Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

# SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

## Physique-Chimie et Mathématiques

**Mercredi 22 mars 2023**

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 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

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

## EXERCICE 1 (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Les supercondensateurs sont des condensateurs de très grande capacité (entre 1 F et 1 000 F) capables de stocker une importante quantité d'énergie. Ils accumulent les charges électriques puis les restituent avec une grande efficacité. Ces dispositifs concurrencent les batteries. Ils les complètent ou les remplacent dans certains dispositifs industriels (grue portuaire porte-conteneurs, pelleteuse hybride,…) ou dans les transports (voiture, bus hybride et train à propulsion électrique,…).

Les dispositifs les plus puissants sont des associations série ou parallèle conçues pour répondre aux exigences d'un cahier des charges.

Caractéristiques des supercondensateurs et des batteries Lithium-ion :

| Caractéristiques | Batteries Li-ion | Supercondensateurs |
|---|---|---|
| Durée de charge | $>$ 6 min | $\sim$1 s |
| Durée de vie (cycles) | $<$ 5 000 | $>$ 1 000 000 |
| Énergie massique (Wh/kg) | 100 à 150 | 4 à 5 |
| Puissance massique (kW/kg) | $<$ 1 | $>$ 10 |
| Rendement | 70 % à 95 % | $>$ 95 % |
| Coût (€ par Wh) | 0,8 à 1,5 | 8 à 15 |
| Coût (€ par kW) | 60 à 120 | 20 à 40 |

*D'après :*
*https://www.college-de-france.fr/media/jean-marie-tarascon/UPL19317_P_Simon_2F_vrier.pdf*

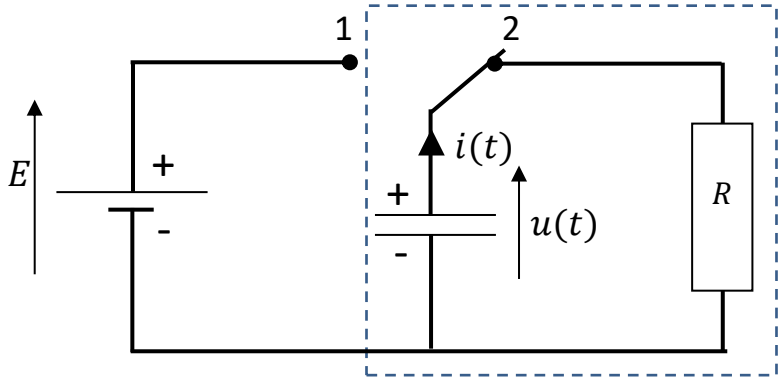
**1.** Citer un avantage et un inconvénient d'utiliser des supercondensateurs à la place des batteries Lithium-ion.

### Étude en laboratoire de la décharge d'un supercondensateur

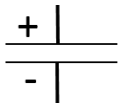
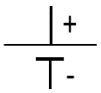
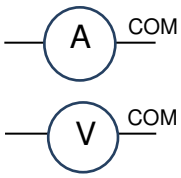
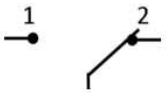
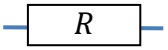
On réalise un montage qui permet de charger le supercondensateur de capacité égale à 372 F, ci-après, avec un générateur (interrupteur sur 1), puis de le décharger dans le conducteur ohmique de résistance $R$ (interrupteur sur 2).



**Montage : charge et décharge**




Le tableau ci-dessous indique les symboles associés aux dipôles :

| Supercondensateur de capacité $C$ = 372 F | Générateur de tension continue | Ampèremètre Voltmètre | Interrupteur à deux positions | Conducteur ohmique de résistance $R$ |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |

