

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **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.*

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.

**La page 13 compose le document réponse, à rendre avec la copie**

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues  
dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

### Saut en parachute

Dans cet exercice, on étudie la chute d'un parachutiste sous l'effet de son poids  $\vec{P}$  avant l'ouverture de son parachute. On note  $\vec{f}$  la force de frottement exercée par l'air et qui s'oppose à la chute du parachutiste. Cette force est colinéaire et de sens opposé au poids du parachutiste lors de sa chute.

1. Faire le bilan des forces s'exerçant sur le parachutiste.
2. Représenter ces forces sur votre copie sans souci d'échelle.

On rappelle que pour un système de masse  $m$ , dans un référentiel galiléen, le principe fondamental de la dynamique relie l'accélération  $\vec{a}$  du centre de gravité du système et la somme vectorielle  $\sum \vec{F}_{ext}$  des forces s'exerçant sur le système par l'égalité :

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_{ext}.$$

On suppose que le référentiel d'étude de la chute est galiléen.

3. Établir une relation entre la masse  $m$ , l'accélération  $\vec{a}$ , le poids  $\vec{P}$  et la force de frottement  $\vec{f}$ , à l'aide du principe fondamental de la dynamique.

Dans la suite de l'exercice, on admet que la fonction  $v$  représentant la vitesse de chute du parachutiste (en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), en fonction du temps  $t$  écoulé (en seconde) depuis le saut, est solution de l'équation différentielle :

$$\frac{dv}{dt}(t) = -0,25v(t) + 10.$$

On admet que  $v(0) = 0$ .

4. Montrer que, pour tout réel positif  $t$ ,  $v(t) = -40e^{-0,25t} + 40$ .
5. Calculer  $\lim_{t \rightarrow +\infty} v(t)$ .

Selon cette modélisation, on admet que la fonction  $v$  est strictement croissante sur l'intervalle  $[0; +\infty[$ .

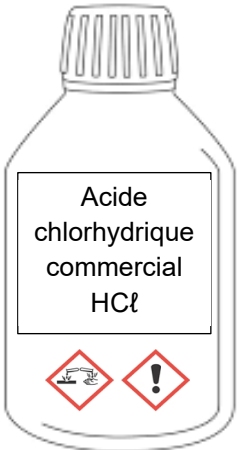
6. Le parachutiste peut-il atteindre la vitesse de  $150 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ? Justifier.

## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

### Préparation d'une solution au laboratoire

À partir des données indiquées sur une bouteille d'acide chlorhydrique commercial, une technicienne a calculé la valeur de la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  de la solution :  $C_0 = 12,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Elle demande à son stagiaire de vérifier expérimentalement cette indication à l'aide du pH-mètre du laboratoire.

#### Document 1 : l'acide chlorhydrique, un acide fort

<p>L'acide chlorhydrique <math>\text{HCl}(\text{aq})</math> est un acide fort : cela signifie qu'il se dissocie totalement en solution aqueuse selon l'équation :</p> $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	
---	--

#### Document 2 : facteur de dilution

Le facteur de dilution permet de déterminer le volume de solution à prélever. On le définit par :

$$F = \frac{C_m}{C_f} = \frac{V_f}{V_m}$$

avec  $C_m$  concentration de la solution concentrée en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $V_m$  volume de la solution concentrée à prélever en mL,  $C_f$  concentration de la solution diluée en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $V_f$  volume de la solution diluée en mL.

#### Document 3 : matériel à disposition

Verrerie	Autre matériel
<ul style="list-style-type: none"><li>- fiole jaugée de 500 mL</li><li>- fiole jaugée de 100 mL</li><li>- pipette jaugée de 5,0 mL</li><li>- pipette jaugée de 10,0 mL</li><li>- pipette jaugée de 20,0 mL</li><li>- 3 béchers de 50 mL</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- eau distillée</li><li>- solution commerciale <math>\text{S}_0</math></li><li>- 1 propipette</li><li>- 1 pH-mètre</li><li>- 1 agitateur magnétique</li><li>- lunettes de protection</li><li>- gants</li></ul>

Afin d'utiliser le pH-mètre selon les conditions précisées dans la notice, le stagiaire décide de diluer 500 fois la solution commerciale. La technicienne lui dit qu'il ne peut pas réaliser cette dilution en une seule étape mais plutôt en deux étapes. Elle dilue la solution commerciale  $S_0$  100 fois, elle obtient la solution  $S_1$  et demande au stagiaire de la diluer encore 5 fois pour la solution  $S_2$ .

