Il en résulte une source d'énergie d'une durée de vie impressionnante. Le carbone 14 ayant une demi-vie de 5 730 ans, cela signifie que la batterie conservera la moitié de sa puissance même après des milliers d'années.

D'après https://www.geo.fr

Le but de cet exercice est d'étudier la pile au carbone 14 puis de la comparer au fonctionnement d'une pile alcaline.

Donnée : la désintégration radioactive du carbone 14 est de type β^-.

Partie 1 : étude de la radioactivité.

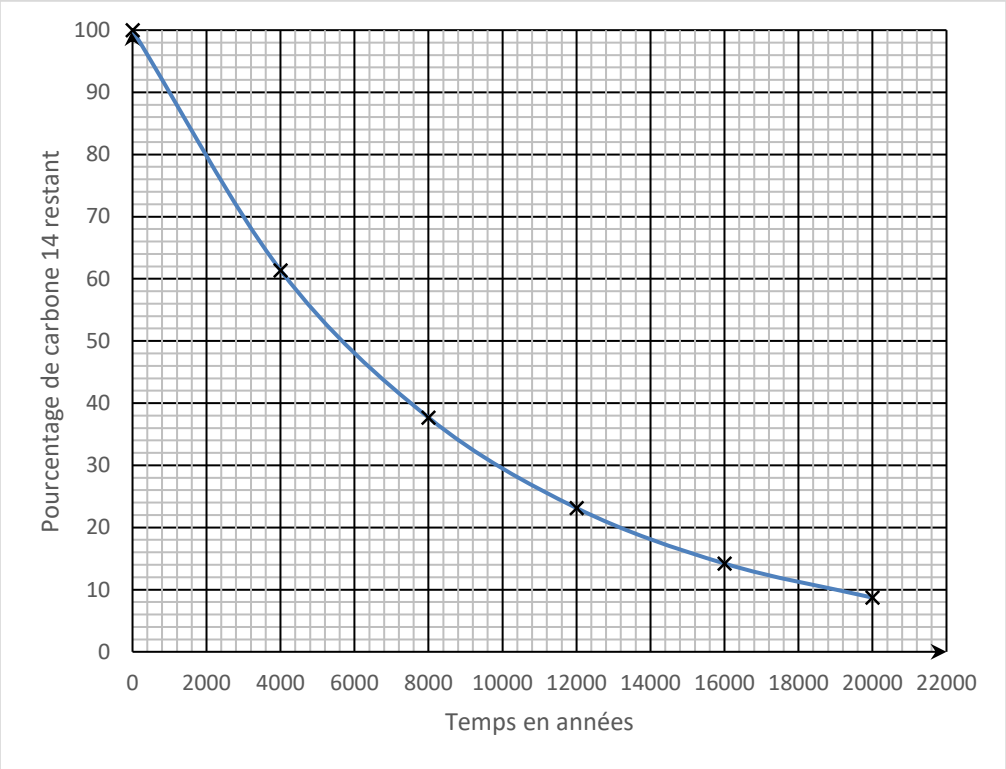
1. Citer les différents types de rayonnement radioactif et préciser la nature des particules ou du rayonnement émis.

2. Recopier sur votre copie et compléter l'équation simplifiée de désintégration du carbone 14 suivante :

$$^{14}_{6}\mathrm{C} \longrightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{\cdots}_{\cdots}\mathrm{e}$$

La figure 1 présente la courbe de décroissance radioactive du carbone 14.

Figure1 : courbe de décroissance radioactive du carbone 14

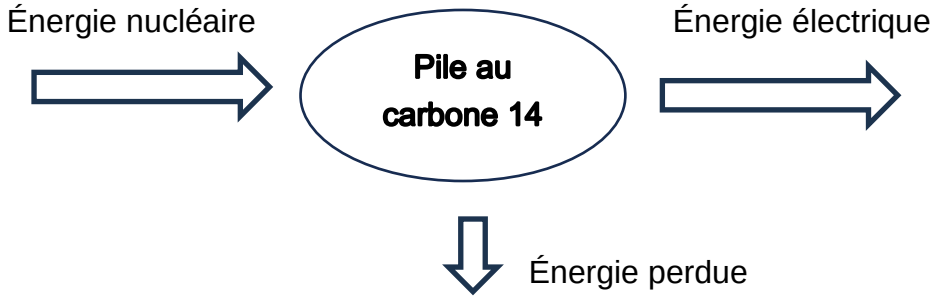


3. Définir la demi-vie d'une espèce radioactive.

4. À l'aide de la courbe et en expliquant votre démarche, déterminer graphiquement la demi-vie du carbone 14. La comparer à la valeur indiquée dans le texte introductif.

