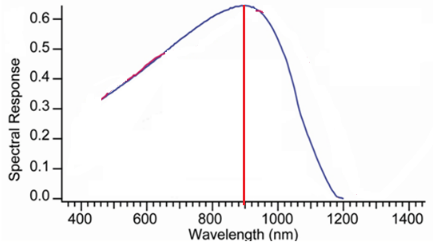
L'avion solaire Solar Impulse 2 a traversé l'Atlantique

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

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



D'après le document 1.1, la réponse spectrale du semi-conducteur est maximale pour une longueur d'onde de 900 nm.

1.2 Domaine des ondes lumineuses.

D'après le document 1.2, ces photons appartiennent au domaine de l'infrarouge.

1.3 Calcul de l'énergie de ces photons.

On a la relation :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}6\times10^{-34}\times3{,}0\times10^{8}}{900\times10^{-9}} = 2{,}2\times10^{-19}\ J$$

$$E = \frac{2{,}2\times10^{-19}}{1{,}6\times10^{-19}} = 1{,}375\, eV$$

D'après le document 1.3, ces rayonnements sont non ionisants car ils appartiennent à l'intervalle 10^{-13} eV à 10 eV.

1.4 Ce type de matériau présente un intérêt dans le fonctionnement des cellules photovoltaïques car, d'après le document 1.4, ce rayonnement à 900 nm n'est absorbé qu'à environ 20 % par l'atmosphère. Les panneaux solaires pourront donc recevoir un grand nombre de photons dans ce domaine de longueur d'onde. Cela permet donc un bon fonctionnement des panneaux solaires.

1.5 Calcul dans ces conditions l'énergie solaire en kWh reçue par l'ensemble des panneaux pendant cette durée.

D'après le document 1.5 la surface des panneaux solaires est de 270 m^2. Donc la puissance solaire reçue est de :

$$P_r = 450\times270 = 1{,}215\times10^{5}\ W = 121{,}5\, kW$$

Donc l'énergie solaire est de :

$$E = P_r\times\Delta t = 121{,}5\times14 = 1701\, kWh$$

1.6 Calcul du rendement des panneaux solaires utilisés pour Solar Impulse 2.

On a la relation :

$$\eta = \frac{P_u}{P_r} = \frac{370}{1701} = 0{,}218 \quad soit \quad 21{,}8\%$$

1.7 D'après le document 1.6, l'Américain SunPower a établi un record en ce qui concerne le rendement pour un panneau solaire. Or d'après la question précédente, le rendement de ces panneaux solaires est de 21,8 %. Ce qui est bien supérieur à tous les rendements donnés dans le document 1.7. Les propos annoncés par la firme américaine sont donc cohérents.

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

2.1 Calcul en kWh de l'énergie E_{Batt} nécessaire pour effectuer un vol de nuit

On a la relation :

$$E_{Batt} = P \times \Delta t = 6 \times 10 = 60\ kWh$$

2.2 L'oxydant du couple oxydant-réducteur mis en jeu à l'anode est Li^+. Il s'agit d'une oxydation car il y a perte d'électrons.

2.3 Calcul de la quantité d'électricité fournie par les batteries.

On a la relation :

$$E_{Batt} = Q \times U \quad donc \quad Q = \frac{E_{Batt}}{U} = \frac{60 \times 10^3 \times 3600}{300} = 7{,}2 \times 10^5\ C$$

2.4 Calcul, en mol, de la quantité d'électrons échangés dans ces conditions.

On a la relation :

$$Q = n_{e^-} \times F \quad donc \quad n_{e^-} = \frac{Q}{F} = \frac{7{,}2 \times 10^5}{96500} = 7{,}46\ mol$$

2.5 Calcul de la masse de lithium consommée pendant une nuit de 10 heures.

On a la relation :

$$n = \frac{m_{nuit(Li)}}{M} \quad donc \quad m_{Nuit(Li)} = n \times M = 7{,}46 \times 6{,}9 = 51{,}5\ g$$

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

2.6 Calcul de la valeur de l'énergie totale disponible avec les batteries.

D'après les questions précédentes, on sait que pour E_{Batt} = 60 kWh, la masse de lithium consommée est de 52 g. Donc pour une masse de 142 g, l'énergie totale sera de :

$$E_{Totale} = \frac{60 \times 142}{52} = 164\ kWh$$

On retrouve bien la valeur de l'énergie totale disponible avec les batteries décrites dans le document 2.2.

