

Enseignement de spécialité Physique-chimie et mathématiques

Durée de l'épreuve : 3 heures

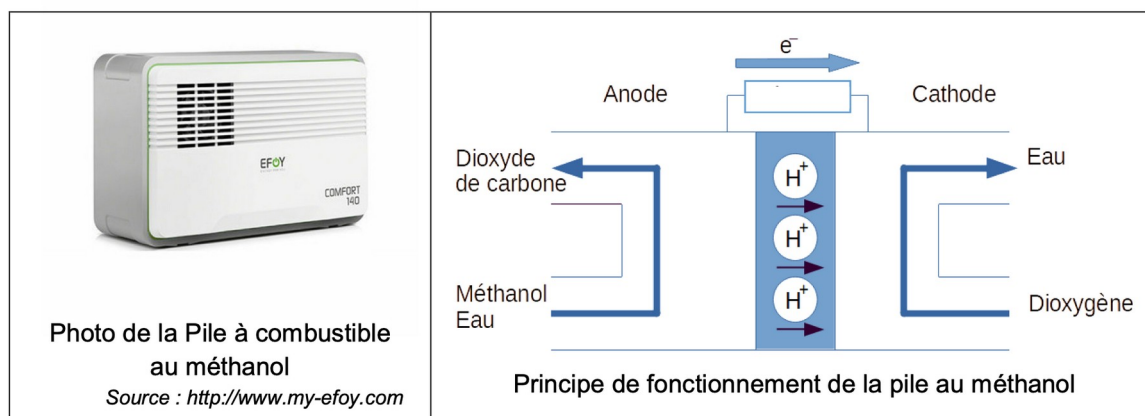
L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

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

Le candidat doit traiter les quatre exercices. Il est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'il aura développée. La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements seront prises en compte dans l'appréciation des copies.

Exercice 1 (5 pts)**Pile à combustible au méthanol**

Une pile à combustible au méthanol est embarquée dans un camping-car. Elle a pour but d'en assurer l'autonomie en rechargeant une batterie auxiliaire. L'étude consiste à répondre à la question suivante : Combien de fois peut-on recharger cette batterie auxiliaire avec 1 L de méthanol alimentant la pile à combustible ?

Document 1 : présentation de la pile à combustible au méthanol**Document 2 : demi-équations aux électrodes de la pile à combustible**

Électrode	Couple Oxydant / Réducteur	Demi-équation électronique
1	$O_2(g) / H_2O(l)$	$O_2(g) + 4 H^+(aq) + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O(l)$
2	$CO_2(g) / CH_3OH(aq)$	$CH_3OH(aq) + H_2O(l) \rightarrow CO_2(g) + 6 H^+(aq) + 6 e^-$

Document 3 : données utiles

Masse volumique du méthanol : $\rho = 792 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Formule chimique du méthanol : CH_3OH .

Masses molaires :

$$M(H) = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M(C) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M(O) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} .$$

Quantité de matière n :

$$n = \frac{m}{M} \text{ où } m \text{ est la masse de l'échantillon et } M \text{ est la masse molaire.}$$

Capacité d'une pile ou une batterie : $Q = n(e^-) \times F$

où F est la constante de Faraday $F = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $n(e^-)$ est la quantité de matière d'électrons.

