

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2018

**Sciences et Technologies de l'Industrie
et du Développement Durable
et
Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire**

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

Le document réponse page 11/11 est à rendre impérativement avec la copie.

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

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

L'avion solaire Solar Impulse 2 a traversé l'Atlantique

L'avion solaire Solar Impulse 2 a atterri jeudi 23 juin 2016 à Séville, après avoir décollé de New York le lundi 20 juin 2016, réussissant ainsi sa première traversée de l'Atlantique.

"Je ne peux pas réaliser, c'est tellement fantastique", s'est exclamé Bertrand Piccard, en contact avec le centre de contrôle de l'avion à Monaco.

Dans ce sujet, vous réfléchirez aux performances des panneaux solaires ainsi qu'aux spécificités des batteries embarquées permettant le vol de nuit et au choix du plan de vol de l'avion.



Partie 1 : les panneaux solaires de Solar Impulse 2 sont-ils vraiment performants ?

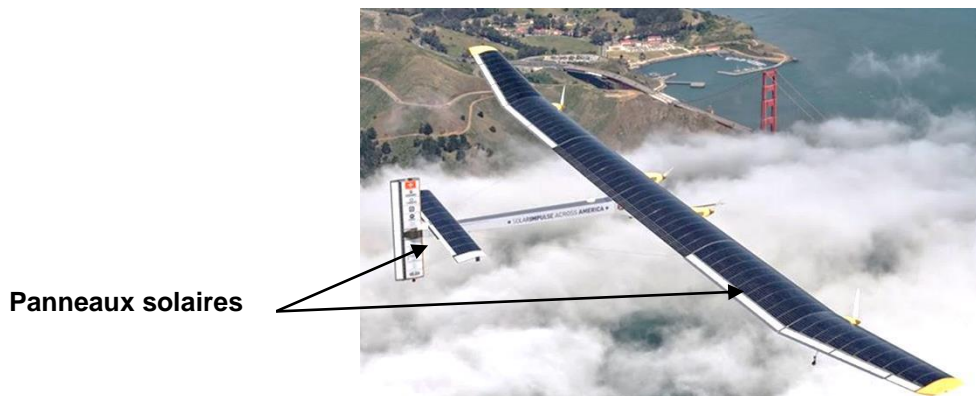
Partie 2 : comment justifier le choix des batteries de Solar Impulse 2 ?

Partie 3 : analyse du plan de vol de Solar Impulse 2

Les différentes parties du sujet peuvent être traitées indépendamment les unes des autres. **Elles nécessitent d'utiliser les documents placés en fin de chacune des parties et le document réponse placé à la fin du sujet (à rendre avec la copie).**

Partie 1 - Les panneaux solaires de Solar Impulse 2 sont-ils performants ?

Solar Impulse 2 est presque entièrement recouvert de panneaux solaires photovoltaïques.



Les matériaux semi-conducteurs utilisés pour constituer les cellules photovoltaïques sont le résultat de nombreuses recherches.

1.1 Déterminer la longueur d'onde des photons pour lesquels la réponse spectrale du semi-conducteur est maximale.

1.2 À quel domaine des ondes lumineuses ces photons appartiennent-ils ? Justifier.

1.3 Indiquer si ces photons sont ionisants.

Données :

$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (constante de Planck).

Énergie d'un photon : $E = h \times \nu$ avec ν fréquence de l'onde associée au photon en Hertz

