

# EXERCICES SUR LES SATELLITES. Ch6.

## Titan, satellite de Saturne

Données :  $G$  : constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  S. I. ;  $r$  : rayon de l'orbite de Titan  $= 1,22 \cdot 10^6$  km.

$T$  : période de rotation de Titan  $T = 1,38 \cdot 10^6$  s autour de Saturne

En avril 1996, la France a participé à la mission Cassini qui a étudié Titan, satellite de Saturne ; cet objet céleste est le seul dans le système solaire à posséder, comme la Terre, une dense atmosphère de diazote favorable à l'apparition de la vie.

Le mouvement de Titan, de masse  $m$ , est étudié dans un repère considéré comme galiléen, ayant son origine au centre de Saturne et ses trois axes dirigés vers trois étoiles fixes.

On suppose que Saturne et Titan ont une répartition de masse à symétrie sphérique.

Titan se déplace sur une orbite circulaire à la distance  $r$  du centre de Saturne.

1. Faire le schéma de l'orbite de Titan et représenter la force qui s'exerce sur Titan.
2. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.
3. Établir l'expression littérale de sa vitesse  $v$  et de sa période  $T$  en fonction de  $G$ ,  $r$  et  $M_S$ ,  $M_s$  étant la masse de Saturne.
4. Calculer la masse  $M_S$  de Saturne.

## ÉTUDE D'UN SATELLITE GEOSTATIONNAIRE :

On étudie dans le repère géocentrique considéré comme galiléen, le mouvement d'un satellite  $S$  assimilé à une masse ponctuelle  $m$  250 kg décrivant une orbite circulaire à l'altitude  $h$  dans le plan de l'équateur

- 1) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
- 2) Etablir les expressions de la vitesse  $v$  et de la période  $T$  du satellite en fonction de son altitude  $h$
- 3) Calculer l'altitude  $h$  à laquelle doit se trouver le satellite pour qu'il soit géostationnaire.
- 4) Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire.

En quoi la base de Kourou est-elle « intéressante » pour la mise en poste de tels satellites ?

Masse de la Terre :  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg,

Rayon de la Terre :  $R_T = 6,37 \cdot 10^6$  m

Constante de gravitation :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  m. kg<sup>-1</sup>.s<sup>-2</sup>

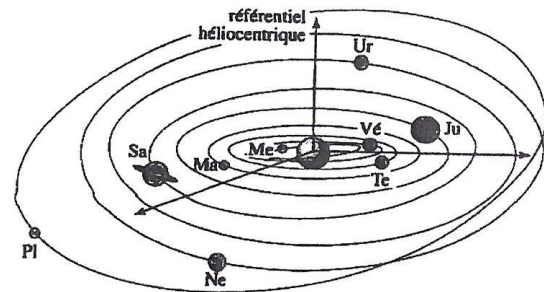
Période de rotation de la Terre sur elle-même :  $J_S = 8,62 \cdot 10^4$  s.

## EXERCICES DIVERS SUR LES SATELLITES

### Exercice 1 : Les trois lois de Kepler

On schématise, dans le référentiel héliocentrique, les orbites des différentes planètes du système solaire, assimilées à des points matériels,

- 1) Le centre du Soleil occupe une position privilégiée. Laquelle ?
- 2) Pour chaque planète, la valeur  $v$  de la vitesse reste-t-elle constante au cours du temps ?
- 3) Quelle est la planète dont la période de révolution  $T$  est la plus courte ?



### Exercice 2 : Satellites en orbites circulaires

On donne un certain nombre de formules concernant le rayon  $r$ , la période  $T$  et la vitesse  $v$  du centre d'inertie d'un satellite en orbite circulaire autour d'une planète de masse  $M$ ,  $G$  désignant la constante de gravitation universelle :

$$v = \frac{2\pi r}{T} ; v = \sqrt{\frac{G.M}{r}} ; \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M}$$

- 1) La valeur  $v$  de la vitesse est-elle proportionnelle au rayon  $r$  de l'orbite ?
- 2) Comment la vitesse  $v$  évolue-t-elle lorsque l'altitude du satellite diminue ?
- 3) Comment varie alors la période  $T$  ?

### Exercice 3 : Mouvement circulaire uniforme

Dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme de rayon  $r$  et de vitesse  $v$ , dire si chacune des affirmations suivantes est vraie ou fausse :

- 1) Le vecteur vitesse est constant
- 2) La valeur du vecteur vitesse est constante.
- 3) Le vecteur accélération peut s'annuler.
- 4) La valeur du vecteur accélération est constante.
- 5) Le vecteur accélération est constant.

### Exercice 4 : Satellites géostationnaires

- 1) Rappeler la définition d'un satellite géostationnaire. Quelle est sa période  $T$  ?
- 2) Le rayon  $r$  de l'orbite d'un tel satellite, assimilé à un point matériel, est relié à sa période  $T$  par la troisième loi de Kepler ;  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M}$  avec  $M$  masse de la Terre.

Exprimer  $r$  en fonction de  $G$ ,  $T$  et  $M$  et procéder ensuite à l'application numérique. En déduire l'altitude  $z$  du satellite.

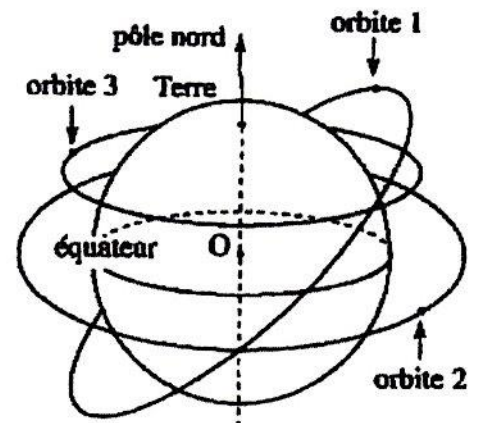
- 3) a) Tous les satellites géostationnaires ont-ils même altitude ?

b) Quelle est, parmi les orbites 1, 2 ou 3, celle qui correspond aux satellites géostationnaires ?

Données : Valeur du jour sidéral : 23 h 56 min ; Masse de la Terre :  $M = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg.

Rayon de la Terre :  $R = 6,37 \cdot 10^3$  km ;

Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  S.I.



## EXERCICES SUR LES SATELLITES. Ch6.

### Exercice 5 : Station Spatiale Internationale

On étudie, dans le référentiel géocentrique, le mouvement du centre d'inertie de la station spatiale internationale (ISS), de masse  $m$ , en orbite circulaire autour de la Terre (T) à l'altitude  $z = 430$  km.

On donne :

— la masse de la Terre :  $M = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg ;

— le rayon de la Terre :  $R = 6,37 \cdot 10^3$  km ;

— la constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  S.I.

- 1) Déterminer le rayon  $r$  de l'orbite du centre d'inertie de la station.
- 2) Exprimer en fonction de  $M$ ,  $G$  et  $r$ , la valeur  $F$  de la force de gravitation exercée par la Terre sur la station.
- 3) Dans le cas d'un point  $M$  en mouvement circulaire uniforme, rappeler la relation entre l'accélération  $a$ , la vitesse  $v$  et le rayon  $r$  de la trajectoire
- 4) En déduire l'expression de la vitesse  $v$  du centre d'inertie de la station en fonction de  $M$ ,  $r$  et  $G$ . Calculer cette vitesse.
- 5) Exprimer la période  $T$  du mouvement en fonction de  $M$ ,  $r$  et  $G$ . Calculer cette période.