2009 Asie EXERCICE II. À PROPOS DU SATELLITE SPOT 4 (7 points)
Calculatrice interdite

Le satellite d'observation SPOT 4 est placé sur une orbite polaire (c'est-à-dire passant à la verticale des pôles) supposée circulaire dans le référentiel d'étude, à une altitude h = 830 km et sa période de révolution est de T = 101 min.

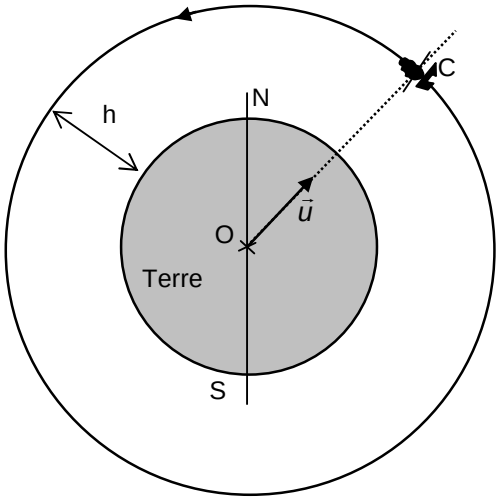
On supposera que le satellite, de centre d'inertie C, est un solide ponctuel. À cette altitude, on suppose que le satellite se déplace sans frottement.

On appellera m la masse du satellite et M_T la masse de la Terre.

On donne :

Rayon moyen de la Terre : $R_T = 6{,}38\times10^{6}$ m

Constante gravitationnelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$



Aides au calcul :

$\dfrac{4\pi^2}{6{,}67\times10^{-11}} \approx 6\times10^{11}$ $\qquad$ $\dfrac{6{,}67\times10^{-11}}{4\pi^2} \approx 2\times10^{-12}$ $\qquad$ $\pi^2 \approx 10$

$(7{,}21\text{x}10^{6})^2 \approx 5\text{x}10^{13}$ $\qquad$ $(7{,}21\text{x}10^{6})^3 \approx 4\text{x}10^{20}$ $\qquad$ $(6{,}06\text{x}10^{3})^2 \approx 4\text{x}10^{7}$ $\qquad$ $(6{,}06\text{x}10^{3})^3 \approx 2\text{x}10^{11}$

Partie I

1. Quel est le nom du référentiel dans lequel le mouvement du satellite est étudié ? Décrire la trajectoire d'un point de la surface de la Terre dans ce référentiel.

2. Exprimer vectoriellement la force $\vec{F}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données de l'énoncé et du vecteur unitaire $\vec{u}$.

3. Quelle propriété doit avoir le référentiel pour pouvoir appliquer la deuxième loi de Newton ?

4. *On considérera dans la suite de l'exercice que le référentiel d'étude vérifie cette condition.*

4.1 Énoncer la deuxième loi de Newton appliquée au satellite.

4.2 En déduire une représentation du vecteur accélération $\vec{a}$ (sans souci d'échelle) sur le schéma en **annexe 1, à rendre avec la copie.**

4.3 En déduire que la valeur de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite est : $a = G\dfrac{M_T}{(R_T + h)^2}$

5. Quelles propriétés a le vecteur accélération si le mouvement est circulaire uniforme ? Montrer que ces propriétés sont vérifiées ici.

6. Donner l'expression de la vitesse v, supposée constante, du centre d'inertie C du satellite en fonction de R_T, h et T.

7. Donner l'expression de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite en fonction de v, R_T et h. En déduire l'expression de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite en fonction de R_T, h et T.

8. En identifiant les expressions de l'accélération obtenues aux questions 4.3 et 7, exprimer la masse M_T de la Terre en fonction des données de l'énoncé et calculer sa valeur. (Pour cette seule question, le résultat sera exprimé avec un seul chiffre significatif).

9. Le satellite est-il géostationnaire ? Justifier la réponse.

Partie II

Compte tenu de l'orbite choisie pour le satellite SPOT 4, son générateur solaire se trouve dans l'ombre de la Terre à chaque révolution pendent une durée d'environ 35 min et éclairé durant 65 min .Le courant n'est généré par les cellules que pendant les périodes éclairées. Il faut donc un élément capable de stocker de l'énergie pendant le « jour » et de la restituer pendant la « nuit » pour alimenter de façon permanente le satellite. De même, pendant les phases de lancement, avant que le générateur solaire ne soit déployé, l'alimentation du satellite doit être assurée.

Pour cela, quatre batteries de 40 ampères-heures, pesant près de 45 kg chacune, sont embarquées sur SPOT 4 pour répondre à la consommation électrique du satellite. Elles sont composées chacune de 24 accumulateurs nickel-cadmium. À chaque révolution, les batteries effectuent un cycle complet décharge - recharge. Pour tenir les cinq années de durée de vie souhaitée, ce qui représente plus de 25 000 cycles, une gestion très fine des batteries s'impose.