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

1.4 Expliquer pourquoi ce type de matériau présente un intérêt dans le fonctionnement des cellules photovoltaïques ?

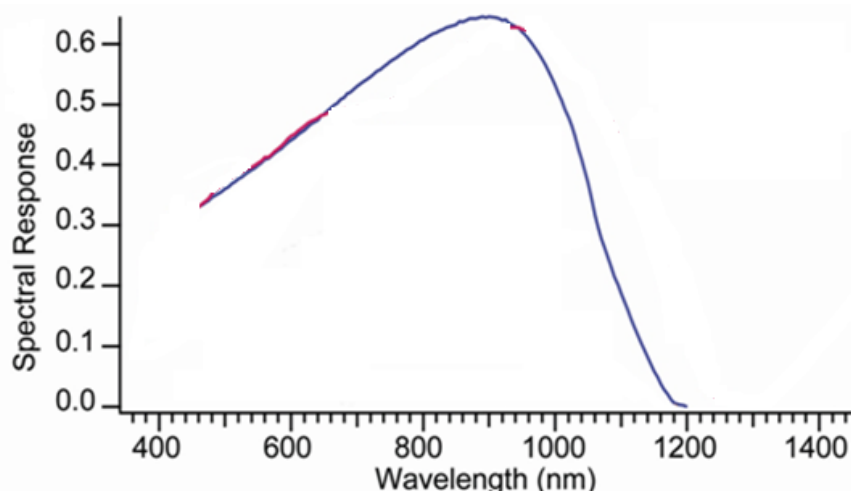
1.5 Pendant les 14 heures de vol de jour, la puissance surfacique moyenne du rayonnement solaire réellement disponible est de $450 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Calculer dans ces conditions l'énergie solaire en kWh reçue par l'ensemble des panneaux pendant cette durée.

1.6 Les mesures effectuées ont permis de montrer que l'énergie électrique disponible à la sortie des panneaux solaires était de l'ordre de 370 kWh par jour. En déduire le rendement des panneaux solaires utilisés pour Solar Impulse 2.

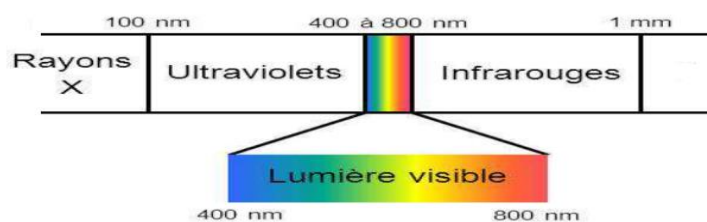
1.7 Les propos annoncés par la firme américaine Sun Power dans le **document 1.6** sont-ils justifiés ? Argumenter votre réponse en vous appuyant sur les documents à votre disposition et les résultats obtenus.

DOCUMENTS RELATIFS A LA PARTIE 1

Document 1.1 - Réponse spectrale du semi-conducteur constituant les panneaux photovoltaïques de Solar Impulse 2



Document 1.2 - Ondes électromagnétiques

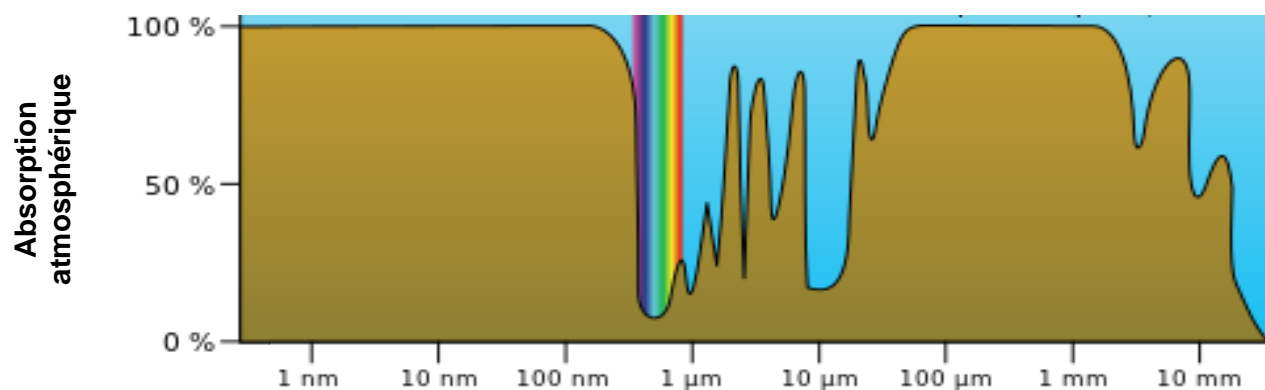


Document 1.3 - Spécificité des ondes électromagnétiques

Un rayonnement est dit ionisant lorsqu'il est susceptible de transformer une entité chimique (atomes ou molécules) en ion.