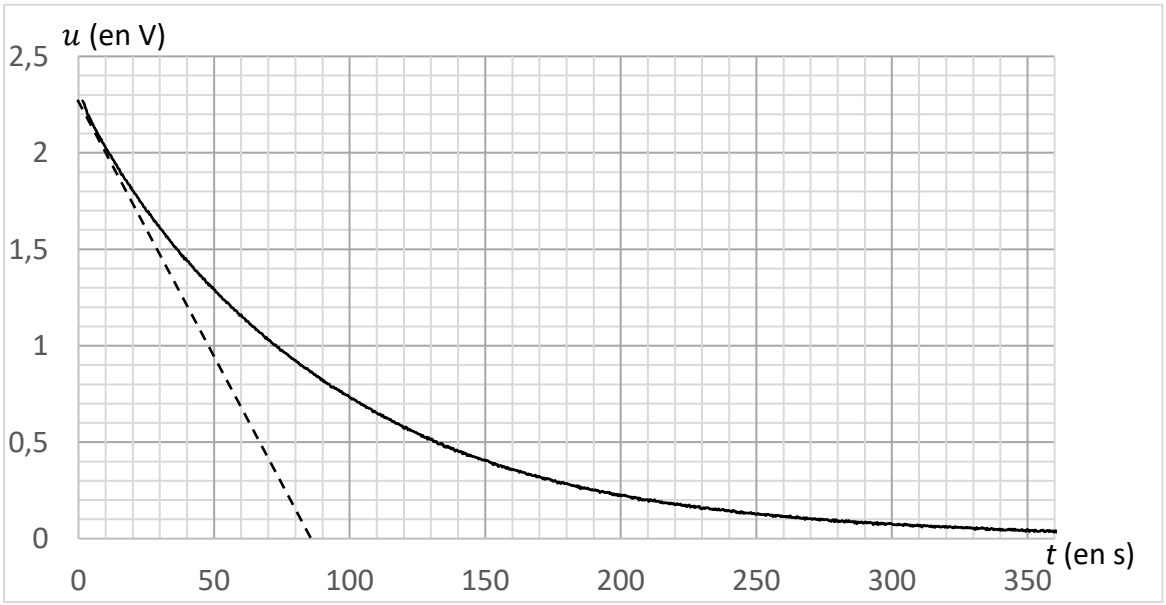






**2.** Recopier la partie du schéma du montage encadrée par les pointillés et ajouter l'appareil qui mesure la tension $u(t)$ en précisant la position de la borne COM.

Le graphique ci-dessous représente l'enregistrement de l'évolution de la tension aux bornes du supercondensateur **au cours de sa décharge**.



**Données :** énergie $Wc$ accumulée par le supercondensateur

$$Wc = \frac{1}{2} \times C \times u^2$$

Avec $C$ : capacité du supercondensateur en farad (F)
$u$ : tension aux bornes du supercondensateur en volt (V)
$Wc$ : énergie stockée dans le supercondensateur en joule (J)
1 W·h = 3 600 J

**3.** À partir du graphique, déterminer l'énergie initiale disponible dans le supercondensateur.

**4.** Sachant que sa masse est de 60 g, montrer que son énergie massique est bien typique d'un supercondensateur.

L'évolution de la tension aux bornes du supercondensateur, après fermeture de l'interrupteur K en position 2, est modélisée par la fonction $f$ définie sur l'intervalle $[0 ; +\infty[$ par :

$f(x) = 2{,}3\mathrm{e}^{-0{,}0112x}$, où $x$ représente le temps en seconde.

**5.** Montrer qu'une équation de la tangente à la courbe représentative de la fonction $f$ au point d'abscisse $0$ est : $y = -0{,}02576x + 2{,}3$.

| |
|---|
| On rappelle qu'une équation de la tangente à la courbe représentative d'une fonction $f$ au point d'abscisse $a$ est $y = f'(a)(x - a) + f(a)$ où $f'$ est la fonction dérivée de $f$. |

**6.** Déterminer l'abscisse $\tau$ du point d'intersection de cette tangente avec l'axe des abscisses. On donnera une valeur approchée à $10^{-1}$ près.

**7.** Déterminer la capacité $C$ du supercondensateur sachant que $\tau = RC$ et $R = 0{,}235\ \Omega$.
Comparer la valeur obtenue à partir de ce modèle avec les données du constructeur.

## EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

**Parachutisme**

« En mai 2020 les premiers sauts de parachutistes militaires ont eu lieu à partir d'un Airbus. 116 parachutistes de plusieurs régiments de la 11ème Brigade Parachutiste se sont entraînés à bord de l'Airbus de défense A400M entre Pau et Tarbes. Pour la première fois, ils ont effectué des sauts d'entraînement en ouverture automatique depuis la porte latérale ».