Solution $S_0$	Solution $S_1$	Solution $S_2$
Solution commerciale	Solution $S_0$ diluée 100 fois	Solution $S_1$ diluée 5 fois

1. Déterminer le volume de solution  $S_1$  qu'il faut prélever pour préparer 100 mL de solution  $S_2$ .
2. Proposer, parmi les fioles jaugées et les pipettes jaugées mises à disposition, celles nécessaires pour préparer 100 mL de solution  $S_2$ .
3. Justifier que la dilution en une seule fois de la solution commerciale n'est pas possible.
4. Citer la relation entre la valeur du  $pH$  et la concentration en ions  $H_3O^+$  notée  $[H_3O^+]$  d'une solution aqueuse.
5. Prévoir le sens d'évolution du  $pH$  lors des dilutions successives.
6. Calculer la valeur du  $pH$  de la solution  $S_2$ .

Le stagiaire utilise alors le pH-mètre. L'appareil indique 1,63.

7. Vérifier que la concentration de la solution  $S_2$  notée  $C_2$  vaut  $2,34 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

L'incertitude de mesure de la concentration  $C_0$  de la solution commerciale notée  $u(C_0)$  vaut  $0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

8. Montrer que le calcul de la concentration  $C_0$  effectuée par la technicienne est correct.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

**Dans cet exercice, seulement 4 questions au choix parmi les 6 questions proposées sont à traiter.**

Toutes ces questions sont indépendantes les unes des autres.

*Pour chaque question, une seule des quatre affirmations proposées est correcte. Pour les quatre questions traitées, indiquer sur la copie l'affirmation choisie. Aucune justification n'est demandée.*

*Chaque réponse correcte rapporte un point.*

*Une réponse incorrecte, une réponse multiple, une absence de réponse, ne rapportent ni n'enlèvent de point.*

1. On considère la fonction  $f$  définie sur l'intervalle  $]0; +\infty[$  par  $f(x) = 1 - \ln(x)$ .
  - a. La fonction  $f$  est strictement décroissante sur  $]0; +\infty[$ .
  - b. La fonction  $f$  est strictement croissante sur  $]0; e]$  et strictement décroissante sur  $]e; +\infty[$ .
  - c. La fonction  $f$  est strictement croissante sur  $]e; +\infty[$ .
  - d. La fonction  $f$  est strictement croissante sur  $]0; +\infty[$ .
  
2. On considère le nombre complexe  $z = 3e^{-i\frac{\pi}{3}}$ , où  $i$  est le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .  
Le carré de  $z$  est égal à :
  - a.  $9e^{-i\frac{\pi}{3}}$
  - b.  $3e^{-i\frac{2\pi}{3}}$
  - c.  $6e^{-i\frac{2\pi}{3}}$
  - d.  $9e^{i\frac{4\pi}{3}}$

**Pour les questions 3 à 6, on considère la problématique suivante.**

- La batterie d'une voiture électrique est complètement déchargée.
- Lors de son rechargement, l'énergie emmagasinée (en kWh) par cette batterie peut être modélisée, en fonction du temps  $t$  (en heure) écoulé à partir du début de la recharge, par une fonction  $E$  définie et dérivable sur  $[0; +\infty[$  d'expression :

$$E(t) = 18 - 18e^{-0,45t}.$$

3. La fonction  $E$  est solution de l'équation différentielle :
  - a.  $y' = -0,45y + 18$
  - b.  $y' = -0,45y + 8,1$
  - c.  $y' = 0,45y + 8,1$
  - d.  $y' = 0,45y + 18$

4. La charge de la batterie dépassera les 9 kWh pour tout  $t$  (en heure) appartenant à l'intervalle :

- a.  $\left[0; -\frac{1}{0,45} \ln(0,5)\right]$                       b.  $[0,45 \ln(2) ; +\infty[$   
c.  $\left[\frac{1}{0,45} \ln(2) ; +\infty[$                       d.  $\left[\frac{1}{0,45} \ln(0,5) ; +\infty[$

5. La charge limite de cette batterie est :

- a. 18 kWh    b.  $18 - 18e^{-0,45}$   
c. 36 kWh    d. dépendante de  $t$

6. Afin d'estimer la variation de charge par heure écoulée, on définit la fonction  $V$  sur l'intervalle  $[1; +\infty[$  par :

$$V(t) = E(t) - E(t - 1)$$

On admet que cette variation de charge décroît en fonction du temps, et que l'on cesse de charger la batterie dès que cette variation devient inférieure à 10 Wh.