Document 4 : caractéristiques de la pile à combustible

Tension nominale de la pile $U_{pile} = 12 \text{ V}$

Rendement de la pile $\eta = 25 \%$

Document 5 : batterie auxiliaire

Tension nominale de la batterie $U_{Batterie} = 12 \text{ V}$

Capacité de la batterie : $Q = 100 \text{ A}\cdot\text{h}$

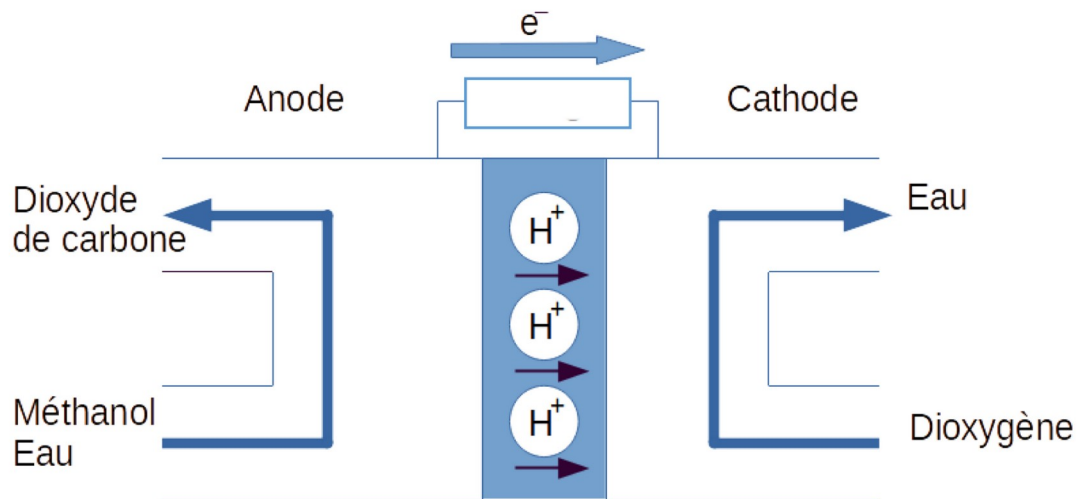
$1 \text{ A}\cdot\text{h} = 3600 \text{ C}$

1. Nommer le type d'électrode où a lieu l'oxydation et celui où a lieu la réduction.
2. Indiquer **sur le document réponse, à rendre avec la copie** :
 - le sens du courant traversant la charge à l'extérieur de la pile ;
 - les pôles + et - de la pile.
3. Établir que l'équation de fonctionnement de la pile à combustible est :
$$2 \text{ CH}_3\text{OH}(\text{aq}) + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ CO}_2(\text{g}) + 4 \text{ H}_2\text{O}(\ell)$$
4. Vérifier que la masse molaire du méthanol CH_3OH est M est égale à $32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
5. Calculer la quantité de matière n dans un litre de méthanol.
6. Montrer, à l'aide de la demi-équation électronique à l'électrode 2 que la quantité de matière $n(\text{e}^-)$ d'électrons est 149 mol .
7. Déterminer la capacité Q de la pile à combustible, en coulomb puis en ampère-heure.
8. Montrer que l'énergie utile délivrée par la pile à combustible vaut $12 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

La notice technique de la pile à combustible indique que l'on peut faire dix charges de batterie avec un litre de méthanol.
9. Vérifier que cette information est conforme à l'aide d'un calcul.

Document réponse, à rendre avec la copie

Question 2 : schéma à compléter.



Exercice 2 (5 points)

Un lycéen souhaite réaliser des courses miniatures avec une voiture électrique. Avant de s'équiper avec un kit commercial, il choisit d'étudier les données techniques pour choisir le meilleur accumulateur possible.

Document 1

Pack éco buggy 1/10

• BUGGY

Buggy radiocommandé électrique pour la pratique du modélisme sur tout terrain : quatre roues motrices, quatre amortisseurs hydrauliques, moteur électrique d'une puissance de 40 W, télécommande à volant. **Vitesse maxi 45 km/h.** Masse : 1 410 g.

• CHARGEUR NI-MH

Ce chargeur automatique fonctionne sous 230 V et délivre un courant de charge de 1 A. Soit environ 2 heures de charge pour un accumulateur de 2 000 mAh.

• ACCUMULATEUR NI-MH 7,2 V 2200 mAh

Le kit comprend une télécommande à volant communiquant à une fréquence de 2,4 GHz.

La télécommande fonctionne avec 4 piles AA (LR6 1,5 V) non incluses dans le kit.



d'après <https://www.rc-diffusion.com/pack-eco-buggy-1/10-absima-ab34-12222-modelisme-rc-tout-terrain>

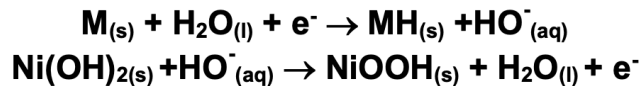
Document 2

L'accumulateur est composé de :

- une électrode constituée d'hydrure métallique, noté **MH** ;
- une électrode d'oxyhydroxyde de nickel noté **NiOOH**.