*D'après France3 Occitanie.*

**Données :**

- En mécanique des fluides, la force de frottement fluide, ou trainée, est la force qui s'oppose au mouvement d'un corps dans un fluide. Son expression générale est :

$$F_x = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times S \times C_x$$

$F_x$ : force de frottement fluide (en N)

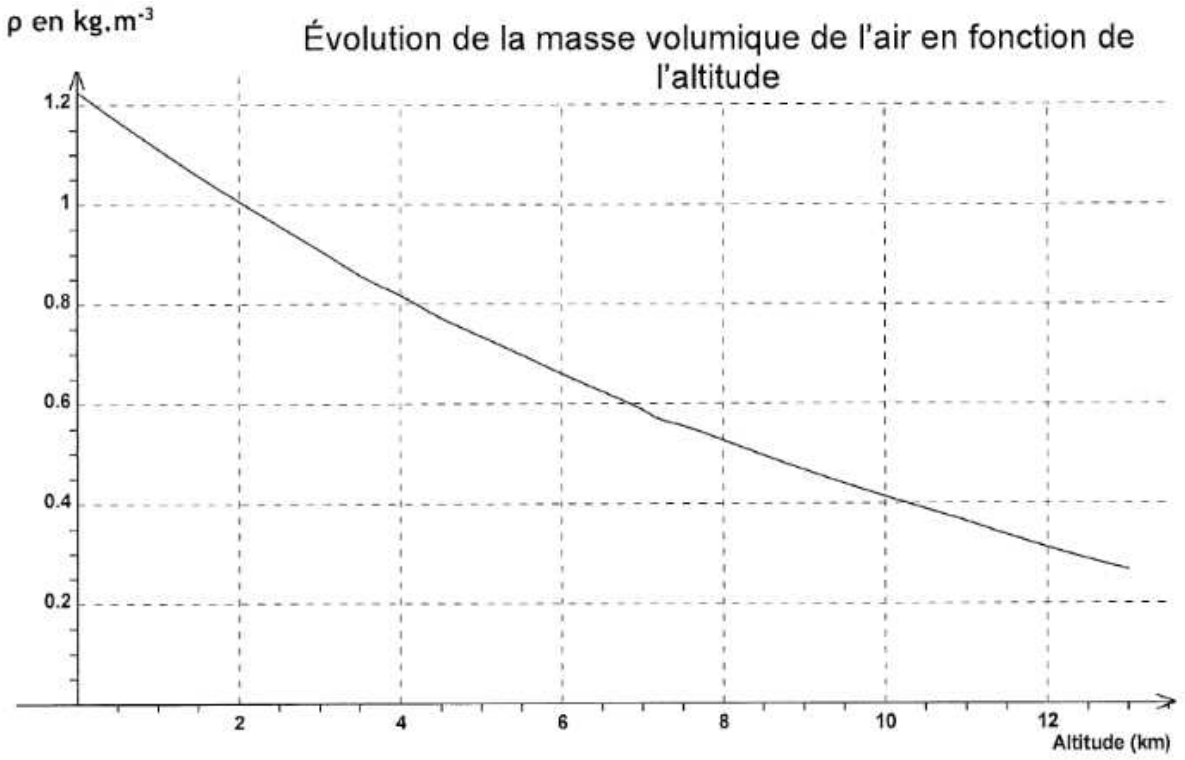
$C_x$ : coefficient de trainée (sans unité)

$\rho$ : masse volumique de l'air (en kg·m$^{-3}$)

$v$ : vitesse du corps par rapport à l'air (en m·s$^{-1}$)

$S$ : surface de référence (en m$^2$)

- La masse volumique de l'air n'est pas constante et varie avec l'altitude.