Effet du rayonnement	Rayonnement non ionisant	Rayonnement ionisant
Ordre de grandeur de l'énergie en eV	De 10^{-13} eV à 10 eV	De 10 eV à 10^7 eV

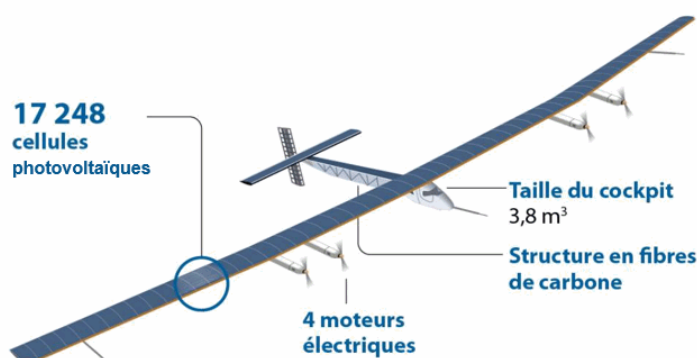
Document 1.4 - Absorption atmosphérique du rayonnement solaire pour des radiations lumineuses de longueurs d'onde comprises entre 1 nm et 10 mm



Longueur d'onde

Document 1.5 - Caractéristiques techniques de Solar Impulse 2

- Envergure 73 m
- Longueur : 22,40 m
- Masse totale : 2300 kg
- Surface des panneaux : 270 m²



Document 1.6 - Rendement des panneaux solaires de Solar Impulse 2

L'Américain SunPower, filiale du groupe Total, revendique un nouveau record mondial en terme de rendement de conversion de ses panneaux photovoltaïques série X. Après test et vérification par le laboratoire américain NREL, le modèle X22, récemment lancé sur le marché afficherait un résultat remarquable. Cette stratégie lui a permis d'être présent sur des projets de prestige tels que le bateau solaire MS Planet Tûranor ou encore d'équiper l'avion solaire Solar Impulse 2.

Document 1.7 - Rendements électriques de quelques technologies de panneaux solaires

Type de matériaux	Rendement maximal d'une cellule en laboratoire	Rendement d'un module
Monocristallin	25,0 %	15 - 20 %
Polycristallin	20,4 %	13 - 16 %
Silicium ruban	19,7 %	11 - 15 %
Silicium amorphe	13 %	5 - 9 %
Silicium micromorphe	13 %	6,5 - 9,5 %
Cellule hybride HIT	21,5 %	15 - 17,7 %
CIGS	20,3 %	7 - 13 %
CdTe	17,3 %	7 - 11 %
Cellule organique	8,3 %	1 - 5 %

Partie 2 - Comment justifier le choix de batteries lithium-ion-polymère ?

Pour assurer le vol de nuit, Solar impulse 2 est équipé de batteries au lithium-ion-polymère dont le schéma de principe est indiqué dans le **document 2.1**.

Le fonctionnement de l'avion est étudié pour un vol en palier stabilisé à 8500 m d'altitude à une vitesse constante.

2.1 Exprimer et calculer en kWh l'énergie E_{Batt} nécessaire pour effectuer un vol de nuit de 10 heures en supposant que la puissance électrique nécessaire à la traction de l'avion est de 6,0 kW.

2.2 Quel est l'oxydant du couple oxydant-réducteur mis en jeu à l'anode ? S'agit-il d'une oxydation ou d'une réduction ? Justifier.

2.3 Montrer que la quantité d'électricité fournie par les batteries vaut $Q = 7,2 \cdot 10^5$ C. On suppose que la tension aux bornes des batteries vaut $U = 300$ V.

2.4 Calculer, en mol, la quantité d'électrons échangés dans ces conditions ?

Donnée : la charge électrique d'1 mole d'électrons est de 96 500 C.

2.5 Montrer que la masse de lithium consommée pendant une nuit de 10 heures est proche de $m_{Nuit}(\text{Li}) = 52$ g.

Donnée : la masse molaire du lithium est $M(\text{Li}) = 6,9$ g·mol⁻¹.

