

UN PROJET NOVATEUR: SOLAR IMPULSE 2

PARTIE A - EXAMEN MÉDICAL PRÉPARATOIRE DU PILOTE

A.1. Une scintigraphie du myocarde peut être prescrite au pilote dans le but de vérifier :

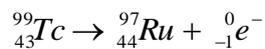
- la bonne irrigation du cœur par les artères et les coronaires
- le bon fonctionnement du muscle cardiaque

A.2. Le technétium 99 (Tc 99), émetteur β^- , est utilisé pour cet examen. C'est le plus courant des isotopes de cet élément.

A.2.1. Des noyaux sont isotopes s'ils possèdent le même nombre de protons mais un nombre de neutrons (nucléons) différents.

A.2.2. Equation de désintégration β^- du Tc 99.

Le technétium 99 (Tc 99) est émetteur β^- donc la particule émise est un électron. L'équation de désintégration est donc :



Le noyau fils est un noyau de ruthénium 99.

A.3. Lors de la désintégration du Tc 99, un des rayonnements émis possède une énergie, E, égale à 294 keV.

A.3.1. Expression littérale de la longueur d'onde, λ , de ce rayonnement dans le vide, en fonction de E et des constantes physiques.

On a la relation suivante :

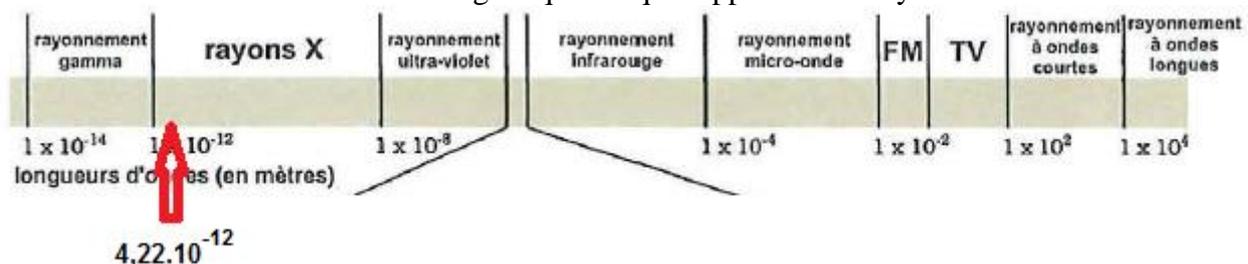
$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

A.3.2. Calcul de la valeur numérique de λ , en picomètres

Dans la relation donnée précédemment, l'énergie doit être exprimée en joules.

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{294 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 4,22 \times 10^{-12} \text{ m} = 4,22 \text{ pm}$$

A.3.3. Domaine des ondes électromagnétiques auquel appartient ce rayonnement.

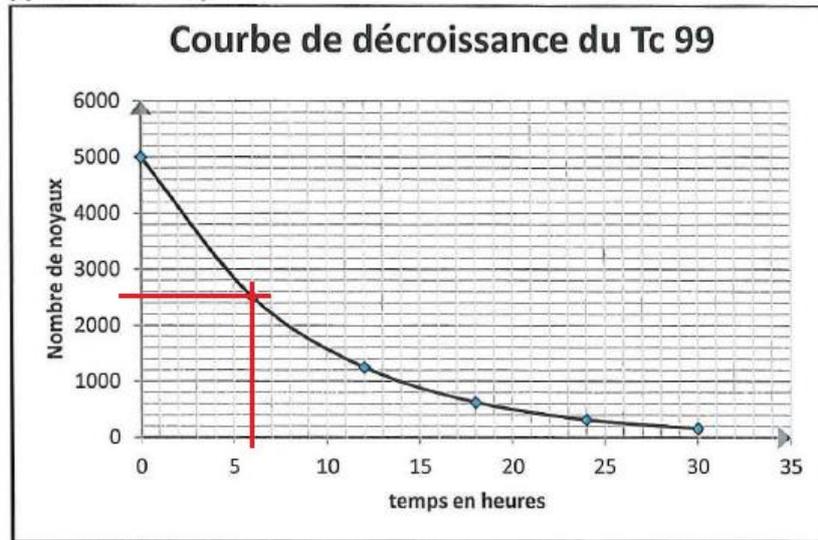


Ce rayonnement appartient au domaine du rayonnement X.