On considère le script Python suivant :

```
1 from math import *
2
3 def E(t):
4     return 18 - 18*exp(-0.45*t)
5 def V(t):
6     return E(t) - E(t-1)
7
8 def stop_charge():
9     t = 1
10    .....
11        t = t + 1
12    return t
```

Pour que la fonction `stop_charge` renvoie une estimation de la durée (en nombre entier d'heures) nécessaire à la charge de cette batterie, la ligne 10 doit être complétée par :

- a. `for i in range(10) :`                      b. `while V(t) > 0.01 :`  
c. `if V(t) < 0.01 :`                              d. `while V(t) < 10 :`

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B.

### EXERCICE 4 – A

*Mots clefs des principaux domaines abordés : ondes sonores ; spectres ; niveau sonore.*

#### Accorder un piano

On propose de vérifier si un piano a besoin d'être accordé. Pour cela, un accordeur doit étudier et ajuster les fréquences des différentes notes jouées par l'instrument.

*On considère que, lorsqu'une note est jouée, la valeur de l'intensité acoustique  $I$  perçue à un mètre du piano est de  $1 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .*

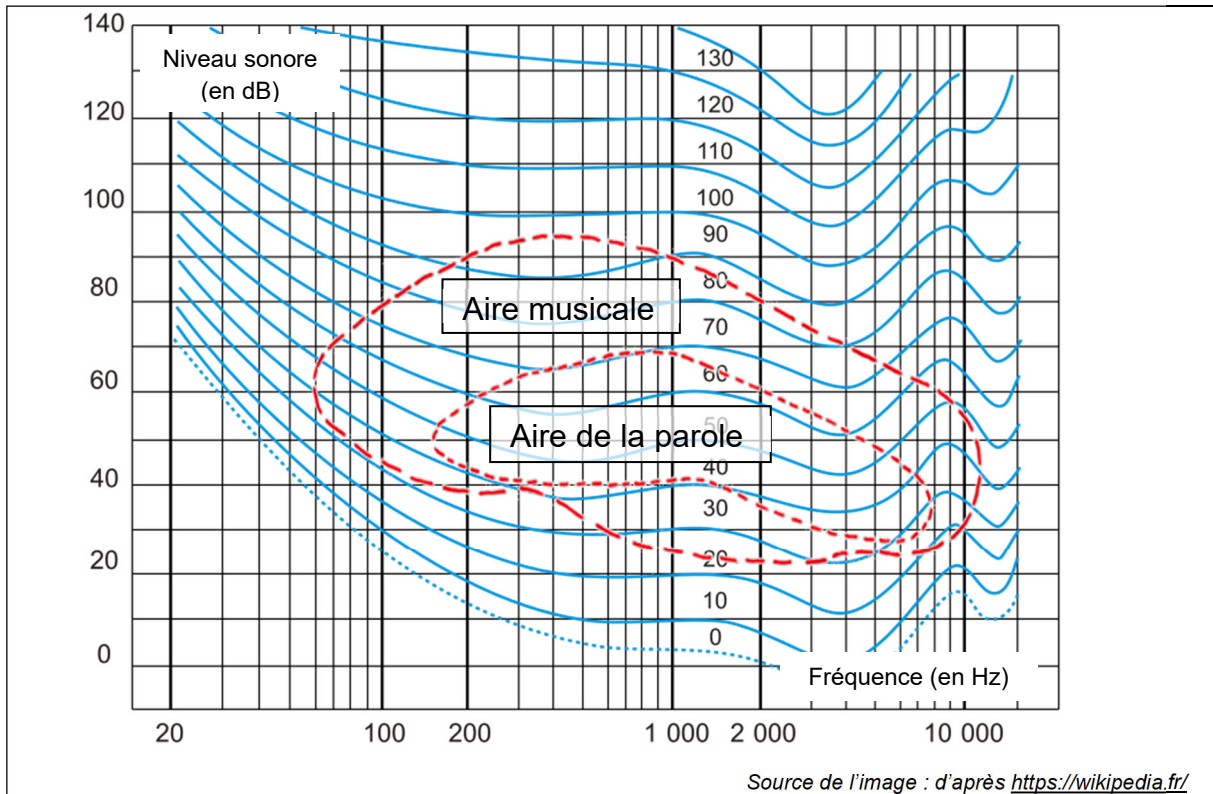
#### Document 1 : relation entre l'intensité acoustique $I$ et le niveau sonore $L$