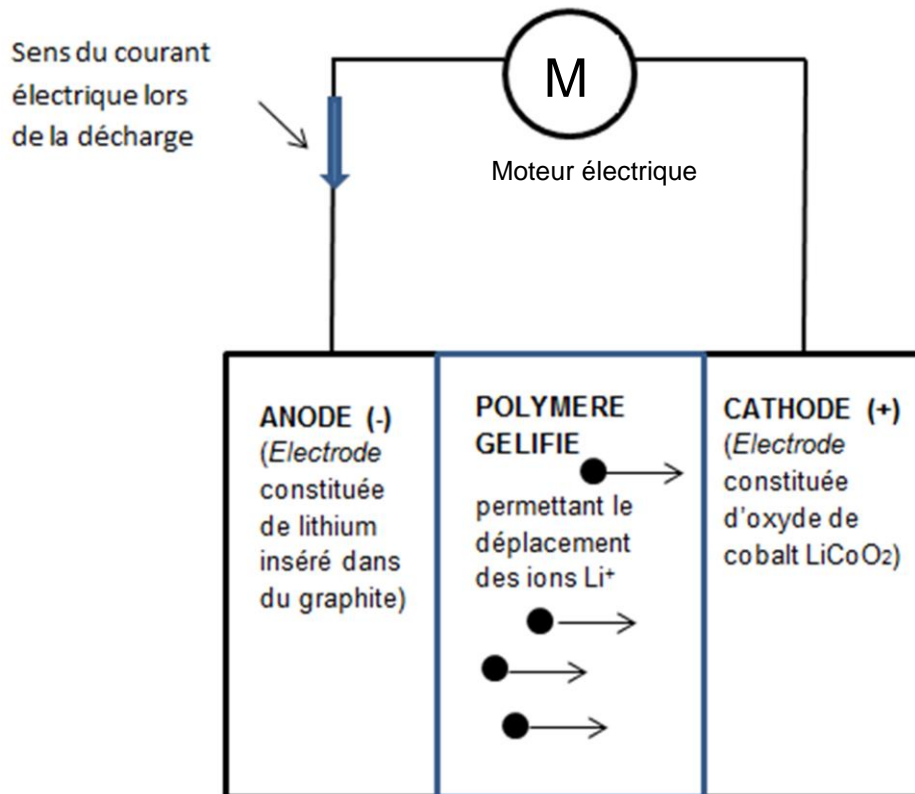
2.6 La masse maximale de lithium oxydable disponible lors de la décharge totale des batteries de Solar impulse 2 est $m(\text{Li}) = 142$ g. Retrouver, par le calcul, la valeur de l'énergie totale disponible avec les batteries décrites dans le **document 2.2**.

2.7 En déduire la densité énergétique massique des batteries au lithium-ion-polymère en kWh·kg⁻¹.

2.8 Dans le **document réponse (page 11)**, indiquer à l'aide d'une croix la position des batteries d'accumulateurs lithium-ion-polymère utilisées pour Solar Impulse. Quels sont les avantages de ces batteries ?

DOCUMENTS RELATIFS À LA PARTIE 2

Document 2.1 - Décharge d'une batterie au Lithium-Ion-Polymère



Le courant électrique est produit à l'extérieur de l'accumulateur Li-ion par la circulation d'électrons entre deux électrodes :

- une électrode négative qui est le siège de la transformation chimique suivante :
 $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$
- une électrode positive qui est le siège de la transformation chimique suivante :
 $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$

Lors de décharge, les ions issus de ce transfert d'électrons traversent le polymère gélifié suivant le sens de la flèche.

Document 2.2 - Spécificités des batteries lithium-ion-polymère adaptées aux avions

Les batteries pour le Solar Impulse 2 ont été produites par le fabricant Air Energy. Leur durée de vie est importante et leur structure déformable. Le fabricant affirme qu'il a deux ans d'avance sur ses concurrents.

Spécifications des batteries de Solar Impulse 2 :

- Masse totale des batteries : environ 660 kg
- Tension élevée : de 210 à 304,5 V continu
- Énergie totale disponible : 164 kWh
- Énergie volumique : 350 Wh/L

Partie 3 - Analyse du plan de vol de Solar Impulse

Un avion motorisé est soumis à trois types d'actions mécaniques lors d'un vol en palier stabilisé :

- la poussée du réacteur ou la traction \vec{T} de l'hélice entraînée par le moteur ;
- le poids \vec{P} , effet de la gravité terrestre sur la masse de l'appareil ;
- la résultante des forces aérodynamiques décomposée en portance et en traînée :
 - * la portance \vec{L} , créée par le déplacement dans l'air d'une aile profilée, est opposée au poids.
 - * la traînée \vec{D} , somme des résistances aérodynamiques, est opposée au mouvement.

