

# Devoirs en terminale S

## Satellite géostationnaire

Depuis la base de Kourou en Guyane, proche de l'équateur à  $6^\circ$  de latitude, un tir de la fusée Ariane a placé en orbite un satellite de communication du type « Télécom ». Ce satellite doit être un satellite géostationnaire : après le processus complet de mise sur orbite (lancement, mise à poste et maintien à poste), le satellite est en orbite circulaire, dans le plan équatorial, à une altitude  $h = 36000$  km environ et sa période est d'environ 86000 s soit 24 h.

1

mouvement

uniforme

accélération

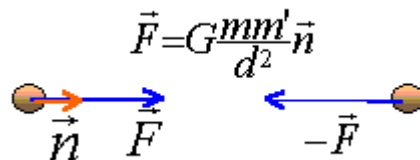
1. Donner les expressions vectorielles des forces d'interactions entre deux points matériels de masses respectives  $m$  et  $m'$  situés à une distance  $d$  l'un de l'autre. Faire un schéma.
2. Dans quelle mesure ces expressions sont-elles applicables dans le cas de la Terre et du satellite
3. Donner la définition d'un mouvement uniforme.
4. Le mouvement du centre d'inertie d'une voiture se déplaçant sur une route en « montagnes russes » peut-il être uniforme ?
5. Un point matériel animé d'un mouvement uniforme peut-il avoir un vecteur accélération ?



\_\_\_\_\_

corrigé

\_\_\_\_\_



Le satellite peut être considéré comme un point matériel par rapport à la Terre .

La Terre est un corps à répartition sphérique de masse ; elle est donc équivalente, du point de vue des forces gravitationnelles, à un objet quasi ponctuel de même masse placé en son centre.

Un mouvement est uniforme quand la norme du vecteur vitesse du point mobile reste constante.

Oui : car c'est la valeur de la vitesse qui reste constante dans un mouvement uniforme (distances parcourues proportionnelles aux durées), peu importe la forme de la trajectoire.

Le vecteur accélération existe si :

- la direction du vecteur vitesse change et norme constante
- la norme du vecteur vitesse change et direction constante

- la norme et la direction du vecteur vitesse change.

## 2

### le satellite géostationnaire

1. Montrer que le mouvement du satellite « Télécom » en orbite circulaire est uniforme.
2. La valeur de la vitesse est donnée par l'expression :  $v^2 = G.Mt / (Rt + h)$  : retrouver cette expression ; en déduire l'expression de la période de révolution du satellite.
3. Quel est l'ordre de grandeur de la vitesse de ce satellite :  $3 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $3 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $3 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$  ;
4. Quelle est la relation entre la période de révolution du satellite et la période de rotation de la Terre. Cette relation est-elle suffisante pour affirmer que le satellite est géostationnaire ?
5. Dans quel plan se trouve l'orbite d'un satellite géostationnaire ? Pourquoi ?
6. Tous les satellites géostationnaires doivent-ils avoir la même masse ? Justifier la réponse.
7. Tous les satellites géostationnaires doivent-ils avoir la même vitesse ? Justifier la réponse.

\_\_\_\_\_

corrigé



On étudie le mouvement du satellite dans le référentiel géocentrique, considéré comme galiléen.

le satellite est soumis à la seule force de gravitation, dirigée vers le centre de la Terre.

le théorème du centre d'inertie, dans la base de Frenet s'écrit :

h est l'altitude et R le rayon terrestre

$$\vec{F} = G \frac{Mm}{(R+h)^2} \vec{n} = \frac{mv^2}{R+h} \vec{n} + m \frac{dv}{dt} \vec{t}$$

$v^2 = \frac{MG}{R+h}$

terme nul  
v = constante

ordre de grandeur de la vitesse :

$R+h$  voisin 40 000 km ou  $4,2 \cdot 10^7 \text{ m}$  ;  $G$  voisin  $7 \cdot 10^{-11}$  ;  $M$  voisin  $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

$v^2$  voisin  $10^7$  donc  $v$  voisin  $3 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$ .

la période de révolution est la durée pour effectuer un tour, soit une

circonférence de rayon R+h

$$2\pi (R+h) = v T$$

élever au carré et remplacer la vitesse par l'expression ci dessus

on retrouve la 3 ème loi de kepler :  $T^2 = \text{constante} (R+h)^3$ .

la constante valant  $4 \pi^2 / (GM)$

la période du satellite géostationnaire et la période de rotation de la Terre autour de son axe valenti de 24 h . Cette égalité n'est pas suffisante pour affirmer que le satellite est géostationnaire.

En effet un satellite géostationnaire est un satellite qui a une position fixe par rapport au référentiel terrestre ( il reste en permanence à la verticale d'un même point du sol)

Pour être géostationnaire le satellite doit avoir:

\* une trajectoire circulaire de centre O, centre de la Terre

\* pour période de révolution celle de de la Terre

\*et de plus il doit tourner dans le même sens que la Terre avec le même axe de rotation

donc le plan de sa trajectoire est perpendiculaire à l'axe de rotation de la

Terre et il contient le point O : le plan de la trajectoire est obligatoirement équatorial.

la masse du satellite n'intervient pas dans l'expression de la période T de révolution du satellite

$T = 24 \text{ h} = 86000 \text{ s}$  donc R +h a une valeur parfaitement déterminée (h

est égale à 36000 km) ; d'après l'expression de la vitesse, celle ci est parfaitement déterminée.

---

Les satellites du type « SPOT » évoluent sur des orbites circulaires d'altitude 830 km environ.

3

1. Leur vitesse est-elle plus grande, plus petite ou égale à celle de « Télécom » ? Justifier.
2. Leur période est-elle plus grande, plus petite ou égale à celle de « Télécom » ? Justifier.
3. Ces satellites sont-ils géostationnaires ? Justifier.

autres

satellites

Ordre de grandeur de la masse de la Terre  $M_t$  #  $6,0 \cdot 10^{24}$  kg,  
du rayon de la Terre  $R_t$  # 6400 km,

de la constante de gravitation  $G \# 6,7 \cdot 10^{-11} \text{N.m}^2.\text{kg}^{-2}$   
de la masse du satellite Télécom  $m_t \# 1000 \text{ kg}$

de la masse du satellite SPOT .  $m_s \# 2000 \text{ kg}$

---

corrigé

---



D 'après l'expression de la vitesse  $v^2 = G M / (Rt + h)$  , G et M sont constants ,  
R est constant ; si h diminue,  $R+h$  diminue, donc la valeur de la vitesse v  
augmente.

La vitesse de Spot sera plus grande que celle de Télécom.

le carré de la période étant proportionnel à  $(R+h)^3$  , si h diminue, (les autres  
facteurs étant constants) la période de Spot diminue.

Les satellites Spot ne sont pas géostationnaires. Ils ne correspondent pas à la  
définition donnée ci dessus.