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Avec  $L$  en dB,  $I$  en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  et  $I_0$  intensité correspondant au seuil d'audibilité telle que  $I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

1. Vérifier que, à un mètre du piano, le niveau sonore  $L$  d'une note jouée vaut 70 dB.

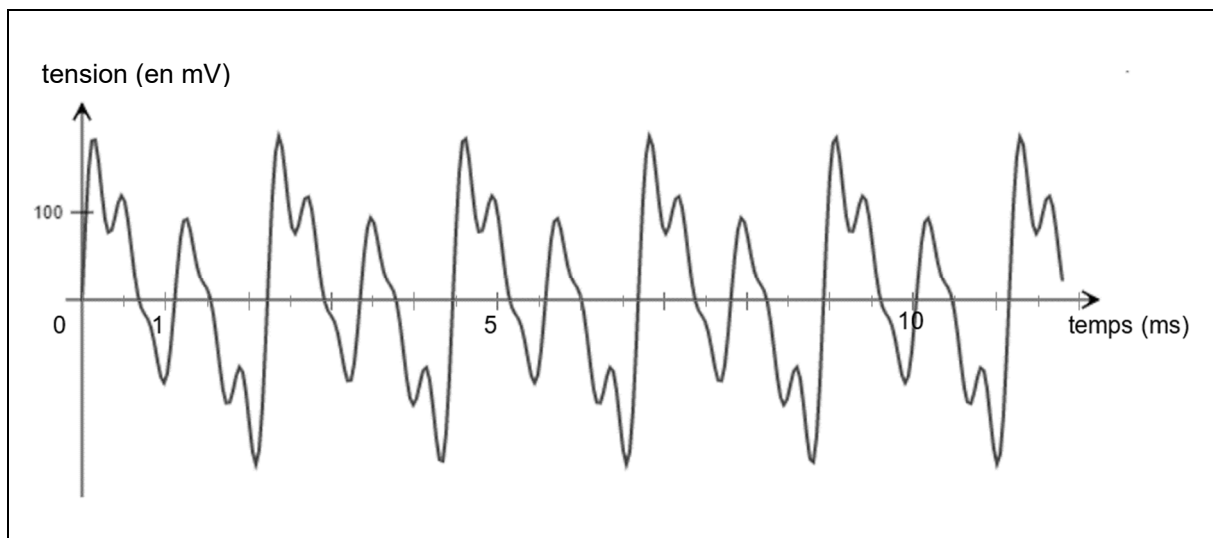
## Document 2 : courbe de sensibilité de l'oreille humaine



- Déterminer l'intervalle de fréquence correspondant à l'aire musicale pour le niveau sonore calculé.

*L'accordeur effectue l'enregistrement du La<sub>3</sub> du piano (document 3). Cette note centrale du piano sert de repère pour l'accorder.*