*D'après https://besancon.udppc.asso.fr/images/revisions/7_mecanique%201.pdf*

- Caractéristiques liées à l'Airbus A400M au moment du saut des parachutistes :

Vitesse : 242 $m \cdot s^{-1}$
Altitude : 12 km
Surface de référence : 221 $m^2$
Coefficient de trainée : 0,015
Norme de la force de propulsion : $F$ = 31 kN

- Intensité de la pesanteur : $g$ = 10 $m \cdot s^{-2}$

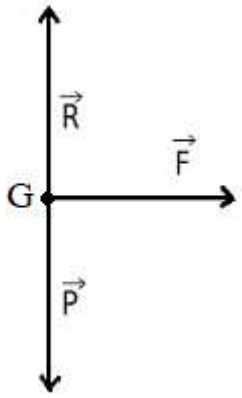
**Étude du vol en mouvement rectiligne et uniforme**

Pour effectuer un saut en parachute d'un avion, le vol de celui-ci doit être considéré comme rectiligne et uniforme.

**1.** Indiquer la propriété que doit vérifier la résultante (ou somme) des forces qui s'exercent sur cet avion.

La figure ci-dessous est un schéma incomplet des forces s'exerçant sur l'avion représenté par le point G. Les forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ sont respectivement le poids de l'avion et la réaction de l'air.

**2.** Reproduire cette figure sur votre copie et la compléter en ajoutant la force manquante.



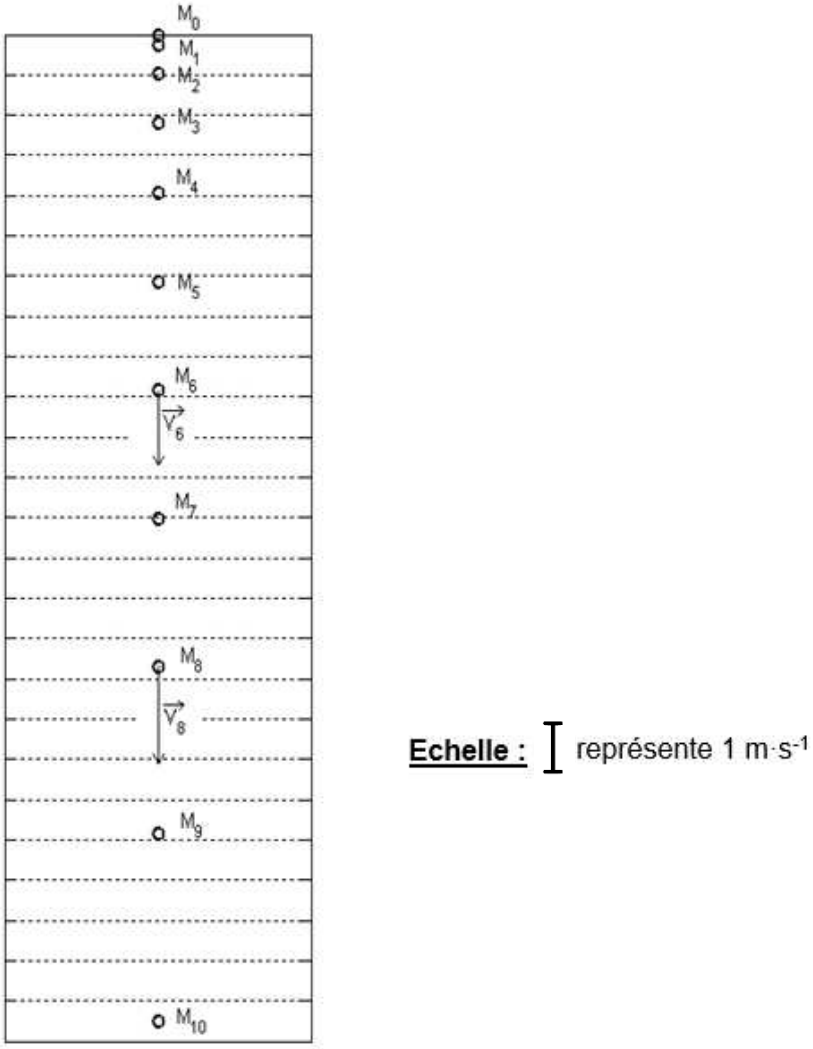

**3.** À l'aide de l'expression générale de la force de frottement fluide donnée précédemment, déterminer la valeur de cette force pour l'Airbus militaire au moment du saut.