Partie 2 : étude énergétique.

La pile au carbone 14 est un convertisseur dont le diagramme de conversion d'énergie est donné ci-après :



On souhaite calculer l'énergie nucléaire libérée par un échantillon de 1,0 g de carbone 14. Les masses de quelques particules sont données dans le tableau ci-après.

Particule	Électron	Noyau de carbone 14 (C)	Noyau d'azote (N)
Masse en kg	$9{,}1094 \times 10^{-31}$	$2{,}32584 \times 10^{-26}$	$2{,}32527 \times 10^{-26}$

La célérité de la lumière dans le vide est $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m·s^{-1}.

5. Donner la relation permettant de calculer l'énergie maximale libérée lors de la réaction de désintégration du carbone 14.

6. Montrer que l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de carbone 14, notée E, vaut $4{,}3 \times 10^{-13}$ J.

7. Montrer que dans un échantillon de 1,0 g de carbone 14, on dénombre $4{,}3 \times 10^{22}$ atomes. On considèrera que la masse d'un atome peut être confondue avec celle de son noyau.

8. Calculer l'énergie $E_{nucléaire}$ totale libérée par la désintégration de tous les noyaux de l'échantillon.

On souhaite à présent calculer l'énergie électrique produite par la pile.

La pile contenant 1,0 g de carbone 14 peut libérer une énergie de 15 J par jour pendant 100 ans, si l'on considère sa puissance constante pendant cette durée.

D'après https://blog.chimirec.fr/des.piles.eternelles.a.partir.de.dechets.nucleaires-59100-253.php

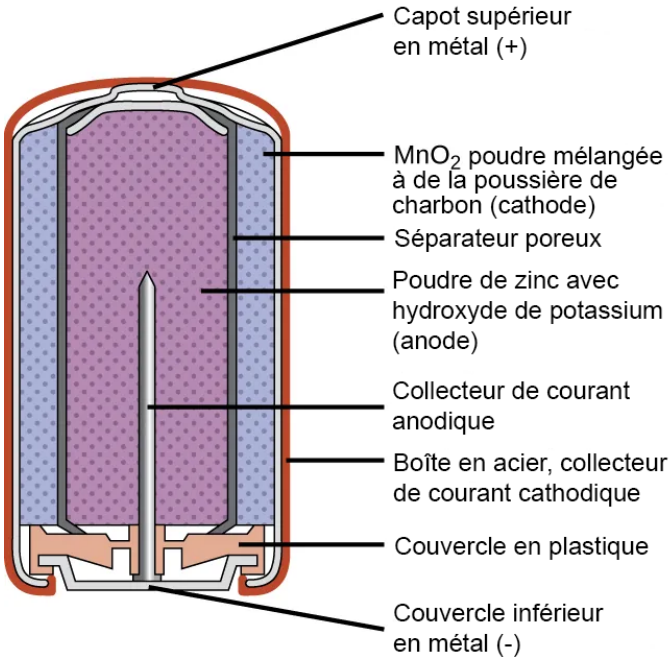
9. Exprimer puis calculer la puissance électrique délivrée par la pile au carbone 14.

Partie 3 : comparaison avec une pile alcaline.

La pile alcaline considérée est constituée :
- d'une anode en zinc Zn(s) ;
- d'une cathode contenant du dioxyde de manganèse MnO_2(s) ;
- d'un électrolyte basique : solution d'hydroxyde de potassium (K^+(aq) + HO^-(aq)).

La figure 2 présente la constitution schématique d'une pile alcaline.

Figure 2 : Schéma d'une pile alcaline (source : Wikipédia)



On considère les demi-équations des réactions modélisant les transformations qui ont lieu :

- à l'anode : $Zn(s) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(\ell) + 2e^-$
- à la cathode : $MnO_2(s) + H_2O(\ell) + e^- \rightarrow MnO(OH)(s) + HO^-(aq)$

10. Indiquer, pour chaque électrode, si la transformation est une oxydation ou une réduction. Justifier.

11. Écrire l'équation de la réaction globale qui modélise les transformations au sein de cette pile alcaline lorsqu'elle est en fonctionnement.

Une pile délivre une tension U = 1,5 V et un courant constant d'intensité I = 100 mA jusqu'à ce qu'elle soit complètement déchargée. La capacité de la pile est de 2500 mAh.

12. Calculer la durée de fonctionnement de la pile (en heure) pour un courant de 100 mA. Comparer cette valeur à la durée de fonctionnement d'une pile au carbone 14.

13. Calculer la puissance électrique délivrée par la pile alcaline.

14. En se basant sur les différents éléments de cet exercice, donner un avantage et un inconvénient de la pile au carbone 14.