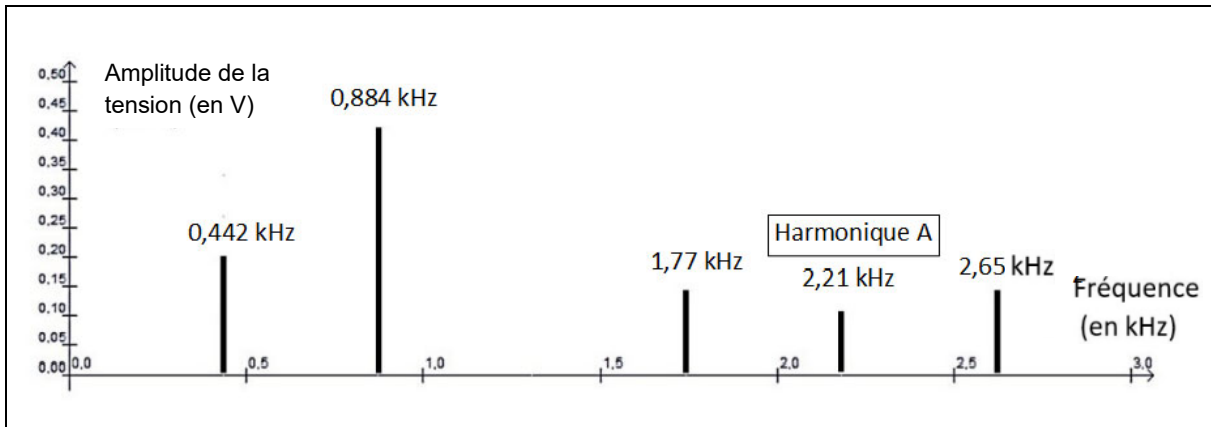
## Document 3 : enregistrement du signal sonore pour le La<sub>3</sub>



- Déterminer la fréquence de la note La<sub>3</sub> à l'aide du document 3.

La détermination de la valeur de la fréquence avec cette méthode est imprécise, on préfère utiliser le spectre d'amplitude de la note  $La_3$  jouée par le piano (document 4).

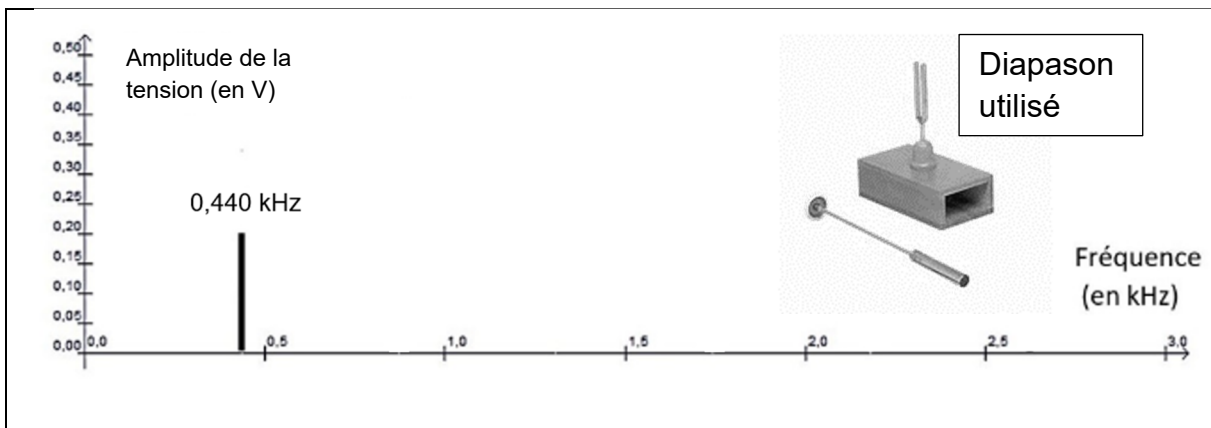
**Document 4 : Spectre d'amplitude du  $La_3$  joué par le piano**



4. Déterminer le rang de l'harmonique A.

On réalise le spectre d'amplitude d'un son émis par un diapason. Le diapason utilisé émet une note de référence, le  $La_3$ , pour accorder des instruments de musique.

**Document 5 : spectre d'amplitude du son émis par le diapason**



5. Justifier que le son émis par un diapason est un son pur.
6. Comparer les deux sons émis en utilisant les notions de timbre et de hauteur.
7. Justifier la nécessité d'accorder ou non le piano pour cette note sachant que l'on peut accepter un écart de 2 Hz.

## EXERCICE 4 – B

Mots clefs des principaux domaines abordés : forces, vitesse, oxydoréduction.