A.4 La demi-vie d'un échantillon radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents a été désintégrée.

A.4.2 La demi-vie du technétium est compatible avec un examen médical car sa valeur est de 6 h. Cette demi-vie est faible donc au bout de quelques jours, l'échantillon n'est plus radioactif.

A.4.3 Détermination de la demi-vie à l'aide de la courbe :



A l'instant initial, le nombre de noyaux radioactifs est de 5000. Donc au bout d'une durée d'une demi-vie, le nombre de noyaux restants radioactifs est divisé par deux, c'est-à-dire 2500. Pour cette valeur, on peut déterminer graphiquement la durée qui correspond à la demi-vie. On retrouve bien 6 h comme demi-vie.

A.5 Lors de l'examen médical le pilote de 75 kg reçoit une dose de 2, 5 mL de Tc 99 d'activité $A_0 = 62$ MBq. Quelques minutes plus tard, les premières images du coeur sont visualisées grâce à une gamma-caméra à scintillations.

A.5.1 Définition de l'activité d'un échantillon

L'activité d'un échantillon correspondant au nombre de désintégration par seconde.

A.5.2 Relation entre le nombre de noyaux radioactifs, N, d'un échantillon et son activité, A.

D'après le document A5, on a la relation suivante :

$$A = \lambda N$$

A.5.3 Calcul du nombre de noyaux radioactifs, N_0 , reçus par le patient lors de l'injection.

$$A = \lambda N \quad \text{donc} \quad N = \frac{A}{\lambda} = \frac{62 \times 10^6}{3,21 \times 10^{-5}} = 1,93 \times 10^{12} \text{ noyaux}$$

A.5.4 Calcul de la masse, m_0 , de technétium reçue par le pilote.

D'après les données, la masse d'un noyau de technétium 99 est de $1,65 \times 10^{-25}$ kg

$$\text{Donc : } m_0 = 1,93 \times 10^{12} \times 1,65 \times 10^{-25} = 3,18 \times 10^{-13} \text{ kg}$$

A.5.5 L'unité de la dose d'énergie absorbée, D est le Gray

A.5.6 Calcul de la dose d'énergie, D, absorbée par le pilote.

D'après l'énoncé, on a la relation :

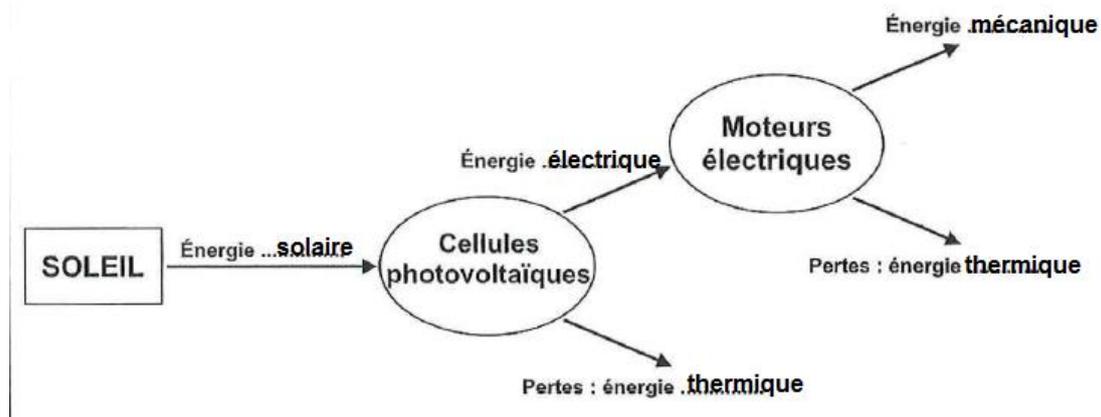
$$D = \frac{E}{m} = \frac{1,0 \times 10^{-2}}{75} = 1,3 \times 10^{-4} \text{ Gy}$$

A.5.7 Les risques pour l'organisme humain lié à la radioactivité sont les brûlures ou des nausées pour des effets immédiats et des cancers ou leucémies pour des effets à plus long terme.