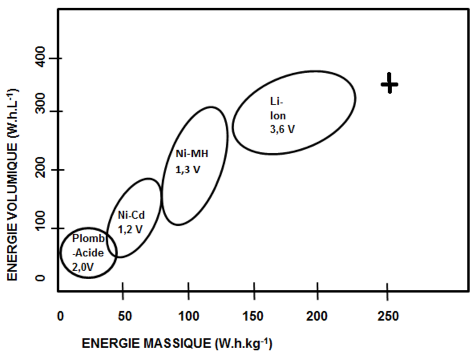
2.7 Calcul de la densité énergétique massique des batteries au lithium-ion-polymère.

D'après le document 2.2, la batterie a une masse de 660 kg. Donc la densité énergétique de la batterie est de :

$$E_{Massique} = \frac{E_{Totale}}{m} = \frac{164}{660} = 0{,}248\ kWh.kg^{-1}$$

2.8 Position des batteries d'accumulateurs lithium-ion-polymère utilisées pour Solar Impulse.

D'après le document 2.2, l'énergie volumique de la batterie est de 350 $Wh.L^{-1}$. Et son énergie massique est de 248 $Wh.kg^{-1}$. Sa position est donc la suivante :



Ces batteries sont plus performantes que les autres types de batteries et elles permettent de stocker plus d'énergie pour un volume et une masse moins importants que les autres.

PARTIE 3 - Analyse du plan de vol de Solar Impulse

3.1 En vol horizontal stabilisé, l'avion a un mouvement rectiligne et uniforme, donc les forces qui s'exercent sur l'avion se compensent d'après le principe d'inertie. Verticalement, le poids et la portance se compensent. De même, horizontalement, la trainée et la traction se compensent. Cela signifie que les intensités de la force de traction T et de la force de trainée D sont égales.

3.2 Coefficient de traînée Cx intervenant dans l'expression littérale de l'intensité de la traînée n'a pas d'unité.

D'après la relation du coefficient de trainée :

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

D est exprimée en newton (N) c'est-à-dire en kg.m.s^{-2}

ρ est exprimée en kg.m^{-3}

S est exprimée en m^2

v est exprimée en m.s^{-1} donc v^2 est exprimée en m^2.s^{-2}

Donc le produit ρ×S×v^2 est exprimé en kg.m.s^{-2}

On retrouve ici l'unité de D. Cela signifie que le coefficient de trainée Cx n'a pas d'unité.

3.3 Expression de la puissance P_M développée en vol stabilisé à vitesse constante par les moteurs.

On sait que :

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

De plus, on a la relation :

$$P_M = T \times v \quad donc \quad P_M = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times Cx \times v^2 \times v = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times Cx \times v^3$$

3.4 Variation de la puissance en fonction de l'altitude.

On sait que la vitesse reste constante. D'après le document 3.2, la masse volumique ρ diminue lorsque l'altitude augmente. Donc, d'après la relation précédente, la puissance P_M est proportionnelle à la masse volumique ρ donc la puissance P_M diminue lorsque l'altitude augmente.

3.5 Calcul de la valeur de la puissance développée par les moteurs à 2000 mètres d'altitude.

D'après le document 3.2, à 2000 m d'altitude, la masse volumique ρ est de 1 kg.m^{-3}. Donc en utilisant la relation de la question 3.3 et en exprimant la vitesse en m.s^{-1}, on obtient :

$$P_M = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times Cx \times v^3 = \frac{1}{2} \times 1 \times 197 \times 0{,}012 \times \left(\frac{45}{3{,}6}\right)^2 = 2{,}31 \times 10^3\ W$$

3.6 De 6h30 à 18h30, l'avion utilise uniquement l'énergie solaire pour faire fonctionner le moteur et recharger les batteries. Cela lui permet donc d'augment son altitude de vol sans consommer d'énergie supplémentaire.

Lors de l'étape précédente, l'avion a pu avoir une altitude élevée. Cela va lui permettre, lors de l'étape de 18h30 à 23 h, d'arrêter les moteurs et de ne pas consommer d'énergie pour redescendre à l'altitude 1500 m. Cette étape se fait grâce à l'énergie potentielle.

Enfin, lors de la dernière, étape il utilise l'énergie électrique de la batterie pour faire fonctionner les moteurs. Les différentes étapes du plan de vol sont donc justifiées pour économiser de l'énergie.