09/2006 Antilles Exercice n°1 (7 points) MISSION SUR MARS

Un des grands défis de ce siècle (ou du suivant ...) sera d'envoyer une mission d'exploration humaine sur la planète Mars. Le but de cet exercice est d'étudier quelques uns des nombreux problèmes à résoudre avant de pouvoir effectuer une telle mission.
Les trois parties de ce problème sont indépendantes l'une de l'autre.

1. MISE EN ORBITE

On peut imaginer une base relais (pour le matériel comme pour les communications avec la Terre) sur Phobos, un des satellites de Mars.
Dans cette première partie, nous allons étudier le mouvement de ce satellite.
On supposera que tous les objets étudiés sont à répartition sphérique de masse.

Données: $G = 6{,}67.10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2} ,
Distance entre le centre de Mars et celui de Phobos : $r = 9{,}38.10^3$ km
Masse de Mars : $m_M = 6{,}42.10^{23}$ kg
La masse de Phobos sera notée m_p
Période de rotation de Mars : T_M = 24h 37 min

On supposera que Phobos a un mouvement circulaire uniforme autour de Mars de vitesse v et on supposera que l'on travaille dans un référentiel galiléen centré sur Mars.

1.1. Donner la définition d'un mouvement circulaire uniforme.

1.2. Représenter le point d'application, la direction et le sens du vecteur accélération de Phobos sur un schéma.

1.3. Donner l'expression (sans justification) de la norme du vecteur accélération de Phobos en fonction de v et r.

1.4. Appliquer la deuxième loi de Newton à ce satellite.

1.5. En déduire que l'expression de sa vitesse de révolution autour de Mars est: $v = \sqrt{\frac{Gm_M}{r}}$.

1.6. Déterminer l'expression reliant v, r et T_p (T_p étant la période de révolution de Phobos autour de Mars).

1.7. Montrer que $\frac{T_p^2}{r^3} = 9{,}22.10^{-13}$ s^2.m^{-3}

1.8. En déduire la valeur de T_p.

1.9. Dans quel plan faut-il placer un satellite pour qu'il soit immobile par rapport à la base relais sur Mars ? Justifier votre réponse sans calcul.

1.10. Quelle est la période T_S de révolution d'un tel satellite ?

2. PROBLÈME ÉNERGÉTIQUE

Une fois sur la planète, les explorateurs devront pouvoir trouver une source fiable d'énergie.
Une possibilité serait d'utiliser du deutérium et du tritium pour alimenter un réacteur de fusion nucléaire.

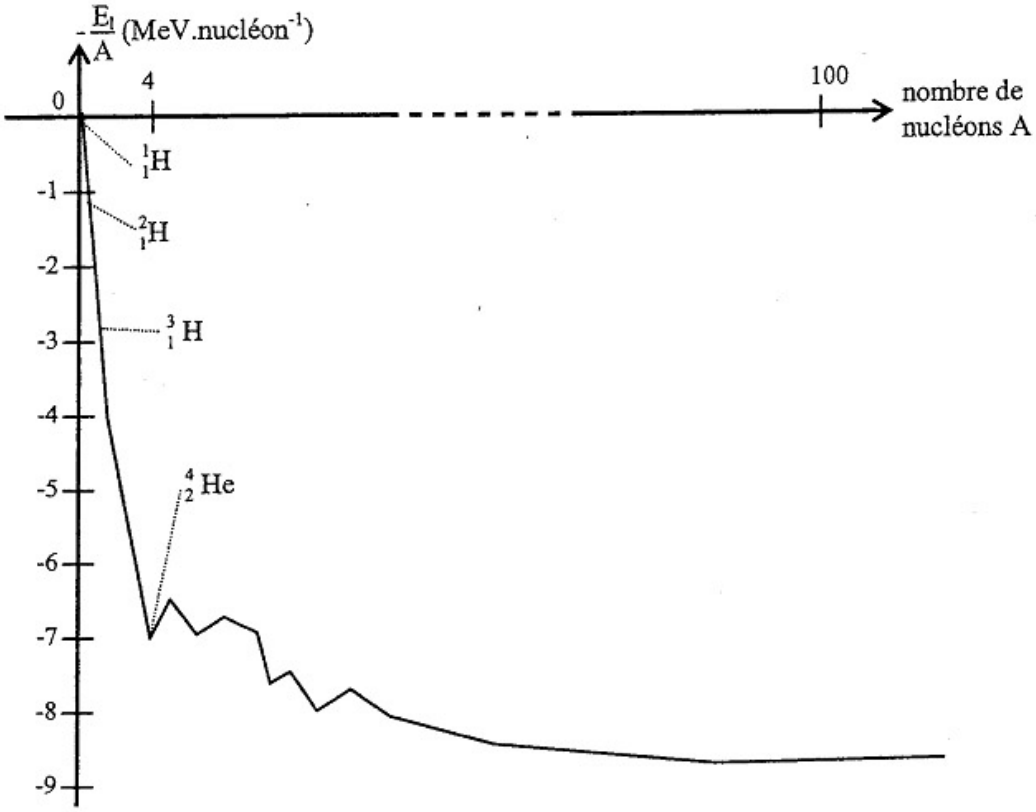
2.1. Intérêt de la réaction de fusion.

