

Devoir de Contrôle de Physique du deuxième Semestre

(Durée : 1H30mn)

Questions de cours

- 1- Montrer que le moment cinétique $\vec{\sigma}_O$ du satellite par rapport à O est constant. En déduire que le mouvement du satellite est plan.
- 2- Exprimer le module du vecteur moment cinétique $\vec{\sigma}_O$ en fonction de r , θ et de leurs dérivés par rapport au temps.

Exercice 1

Lors de la mise en orbite d'un satellite géostationnaire, le « lanceur » (fusée Ariane V par exemple) n'amène pas directement le satellite sur l'orbite géostationnaire, car celle-ci est très éloignée de la terre et l'opération serait donc trop coûteuse en carburant. On préfère donc opter pour une stratégie qui permet d'utiliser la force d'attraction terrestre pour amener le satellite au niveau de l'orbite géostationnaire.

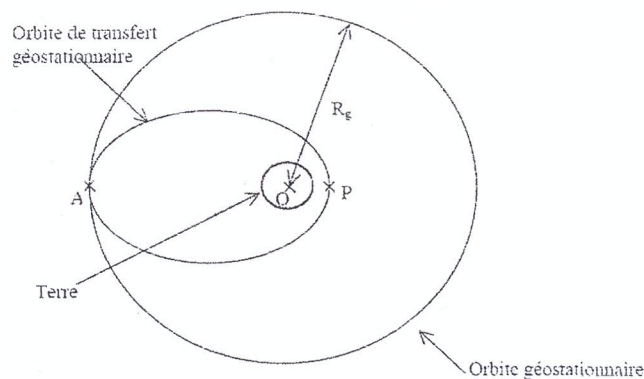
Le satellite est d'abord placé par son lanceur sur une orbite elliptique appelée « orbite de transfert géostationnaire » dont le périhélie P est situé à l'altitude $h = 400$ km au-dessus de la surface de la terre de masse M_T et de rayon $R_T = 6400$ km (à l'endroit où le lanceur « lâche » le satellite) et l'apogée A est située à l'altitude $H = 36000$ km au-dessus de la surface terrestre (voir figure).

$G = 6,6710^{-11}$ S.I est la constante de gravitation. $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg.

Au niveau de l'apogée A de l'orbite de transfert, le satellite augmente brièvement sa vitesse (en expulsant des gaz par combustion d'un peu de carburant), ce qui lui permet de passer sur l'orbite géostationnaire

Dans tout l'exercice on se place dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

- 1- Exprimez en fonction de R_T et H , le rayon R_g de l'orbite géostationnaire.
- 2- Déterminer l'expression du demi grand axe a que doit avoir l'orbite de transfert géostationnaire. Le calculer.
- 3- On étudie le mouvement d'un satellite de masse m en orbite circulaire de rayon R_g autour de la Terre.
 - a- Exprimer la vitesse v du satellite en fonction de G (constante de gravitation universelle), M_T et R_g .
 - b- Déterminer l'expression de l'énergie cinétique E_c du satellite en fonction de G , M_T , m et R_g .
 - c- Déterminer l'expression de l'énergie potentielle E_p du satellite. Donner la relation entre E_c et E_p .
 - d- En fait, les satellites en orbites basses subissent des frottements de la part des hautes couches de l'atmosphère. Quelle sera la conséquence de ces frottements sur la vitesse v du satellite ? Commentez
- 4- Déterminer l'expression littérale de la norme de la vitesse du satellite au niveau de l'apogée A de son orbite de transfert, en fonction de G , M_T , R_g et du demi grand axe a puis faire l'application numérique.
- 5- Au point A , le satellite allume ses moteurs pendant un temps très bref (supposé négligeable) pour passer sur l'orbite géostationnaire. Déterminer l'expression de la variation de vitesse qu'il doit imposer pour ce faire.



Figure

Exercice 2

Du point de vue du potentiel et du champ électrique qu'ils créent, les noyaux de certains atomes légers peuvent être modélisés par une distribution volumique de charge à l'intérieur d'une sphère de centre O et de rayon a. On désigne par $\vec{OM}$ le vecteur position d'un point M quelconque de l'espace. Pour $r < a$, la densité volumique de charge qui représente le noyau varie en fonction de r suivant la loi :

$$\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)$$

où ρ_0 est une constante positive.

- 1- Exprimer la charge totale Q du noyau.
- 2- a. Quel est le système de coordonnées le mieux adapté ?
b. Justifier par raison de symétrie la direction et la ou les variables dont dépend le vecteur champ électrique $\vec{E}(M)$.
- 3- Calculer le champ électrique $\vec{E}(M)$ en tout point M de l'espace.
- 4- Etudier la continuité du champ électrostatique.
- 5- Représenter l'allure de E.
- 6- Exprimer le potentiel V(M) en tout point M de l'espace.

On prendra $v(\infty) = 0$.