L'accumulateur nickel-cadmium est composé d'une électrode de nickel et d'une électrode de cadmium, plongées dans un électrolyte et séparées par une paroi poreuse. Les deux couples oxydant / réducteur mis en jeu sont : $NiO(OH)_{(s)}$ / $Ni(OH)_{2(s)}$ et $Cd(OH)_{2(s)}$ / $Cd_{(s)}$. Par souci de simplification, on étudiera uniquement l'accumulateur nickel-cadmium lors de sa charge et on considérera qu'il est relié à un générateur. Le schéma simplifié du dispositif est représenté ***en annexe 2, à rendre avec la copie.***

On donne les deux demi-équations électroniques associées à cet accumulateur :

$$NiO(OH)_{(s)} + H_2O_{(l)} + e^- = Ni(OH)_{2(s)} + HO^-_{(aq)}$$

$$Cd(OH)_{2(s)} + 2e^- = Cd_{(s)} + 2\,HO^-_{(aq)}$$

1. Sachant que du cadmium solide se forme, écrire l'équation globale lors de la charge de l'accumulateur.

2. Indiquer sur le schéma en **annexe 2, à rendre avec la copie :**

2.1 Le sens de déplacement des électrons lors de la charge de l'accumulateur ;

2.2 La polarité des bornes du générateur relié à l'accumulateur.

3. À quelle électrode (nickel ou cadmium) se produit la réduction lors de la charge de cet accumulateur ?

4. La masse de métal nickel va-t-elle augmenter, diminuer ou rester constante durant la charge ? Justifier la réponse.

5. Sachant que l'électrolyte est formé d'ions $K^+_{(aq)}$ et $HO^-_{(aq)}$, indiquer te sens de déplacement de ces ions lors de la charge de l'accumulateur, en complétant le schéma en **annexe 2, à rendre avec la copie**.

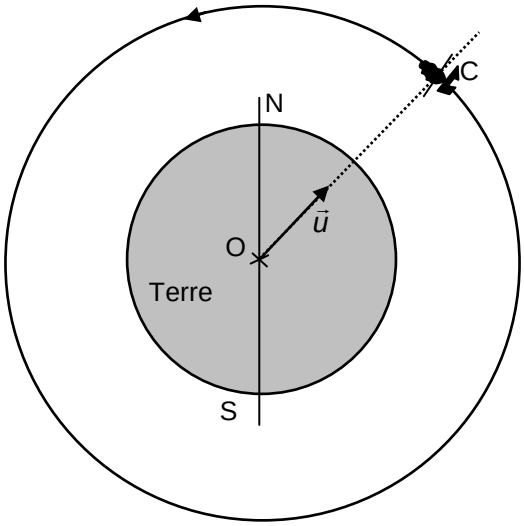
6. Exprimer la charge électrique Q de 40 ampères-heures indiquée dans le texte, dans l'unité du système international.

7. Calculer la durée minimale théorique de charge d'une batterie complètement déchargée lorsque le courant de charge est maintenu constant à 10 A.

ANNEXES DE L'EXERCICE II

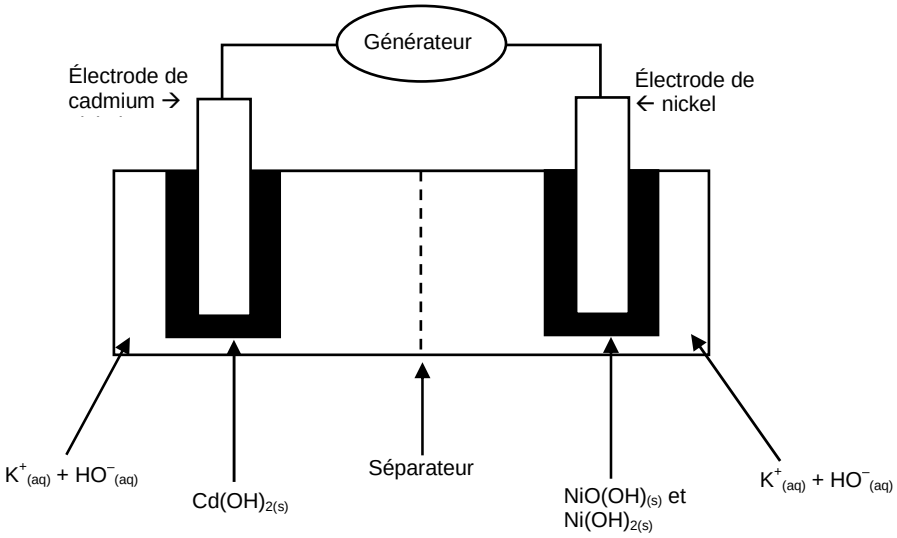
À RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 1



Trajectoire du satellite SPOT 4

Annexe 2



Structure simplifiée de l'accumulateur Ni/Cd.