### Solar Impulse 2

#### Document 1 : le projet Solar Impulse 2

*Solar Impulse 2* est un projet d'avion solaire entrepris à l'initiative des Suisses Bertrand Piccard et André Borschler, à l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Le projet vise à construire puis à faire voler de nuit comme de jour, sans carburant ni émission polluante pendant le vol, un avion monoplace à moteurs électriques alimentés uniquement par l'énergie solaire, jusqu'à effectuer un tour du monde.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Solar\\_Impulse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse) et <https://safeswisscloud.com/en/blog/2003-solar-impulse/> (téléchargé le 15/09/20)

#### Document 2 : données techniques du Solar Impulse 2 (source : Wikipédia)

Masse	2 300 kg
Vitesse de croisière de jour	90 km·h <sup>-1</sup>
Altitude maximale atteinte	8 500 m
Coefficient de traînée : $C_x$	0,012
Coefficient de portance : $C_z$	0,60
Aire de la surface des ailes : $S$	200 m <sup>2</sup>

#### Document 3 : actions mécaniques s'exerçant sur le Solar Impulse 2

Au point G, centre de gravité du *Solar Impulse 2*, quatre forces agissent :

- la traction grâce à laquelle l'avion progresse dans l'air  $\vec{T}$  ;
- la traînée  $\vec{T}_e$  due aux frottements de l'air (colinéaire à la vitesse  $\vec{V}$  de l'avion mais de sens opposé) ;
- le poids de l'avion  $\vec{P}$  ;
- la portance  $\vec{P}_o$ , force aérodynamique de même direction que le poids mais de sens opposé, dont la norme est donnée par l'expression  $P_o = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C_z$  avec :
  - $\rho$  la masse volumique de l'air en kg·m<sup>-3</sup> ;
  - $S$  aire de la surface des ailes en m<sup>2</sup> ;
  - $C_z$  le coefficient de portance, sans unité ;
  - $V$  la vitesse en m·s<sup>-1</sup>.

L'objectif de cet exercice est d'expliquer pourquoi *Solar Impulse 2* (document 1) ne peut pas avoir la même vitesse de croisière le jour et la nuit.

### Étude de la vitesse de jour

L'avion *Solar Impulse 2* vole à une altitude de 8 500 m. À cette altitude, l'intensité de pesanteur est de  $9,78 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

1. Calculer la valeur du poids  $\vec{P}$  de *Solar Impulse 2* volant à l'altitude de 8 500 m.

On suppose que *Solar Impulse 2* se déplace horizontalement de la droite vers la gauche d'un observateur à vitesse constante.

2. Schématiser les quatre forces qui agissent sur *Solar Impulse 2* en supposant qu'elles s'appliquent au centre de gravité de l'avion, sans souci d'échelle mais en tenant compte de la cohérence des normes des vecteurs. Nommer explicitement les quatre forces sur le schéma.

La valeur de la masse volumique de l'air  $\rho$  à l'altitude de 8 500 m est égale à  $0,480 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . On considère que la valeur de la portance est de 22,5 kN.

3. Vérifier que la valeur de la vitesse de croisière de l'avion à 8 500 m d'altitude est de  $27,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
4. Comparer cette vitesse à la vitesse de croisière attendue pour *Solar Impulse 2* lors d'un vol de jour.

### Étude de la vitesse de nuit

Pendant le vol de nuit, les moteurs sont alimentés par des batteries Lithium-Métal-Polymère.

### Document 4 : capacité de stockage des batteries

Avec une densité énergétique de  $260 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ , les accumulateurs nécessaires pour le vol de nuit pèsent 400 kg (un peu plus du quart de la masse totale de l'avion). Ce paramètre oblige à réduire drastiquement la masse du reste de l'avion, à optimiser toute la chaîne énergétique et à maximiser le rendement aérodynamique par un grand allongement et un profil d'aile conçu pour les basses vitesses.

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Solar\\_Impulse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse) (téléchargé le 9/11/20)

5. Représenter, sur le **document réponse**, à rendre avec la copie, le sens conventionnel du courant électrique d'intensité  $I$  et le sens de circulation des électrons notés  $e^-$  à l'extérieur de la batterie quand elle débite.
6. Donner le nom des réactions (oxydation ou réduction) qui se produisent au pôle négatif et au pôle positif.

*Le couple oxydant-réducteur mis en jeu au pôle négatif de la batterie est  $\text{Li}^+ / \text{Li}$ .*

7. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction de la réaction se produisant au pôle négatif.

*L'énergie nécessaire pour un fonctionnement à la vitesse de croisière de jour est de 688 kWh.*

8. Justifier que, pendant la nuit, les batteries ne permettent pas de garder la vitesse de croisière de jour.

**Document réponse, à rendre avec la copie**

**Exercice 4B**

Question n°5 : principe de fonctionnement de la batterie