PARTIE B - ÉCHANGES ÉNERGÉTIQUES SOLEIL-CELLULES ET CELLULES-BATTERIES

B.1. Bilan énergétique pour les cellules photovoltaïques

B.1.1 Chaîne énergétique du document réponse.



B.1.2 Calcul de la puissance solaire moyenne, P_R , absorbée par l'ensemble des cellules photovoltaïques, pendant que le Soleil brille.

$$P_R = E \times S = 380 \times 269,5 = 102410 \text{ W} = 1,024 \times 10^5 \text{ W}$$

B.1.3 Calcul de l'énergie solaire, E_R , reçue par l'ensemble des cellules photovoltaïques lors d'une journée de vol.

$$E_R = P_R \times t = 102410 \times 14 = 1,43 \times 10^6 \text{ W.h}$$

B.1.4 Expression de l'énergie, E_{mot} reçue par les moteurs, en fonction du rendement, η , des cellules et de l'énergie, E_R .

On a la relation :

$$\eta = \frac{E_u}{E_a} = \frac{E_{mot}}{E_R} \quad \text{donc} \quad E_{mot} = \eta \times E_R$$

$$E_{mot} = \eta \times E_R = 0,227 \times 1,43 \times 10^6 = 3,25 \times 10^5 \text{ W.h}$$

B.2 Bilan énergétique pour la propulsion

B.2.1 Calcul, en watts, de la puissance totale, P'_{mot} , pour l'ensemble des quatre moteurs de Solar Impulse 2.

D'après le document 1, la puissance d'un moteur électrique est de 17,5 cv et 1 cv = 0,736 kW

$$P'_{mot} = 4 \times 17,5 \times 0,736 = 51,52 \text{ kW} = 5,15 \times 10^4 \text{ W.h}$$

B.2.2 Calcul de l'énergie, E'_{mot} nécessaire à leur fonctionnement pendant une journée de 14 h.

$$E'_{mot} = P'_{mot} \times t = 5,15 \times 10^5 \times 14 = 7,21 \times 10^5 \text{ W.h}$$

B.2.3 L'énergie, E_{mot} n'est pas suffisante pour alimenter les quatre moteurs de l'avion car cette énergie est inférieure à E'_{mot} .

B.3 Rôle des batteries en décharge

B.3.1 Ces batteries lithium-polymères pour Solar Impulse 2 ont été choisies car elle possèdent une masse plus faible et une quantité d'énergie stockée plus grande.

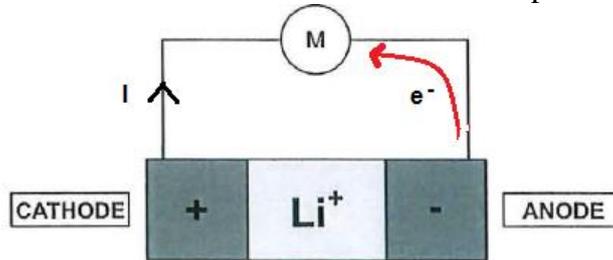
B.3.2 L'oxydant qui réagit lors de la décharge est MnO_2 car il capte des électrons.

B.3.3 Equation de la réaction ayant lieu lors de la décharge des batteries.