2.1.1. L'hydrogène ^1_1H , le deutérium ^2_1H et le tritium ^3_1H sont des isotopes. Donner la définition du mot isotope.

On étudiera la réaction de fusion suivante : ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$

2.1.2. En utilisant la courbe d'Aston ci-dessous, montrer **qualitativement** que la fusion du deutérium et du tritium dégage de l'énergie.
On rappelle que E_l / A est l'énergie de liaison par nucléon.

Courbe d'Aston



2.2. Étude quantitative de la réaction de fusion : ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$

Données:
nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}
masse d'un neutron : $m(n) = 1{,}674929.10^{-27}$ kg = 1,00869 u
$m({}_{1}^{2}H) = 3{,}3435.10^{-27}$ kg = 2,01355 u
$m({}_{1}^{3}H) = 3{,}01550$ u
m(He) = 4,00150 u
$c = 2{,}99792.10^{8}$ m.s^{-1}
Conversion : 1 u = $1{,}66050.10^{-27}$ kg
1 eV = $1{,}60.10^{-19}$ J

2.2.1. Montrer que le défaut de masse de la réaction de fusion étudiée vaut $\Delta m = - 0{,}01886$ u.

2.2.2. Rappeler la relation d'équivalence masse - énergie.

2.2.3. Montrer que l'énergie libérée par la réaction de formation d'un noyau d'hélium est $E = - 2{,}81.10^{-12}$ J.

2.2.4. Calculer le nombre de noyaux contenus dans m = 100 g de deutérium.

2.2.5. En déduire que la fusion de m = 100 g de deutérium avec la quantité correspondante de tritium, libère une énergie $E_l = - 8{,}40.10^{13}$ J.

3. PROBLÈME DE L'AIR

Il est inconcevable d'emmener les quantités d'air suffisantes pour la durée de l'exploration de la planète.
L'atmosphère de Mars contient surtout du dioxyde de carbone (95,3%) impropre à la respiration.
Il est nécessaire de fabriquer le dioxygène sur place.
Une solution envisageable est l'électrolyse de l'eau extraite du sol.

3.1. Principe de l'électrolyse de l'eau.
La réaction a pour équation : $2\ H_2O_{(l)} = O_{2\ (g)} + 2\ H_{2\ (g)}$

3.1.1. Les deux couples mis en jeu étant $O_{2\ (g)}$ / $H_2O_{(l)}$ et $H_2O_{(l)}$ / $H_{2\ (g)}$, compléter le schéma de principe de l'électrolyseur (**donné en Annexe et à rendre avec la copie**) en indiquant :
- le nom des électrodes
- la nature de la réaction (oxydation ou réduction) pour chaque électrode.

3.1.2. Rappeler, sans le justifier, si cette électrolyse est une réaction spontanée ou au contraire forcée.

3.2. Étude quantitative de l'électrolyse.

On souhaite produire par électrolyse, le dioxygène nécessaire à la respiration d'un spationaute.

Données: pour les gaz $V_m = 25\ L.mol^{-1}$ à 25°C sous 10^5 Pa
1 faraday (F) = 96 500 $C.mol^{-1}$

3.2.1. Chaque minute, nos poumons envoient un volume v = 0,30 L de dioxygène vers les tissus (respiration normale). Calculer la quantité de matière n_{O_2} de dioxygène envoyée par les poumons pendant une heure (on suppose que la température est de 25°C).

3.2.2. Cette quantité de dioxygène est produite grâce à l'électrolyse étudiée dans la première partie. Montrer, en s'aidant au besoin d'un tableau d'avancement d'une demi-réaction, que la quantité de matière d'électrons échangée vaut $n_{e^-} = 2{,}88$ mol.

3.2.3. En déduire la quantité d'électricité Q mise enjeu.

3.2.4. Quelle est l'intensité I du courant nécessaire en supposant qu'elle est constante pendant toute l'heure de fonctionnement ?

3.2.5. Si la tension aux bornes du générateur U est de 5,00 V, calculer l'énergie électrique, notée E_{el}, consommée pendant une heure sachant que $E_{el} = UI\Delta t$ où Δt est la durée de fonctionnement.

ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Schéma de principe de l'électrolyseur