Compléments scientifiques

Principe de l'inertie :

Pour un observateur terrestre, tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, s'il est soumis à des actions mécaniques qui se compensent ou s'il n'est soumis à aucune action mécanique.

Expression littérale l'intensité de la force de traînée :

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

où ρ est la masse volumique de l'air à l'altitude considérée ;
 S est la surface de l'avion soumise à la force de traînée en m^2 ;
 v est la vitesse en $m \cdot s^{-1}$;
 C_x coefficient de traînée.

3.1 En vol horizontal stabilisé, l'avion a un mouvement rectiligne et uniforme. Justifier le fait que les intensités de la force de traction T et de la force de traînée D sont égales.

3.2 En effectuant une analyse dimensionnelle, montrer que le coefficient de traînée C_x intervenant dans l'expression littérale de l'intensité de la traînée n'a pas d'unité.

3.3 Compte tenu de l'expression de l'intensité de la traînée, montrer que la puissance P_M développée en vol stabilisé à vitesse constante par les moteurs peut s'écrire sous la forme :

$$P_M = \frac{1}{2} \times S \times C_x \times \rho \times v^3$$

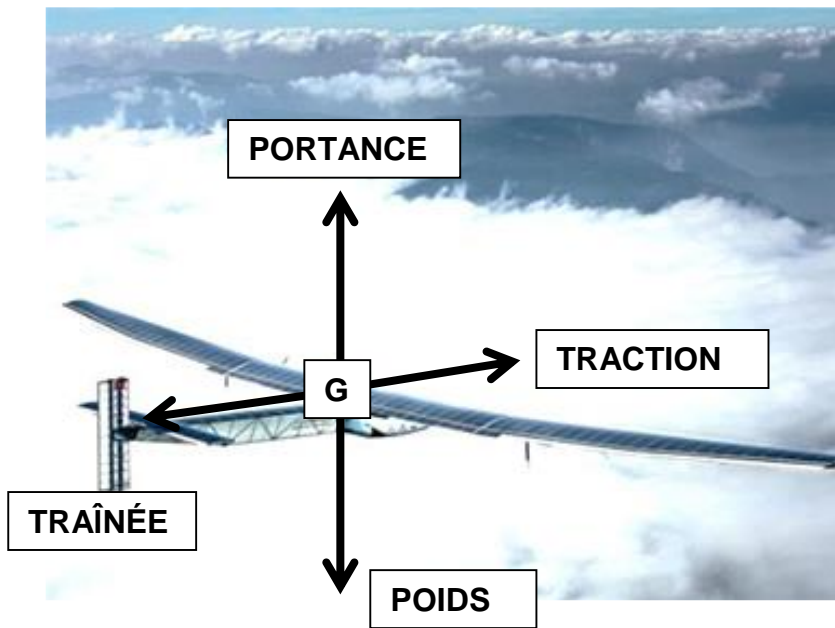
3.4 En supposant que la vitesse de l'avion est maintenue constante, comment varie cette puissance en fonction de l'altitude ?

3.5 Calculer la valeur de la puissance développée par les moteurs à 2000 mètres d'altitude pour une vitesse de $45 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et un coefficient $C_x = 0,012$. On admettra que la surface S de l'avion soumise à la force de traînée est de 197 m^2 .