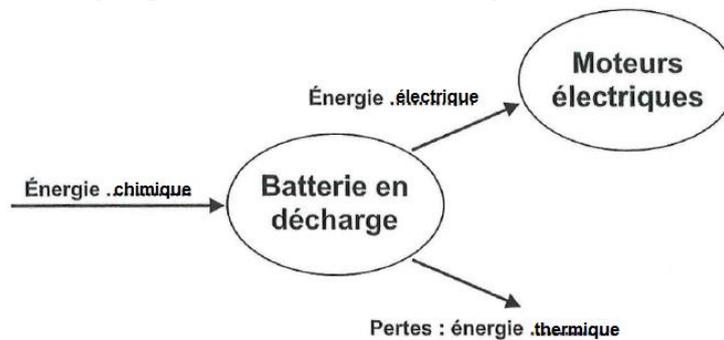
Nous avons les deux demi-équations suivantes :



B.3.4 Sens du courant et des électrons sur le document réponse.



B.3.5 Chaîne énergétique des batteries en décharge :



B.3.6 Calcul de l'énergie disponible, E_{batt} des batteries lorsqu'elles sont complètement chargées.

D'après le document 4, la masse totale est de 660 kg pour une densité énergétique de 260 W.h.kg^{-1} .

$$E_{\text{batt}} = 660 \times 260 = 1,72 \times 10^5 \text{ W.h}$$

B.3.7 Calcul de l'énergie disponible vaut $E_{\text{aM}} = 1,48 \times 10^2 \text{ kW.h}$ à l'entrée des moteurs.

D'après le document 4, le rendement est de 86 % donc :

$$E_{\text{aM}} = E_{\text{batt}} \times \eta = 1,72 \times 10^5 \times 0,86 = 1,48 \times 10^5 \text{ W.h} = 1,48 \times 10^2 \text{ kW.h}$$

B.3.8 Calcul du temps pour que Solar Impulse 2 puisse voler sans soleil.

$$t = \frac{1,48 \times 10^2}{50} = 2,96 \text{ h}$$

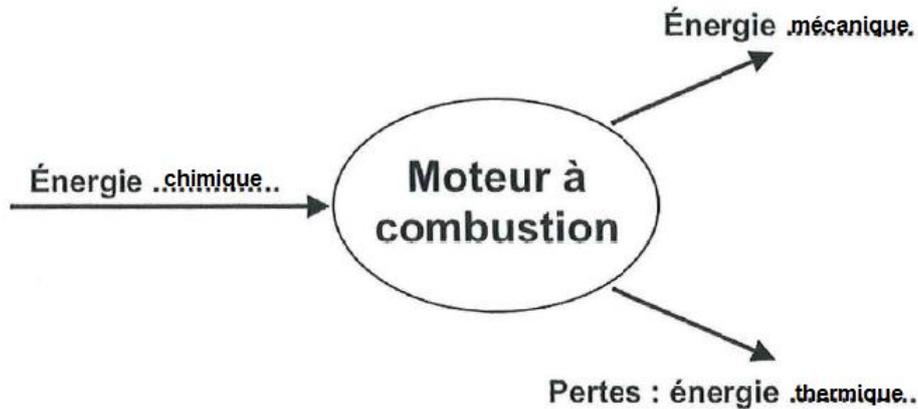
Les batteries ne permettent pas de tenir toute la nuit pour faire fonctionner l'avion.

PARTIE C - ET SI SOLAR IMPULSE 2 FONCTIONNAIT AVEC DES MOTEURS THERMIQUES ?

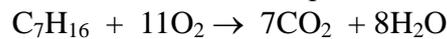
C.1. Énergie fossile et combustion

C.1.1 Une énergie fossile est une énergie non renouvelable comme le pétrole, le charbon ou le gaz. Les scientifiques ont développé le projet Solar Impulse pour montrer que l'on pouvait se déplacer sans utiliser d'énergie fossile et de ne pas rejeter de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

C.1.2 Chaîne énergétique du document réponse 8.



C.1.3 Equation de combustion de l'heptane :



C.1.4 Signification des pictogrammes de sécurité relatifs à l'heptane, figurant sur le document

C1.