**4.** Comparer cette valeur à celle de la norme de la force de propulsion. Commenter.

**Étude du saut d'un parachutiste avant l'ouverture de son parachute**

Chaque point sur la chronophotographie suivante représente une position prise par le parachutiste durant son saut. Les positions sont marquées $M_i$ tous les $\Delta t$ = 0,020 s.

**Chronophotographie du parachutiste**




**5.** Déterminer la valeur expérimentale de la variation de la vitesse, notée $\Delta v_7$, entre les positions $M_6$ et $M_8$.

**6.** En déduire la valeur de l'accélération.

**7.** Comparer cette valeur à celle de l'intensité de la pesanteur. Conclure quant à la nature de la chute du parachutiste.

**Piste d'atterrissage**

Lorsque l'avion touche le sol, il a une vitesse de 223 km·h$^{-1}$ et une masse totale de 5,0 x 10$^4$ kg. Sa force de freinage vaut 1,5 x 10$^5$ N.

**8.** Déterminer la distance qu'il parcourt pour s'arrêter en utilisant la variation de l'énergie cinétique de l'avion et le travail des forces extérieures qui s'y appliquent.

## EXERCICE 3 (4 points)

(mathématiques)

Les questions sont indépendantes.

**Question 1.**

On considère l'équation différentielle (E) : $y' = -2y + 40$.

1. Déterminer l'ensemble des solutions de l'équation différentielle (E).
2. En déduire la solution $f$ de l'équation différentielle (E) qui vérifie $f(0) = 200$.

**Question 2.**

Soit $f$ la fonction définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = (x-1)\mathrm{e}^x$.

$f$ est dérivable et sa dérivée est notée $f'$.

Justifier le signe de $f'(x)$ établi dans le tableau ci-dessous :

| $x$ | $-\infty$ | | $0$ | | $+\infty$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $f'(x)$ | | $-$ | $0$ | $+$ | |

**Question 3.**

On considère les nombres complexes $z_1 = 2\mathrm{e}^{i\frac{\pi}{3}}$ et $z_2 = \sqrt{2}\mathrm{e}^{i\frac{\pi}{4}}$.

1. Exprimer sous forme exponentielle le produit $z_1 \times z_2$.
2. En déduire une forme trigonométrique de $z_1 \times z_2$.

**Question 4.**

L'évolution de l'effectif de la population d'un pays, exprimé en millions d'habitants, est modélisée par la fonction $f$ définie sur $[0\,;40\,]$ comme suit :

$$f(t) = 10\mathrm{e}^{0{,}02t}\ ,$$

où $t$ correspond au nombre d'années écoulées depuis le 1er janvier $2020$.

1. Estimer le nombre d'habitants donné par ce modèle au 1er janvier $2020$ et au 1er janvier $2021$.
2. D'après ce modèle, déterminer l'année durant laquelle l'effectif de la population dépassera $20$ millions d'habitants.

## EXERCICE 4 (6 points)

(physique-chimie)

### Métier « avitailleur avion »

Un avitailleur avion est un agent de piste spécialisé travaillant en tant que prestataire pour le compte d'un groupe pétrolier. Il travaille directement au niveau du tarmac des aéroports pour remplir les réservoirs de kérosène des avions avant un vol programmé.