L'électrolyte dans lequel plongent ces deux électrodes est une solution concentrée d'hydroxyde de potassium (KOH).

Les demi-équations aux électrodes **lors de la recharge** de l'accumulateur sont :

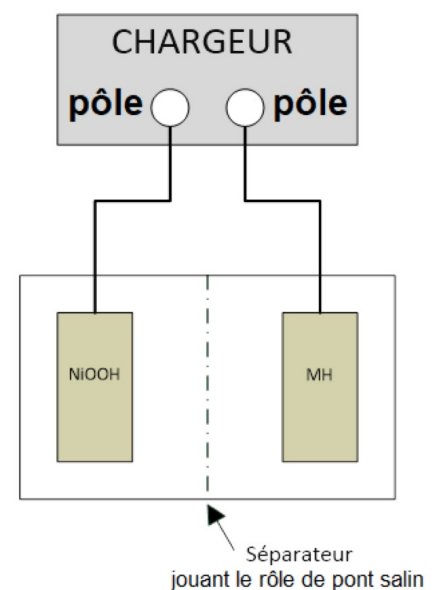
**Document 3**

Accumulateur	Caractéristiques techniques	Avantages	Inconvénients
Nickel-Métal Hydride (Ni-MH) 	Capacité 2200 mAh Densité massique comprise entre 60 et 110 Wh/kg Nombre cycles charge/décharge : 800 à 1000	Peu d'effet mémoire (l'effet mémoire est un phénomène qui affecte les performances et la durée de vie des accumulateurs lorsque ceux-ci sont rechargés avant d'être totalement déchargés).	Autodécharge supérieure à 30 % par mois. Ne pas décharger complètement.
Li-ion 	Capacité 2200 mAh Densité massique comprise entre 150 et 190 Wh/kg Nombre de cycles charge/décharge : 500 à 1000	Aucun effet mémoire.	Autodécharge d'environ 10 % par mois. Cette technologie Li-ion nécessite un circuit de protection, car elle peut être dangereuse (risque d'explosion de l'accumulateur sans système de protection).

Sources des visuels :
amazon.fr et studiosport.fr

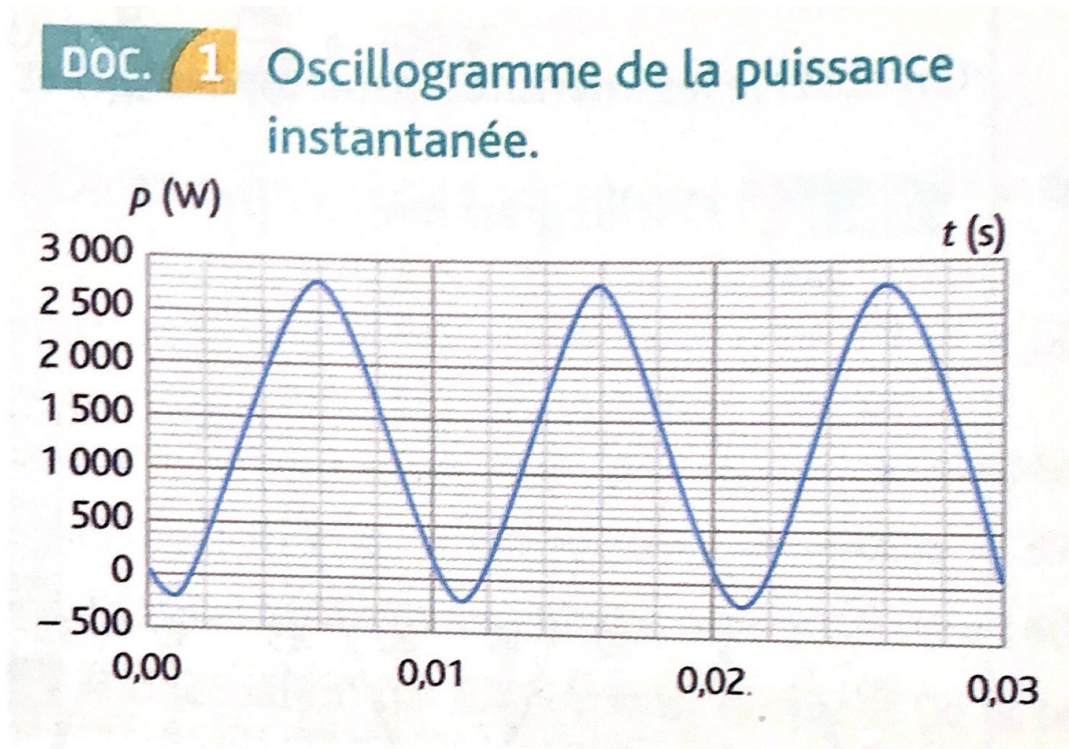
1. Le vendeur fournit un accumulateur pour l'alimentation de la voiture et recommande l'achat de piles pour la télécommande. Quelle est la principale différence entre pile et accumulateur ? Pourquoi le vendeur privilégie-t-il l'une ou l'autre technologie selon l'usage ?
2. Déterminer, d'après le document, la quantité d'électricité $Q(\text{en } A.h)$ disponible dans l'accumulateur Ni-MH.
3. Montrer que l'énergie disponible E_{elec} dans l'accumulateur est de 506 W.h.