Pictogramme 1 : Nocif, irritant

Pictogramme 2 : Inflammable

Pictogramme 3 : Dangereux pour l'environnement

Pictogramme 4 : Danger pour la santé

C.1.5 Calcul de l'enthalpie standard de réaction de combustion de l'heptane serait

On a la relation :

$$\Delta_r H^0(298\text{ K}) = 7\Delta_f H_{\text{CO}_2}^0 + 8\Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - \Delta_f H_{\text{C}_7\text{H}_{16}}^0 - 11\Delta_f H_{\text{O}_2}^0$$

$$\Delta_r H^0(298\text{ K}) = 7 \times (-393,5) + 8 \times (-285,8) - (-245,2) - 11 \times 0 = -4795,7 \text{ kJ.mol}^{-1} = -4796 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

C.2. Rendement des moteurs à combustion

L'énergie mécanique nécessaire à un vol de 48 h est d'environ $9,0 \times 10^9$ J.

C.2.1 Calcul de l'énergie chimique, E_{chim} qui serait nécessaire pour que le vol puisse avoir

lieu.

On a la relation :

$$\eta = \frac{E_m}{E_{\text{chim}}} \quad \text{donc} \quad E_{\text{chim}} = \frac{E_m}{\eta} = \frac{9 \times 10^9}{0,2} = 4,5 \times 10^{10} \text{ J}$$

C.2.2. a) Calcul de la quantité de matière, n_{hept} d'heptane nécessaire à un tel vol

D'après la question 1.4, la quantité d'énergie libérée pour une mole d'heptane est de 4796 kJ.mol^{-1} . Donc :

$$n_{\text{hept}} = \frac{4,5 \times 10^{10}}{4796} = 9,4 \times 10^3 \text{ mol}$$

C.2.2. b) Calcul de la masse, m_{hept} d'heptane correspondante.

On a la relation :

$$n_{\text{hept}} = \frac{m_{\text{hept}}}{M_{\text{hept}}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{hept}} = n_{\text{hept}} \times M_{\text{hept}} = 9,4 \times 10^3 \times 100 = 9,4 \times 10^5 \text{ g} = 9,4 \times 10^2 \text{ kg}$$

C.2.2. c) Calcul du volume d'heptane correspondant.

On a la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{9,4 \times 10^2}{0,68} = 1382 \text{ L}$$

C.2.3 Calcul de la quantité de matière, n_{CO_2} , de CO_2 libérée en 48 h.

	C_7H_{16}	+	11O_2	\rightarrow	7CO_2	+	$8\text{H}_2\text{O}$
Etat initial	$9,4 \times 10^3$		Excès		0		0
Etat intermédiaire x	$9,4 \times 10^3 - x$		Excès		7x		8x
Etat final	0		Excès		$6,58 \times 10^4$		$7,52 \times 10^4$

Le réactif limitant est l'heptane (le dioxygène est en excès), $9,4 \times 10^3 - x = 0$ donc $x = 9,4 \times 10^3 \text{ mol}$

$$n_{\text{CO}_2} = 7x = 7 \times 9,4 \times 10^3 = 6,58 \times 10^4 \text{ mol} = 6,6 \times 10^4 \text{ mol}$$

C.2.4 Calcul, en tonnes, de la masse, m_{CO_2} , correspondante.

On a la relation :

$$m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2} = 6,6 \times 10^4 \times 44 = 2,9 \times 10^6 \text{ g} = 2,9 \text{ t}$$

C.3 Crédit carbone - Question ouverte

Le 26 juillet 2016, l'avion solaire Solar Impulse 2 a décollé du Caire, en Égypte, afin de rejoindre Abu Dhabi, aux Émirats arabes unis, ville départ qu'il avait quittée depuis plus d'un an. Le vol, effectué par un seul pilote expérimenté, a duré 48 h. Donc au cours de ces 48 h, il a économisé une masse de 2,9 t de dioxyde de carbone.

En considérant que le vol a débuté le 9 Mars 2015 et s'est terminé le 28 Juillet 2016, ce vol a donc duré 517 jours. Il a donc économisé une masse m de dioxyde de carbone :

$$m = \frac{517}{2} \times 2,9 = 750 \text{ t}$$

Il n'a donc pas émis 750 t de dioxyde de carbone, il a donc obtenu 750 crédit carbone.