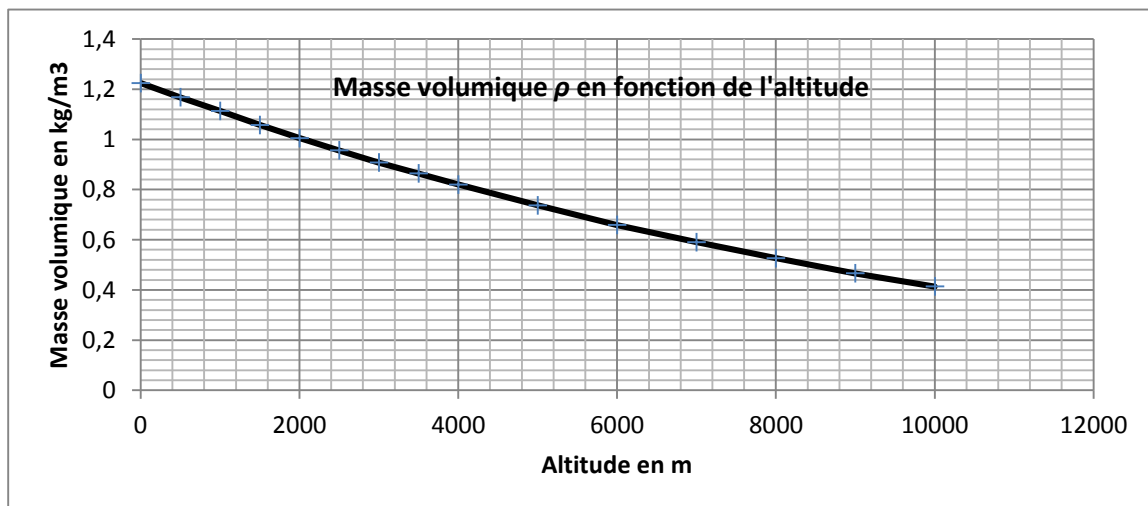
3.6 Quels arguments énergétiques peut-on évoquer pour expliquer les différentes étapes du plan de vol de l'avion sur 24 heures ?

DOCUMENTS RELATIFS À LA PARTIE 3

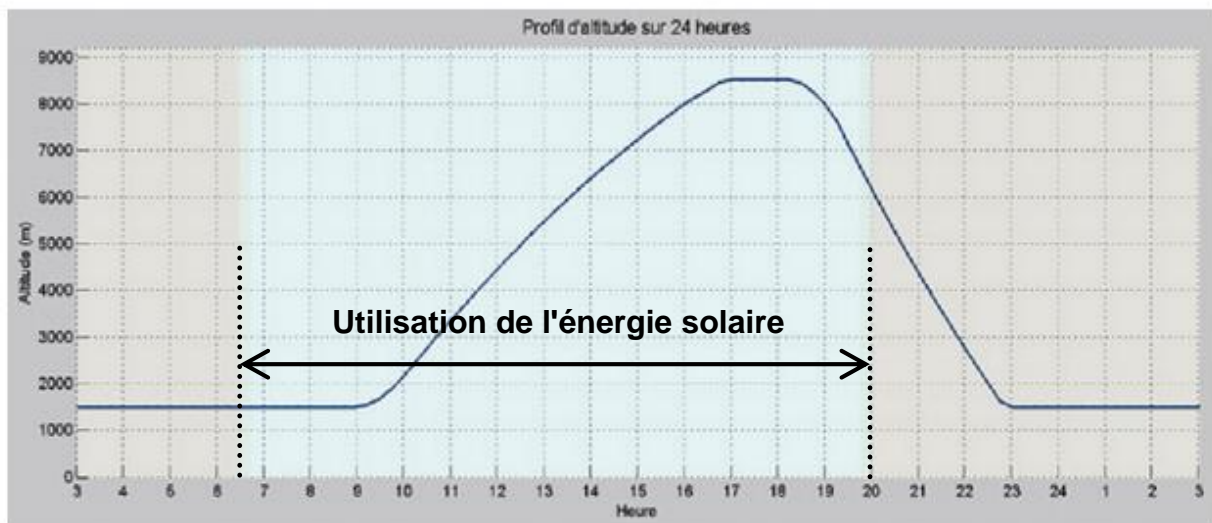
Document 3.1 - Actions mécaniques représentées par des forces exercées au centre de masse G de SOLAR IMPULSE 2 en vol horizontal stabilisé.



Document 3.2 - Masse volumique de l'air atmosphérique en fonction de l'altitude



Document 3.3 - Plan de vol de Solar Impulse 2



Entre 23h00 et 6h30, l'avion utilise ses batteries pour faire fonctionner les moteurs pour se maintenir à une altitude 1500 m.

De 6h30 et jusqu'à 18h30, l'avion utilise directement l'énergie solaire pour faire fonctionner les moteurs et charger les batteries.

De 18h30 à 23h00, les moteurs sont éteints et l'avion amorce sa descente en planant jusqu'à 1500 m d'altitude.

**LE DOCUMENT RÉPONSE EST À RENDRE AVEC LA COPIE
(même non complété)**

Document réponse

Énergie volumique en $\text{Wh}\cdot\text{L}^{-1}$ en fonction de l'énergie massique en $\text{Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour quelques types de batteries.