4. Identifier la puissance électrique moyenne P_{elec} absorbée par le moteur de la voiture. En déduire la durée maximale possible de jeu sans recharge de l'accumulateur.
 5. Quels sont les deux couples oxydant-réducteur (à noter sous la forme Ox/Red) mis en jeu dans cette transformation au cours de la recharge ?
 6. Identifier, parmi les deux demi-équations redox qui figurent dans le document 2, celle qui correspond à une réduction. Justifier.
 7. Établir l'équation globale de fonctionnement en charge de cet accumulateur.
8. Reproduire sur votre copie et compléter le schéma donné ci-contre, en précisant :
- le sens de déplacement des électrons ;
 - le sens conventionnel du courant dans le fil conducteur, lors de la **charge** ;
 - la polarité du chargeur.



Exercice 3 (4 pts)

On a relevé la puissance instantanée $p(t)$ reçue par un moteur électrique alimenté par la tension du secteur 230 V, 50 Hz et appelant un courant sinusoïdal de valeur efficace 6,5 A.



1. Déterminer la fréquence de la puissance $p(t)$.
Comparer cette fréquence à celle de la tension du secteur.
2. Déterminer la valeur de la puissance instantanée aux instants $t = 0$, $t = 5$ ms et $t = 10$ ms.
3. Déterminer graphiquement la puissance moyenne reçue par le moteur électrique.
4. En déduire le facteur de puissance k du moteur électrique.

Données : La puissance apparente $S = U \times I$; la puissance active $P = \langle p(t) \rangle$ est la valeur de la puissance moyenne de la puissance instantanée $p(t)$; le facteur de puissance $k = \frac{P}{S}$.

Partie mathématiques, à rédiger sur une autre feuille.**Exercice 4 (6 pts)**

1. La courbe visible sur l'oscillogramme de l'exercice précédent peut être approchée par la fonction d'équation :

$$f(x) = 1500 \sin(600x - 2,2) + 1290.$$

Quelle puissance instantanée donne cette fonction à $t = 0$ et à $t = 6 \text{ ms}$?

2. Ces résultats sont-ils cohérents avec le graphique de l'exercice précédent ?
Quelle que soit la réponse on va considérer dans la suite que $f(x)$ modélise la puissance instantanée du moteur électrique.

3. Donner la primitive $F(x)$ de $f(x)$ telle que $F(0) = 0$.

4. Calculer la valeur de $\int_0^{0,01} f(x) dx$.

5. Reproduire un schéma du graphique de l'exercice précédent et dessiner dessus ce que représente cette intégrale.

6. Un watt équivaut à un joule par seconde. Quel est alors le nombre de joules mis en œuvre par le moteur entre $t = 0$ et $t = 0,01$?