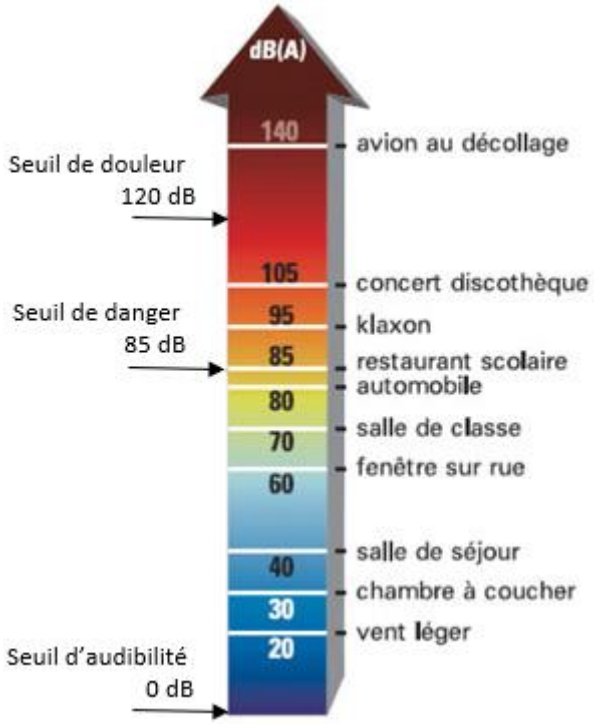
*D'après www.aerocontact.com*

### Sécurité des avitailleurs

L'intensité acoustique notée $I$ (en W·m$^{-2}$), caractérise l'intensité du signal perçu par l'oreille. On calcule le niveau sonore $L$ (en décibel dB) à partir de l'intensité acoustique $I$ par la relation :

$$L = 10 \times \log \frac{I}{I_0}$$

On rappelle que $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m$^{-2}$ (intensité acoustique minimale de référence)




**Échelle de niveau sonore**

*D'après http://www.var.gouv.fr/qu-est-ce-que-le-bruit-a1044.html*

Un avion peut produit un son dont l'intensité acoustique est 5,01 x $10^{-4}$ W·$m^{-2}$ à 20 mètres de l'appareil.

1. Déterminer si l'avitailleur, qui se trouve à 20 m de l'avion, est immédiatement en danger.
2. Proposer une solution que peut mettre en place la direction de l'aéroport pour protéger son agent.

On considère que l'ouïe est en danger à partir d'un niveau sonore de **80 décibels** durant une journée de travail de **8 heures**.
*D'après https://www.inrs.fr/risques/bruit/ce-qu-il-faut-retenir.html*

Un technicien spécialisé dans les mesures acoustiques équipe un avitailleur d'un mini-sonomètre (placé près de son oreille) afin de réaliser des mesures au cours de sa journée de travail. Il recueille une série de mesures du niveau d'exposition quotidienne au bruit $L_{8h}$ dont voici un extrait :

| Mesure n° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $L_{8h}$ (en dB) | 79,1 | 80,2 | 79,5 | 79,7 | 80,1 | 81,0 | 78,9 | 78,2 | 79,1 | 79,6 |

3. Déterminer la valeur moyenne du niveau sonore notée $\overline{L_{8h}}$.

4. Déterminer l'écart-type expérimental $\sigma_{n-1}$ (aussi noté $Sx$) lié à la mesure de $L_{8h}$.

   On rappelle que si un opérateur calcule la valeur moyenne de n mesures effectuées dans les mêmes conditions, l'incertitude-type de cette valeur moyenne est donnée par l'expression suivante :

$$u(\overline{L_{8h}}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

   où $\sigma_{n-1}$ représente l'écart-type expérimental.

5. En déduire la valeur de l'incertitude-type par une approche statistique (type A) sur la valeur moyenne $\overline{L_{8h}}$.

6. Comparer la valeur moyenne mesurée $\overline{L_{8h}}$ avec la valeur seuil de 80 dB. Déterminer l'écart entre ces deux valeurs en nombre d'incertitudes-types. Conclure quant au risque couru par les avitailleurs au cours d'une journée de travail.

**Les avions à moteur électrique**

Les moteurs électriques étant moins bruyants que les moteurs thermiques, on peut s'interroger quant à l'intérêt de commercialiser des avions électriques.

Il n'existe que très peu d'avions de transport qui utilisent des batteries et des moteurs électriques. Des sociétés essayent cependant de développer ce type de technologie mais on dispose de peu d'informations sur ces batteries.

« Pour augmenter sensiblement l'autonomie des véhicules électriques, à moins de réduire considérablement leur poids, il n'existe que deux solutions : soit augmenter le nombre de cellules, soit faire appel à une autre technologie. Or le poids des batteries lithium-ion (Li-ion) est un facteur limitant : leur densité massique s'élève à environ 150 Wh/kg. Cela explique que le pack batteries d'une Renault Zoé 2e génération, d'une capacité de 52 kWh, s'élève à 326 kilos [...] ». La recherche s'orienterait vers de nouvelles batteries Li-S (lithium soufre) qui conviendraient mieux à l'aviation.

D'après *https://www.revolution-energetique.com/avec-la-batterie-lithium-soufre-lavion-electrique-nest-plus-une-utopie/*

**7.** Vérifier, à l'aide d'un calcul, que l'énergie disponible dans la batterie d'une Renault Zoé vaut effectivement 52 kWh. Commenter votre résultat.

Aujourd'hui, l'avenir de l'aviation est peut-être dans l'avion à hydrogène :

« Développé par ZeroAvia, une jeune startup basée à Londres et en Californie, le Piper M vient de réaliser avec succès son tout premier vol. Une nouvelle étape vers l'exploitation commerciale d'avions à hydrogène […]. Son premier vol d'essai a été réalisé avec un Piper M de six places équipé d'une pile à combustible. »

*D'après https://www.h2-mobile.fr/*

Une pile à combustible est un générateur électrochimique d'énergie permettant de transformer l'énergie chimique d'un combustible (hydrogène, hydrocarbures, alcools,...) en énergie électrique. La pile à hydrogène est une pile à combustible utilisant le dihydrogène et le dioxygène.

**Données :**

- Masses molaires atomiques :

| Élément | H | O |
|---|---|---|
| $M$ (g/mol) | 1,00 | 16,0 |

- Le pouvoir calorifique $PC$ (exprimé en J·kg$^{-1}$) est l'énergie thermique que peut fournir la combustion complète de 1 kg de combustible. Il se calcule grâce à la relation

$$PC = \frac{E}{m}$$

avec $E$ l'énergie thermique (en J) et $m$ la masse de combustible (en kg).

- Pouvoir calorifique du dihydrogène : 142 MJ·kg$^{-1}$

**8.** En considérant que le réservoir du Piper M, pour son premier vol, contenait 7,0 kg de dihydrogène, déterminer l'énergie fournie par le carburant s'il est totalement consommé.

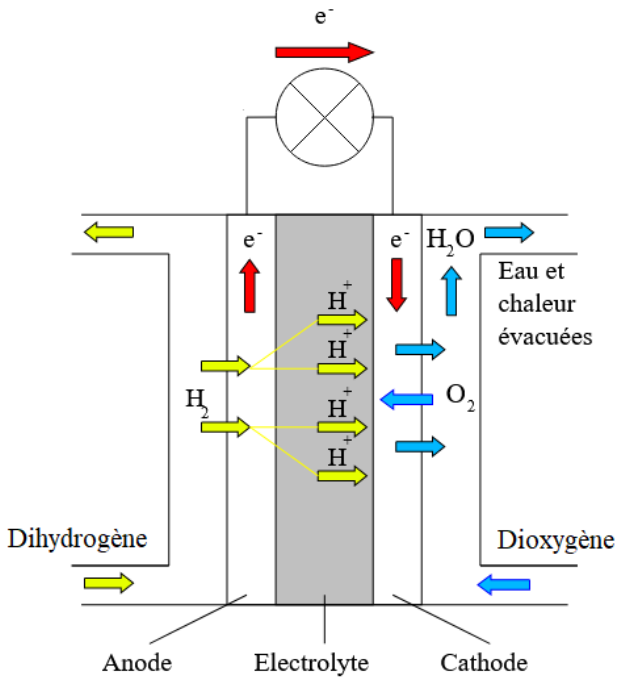



**Schéma d'une pile à combustible**

Pour cette pile, les équations des réactions électrochimiques aux électrodes s'écrivent respectivement :

- à l'anode : $H_2(g) \rightarrow 2\ H^+(aq) + 2\ e^-$
- à la cathode : $O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O(l)$

**9.** Indiquer en justifiant :

si, dans cette pile, le dihydrogène est un oxydant ou un réducteur ;

si, dans cette pile, le dioxygène est un oxydant ou un réducteur.

**10.** Indiquer quelle équation de réaction électrochimique correspond à une oxydation et quelle équation correspond à une réduction. Justifier.

**11.** Écrire l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile à combustible.

**12.** Déterminer la masse d'eau $m(H_2O)$ rejetée par l'avion si les 7,0 kg de dihydrogène contenus initialement dans le réservoir sont entièrement consommés. Commenter ce résultat.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.