

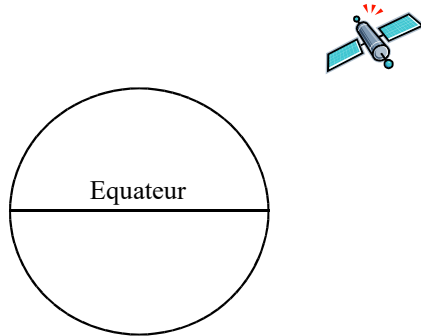
COMMENT METTRE LES SATELLITES EN ROTATION AUTOUR DE LA TERRE ?

À l'heure actuelle, les satellites ne sont pas lancés directement depuis la Terre car on ne sait pas encore leur donner une vitesse initiale suffisante.

Pour mettre un satellite en orbite autour de la Terre, une fusée le propulse à une altitude h supérieure à environ 200 km, hors de l'atmosphère, et lui communique alors une vitesse horizontale. Cette vitesse doit être suffisante pour qu'il ne retombe pas sur la Terre. Le satellite est alors en orbite autour de la Terre.

Pour étudier les mouvements de satellites ou d'objets célestes qui s'approcheraient de la Terre, on utilise des logiciels de simulation, en indiquant les différents paramètres du lancement :

- altitude de lancement ;
- position de la base de lancement (en degré par rapport à l'équateur) ;
- valeur de la vitesse initiale ;
- angle de la vitesse initiale avec la verticale.



Reproduire le schéma de la Terre ci-dessus sur votre compte-rendu et faire figurer les 4 paramètres précédents.

A l'aide du logiciel de simulation, vous allez réaliser différents lancements afin de comprendre l'influence des différents paramètres sur la trajectoire du satellite.

Pour vos simulations :

- Tous les lancements se feront dans un plan passant par l'équateur. On ne modifiera donc pas le paramètre de la position (en degré) qui restera nul.
- La direction de lancement est fixée dans tous les cas à 90° avec le rayon terrestre.

I. Vitesse minimale

1. À l'aide du simulateur, rechercher quelle vitesse initiale minimale (à 1 m/s près) doit avoir un satellite placé à 30 000 km d'altitude pour ne pas retomber sur la Terre.
2. Observer la vitesse du satellite. Est-elle constante au cours du déplacement ?

Décrire la manière dont elle évolue.

II. Mouvement circulaire

On souhaite placer un satellite en rotation autour de la Terre à une altitude de 23600 km.

1. Comment doit être la vitesse minimale par rapport à la précédente pour ne pas voir retomber le satellite sur Terre ?
2. A l'aide du simulateur, rechercher pour quelle vitesse initiale, ce satellite aura un mouvement circulaire dont la Terre sera le centre (on contrôle la position du satellite à l'aide de la hauteur h).
3. La vitesse du satellite varie-t-elle au cours de sa rotation du satellite. Donner une interprétation.

III. Satellite géostationnaire

1. Lancer un satellite à une altitude de 36 000 km avec une vitesse de 3078 m/s. Observer la hauteur h et la vitesse du satellite au cours de son déplacement. Que peut-on en déduire sur la trajectoire du satellite ?
2. Pour les télécommunications, on utilise des satellites géostationnaires, c'est-à-dire des satellites qui paraissent immobiles dans le ciel quand on les observe depuis le sol. Quelle est la période de révolution d'un tel satellite qui tourne dans le plan équatorial ?
3. Le satellite précédent peut-il être considéré comme géostationnaire ? (utiliser le chronomètre pour déterminer la période du satellite).

IV. Trajectoires

1. À l'aide du simulateur, tracer les trajectoires d'un satellite placé à 30 000 km d'altitude pour les deux vitesses initiales suivantes : 2 000 m.s⁻¹ puis 3 900 m.s⁻¹. On utilisera pour cela le bouton « Tracer la trajectoire ».
2. Que va-t-il se passer si la vitesse initiale du satellite devient plus grande (6000 m/s par exemple) ? Faire la simulation puis expliquer.
3. Observer la vitesse du satellite dans ce dernier cas. Que fait-elle ? Pourquoi ? Est-ce réaliste ? Que peut-on prévoir ?

V. Période et fréquence

Un satellite est lancé avec une vitesse initiale de 2 000 m.s⁻¹ à 36 000 km d'altitude.

1. Mesurer la période du satellite.
2. Combien de fois un observateur placé à l'équateur va-t-il voir ce satellite s'il observe le ciel pendant 24h ?
3. Calculer la fréquence f (en Hertz) du mouvement du satellite.

Résultats :

1. Vitesse minimale

- a) $v_{\min} = 1829 \text{ m/s}$
- b) La vitesse du satellite n'est pas constante, elle est plus élevée quand le satellite est proche de la Terre. Elle est par contre plus lente quand le satellite est au plus loin.

2. Mouvement circulaire

- a) Le satellite étant plus proche de la Terre, il lui faut une vitesse initiale plus importante que la précédente (ce que confirme le simulateur : $v_{\min} = 2185 \text{ m/s}$)
- b) Pour avoir un mouvement circulaire, il faut une vitesse de 3660 m/s .
- c) Cette vitesse reste constante au cours du déplacement du satellite (ce qu'il s'explique par le fait que le satellite est toujours situé à la même distance du centre de la Terre).

3. Satellite géostationnaire

- a) La hauteur et la vitesse restent constantes. On a un mouvement circulaire.
- b) $T = 24\text{h} = 1\text{j}$
- c) Le chronomètre sur un tour indique qu'il faut 1j pour faire un tour, on a donc un satellite géostationnaire.

4. Trajectoires

- a) pour $v = 2000 \text{ m/s}$ et 3000 m/s on a des trajectoires elliptiques
- b) Le satellite ne tourne plus autour de la Terre, il échappe à l'attraction terrestre car sa vitesse initiale est trop grande.
- c) Loin de la Terre, on observe que sa vitesse est constante car il n'est soumis à plus aucune force (application du principe d'inertie). C'est un cas théorique car tôt ou tard il va être soumis à l'attraction d'une autre planète et il va s'écraser sur celle-ci.

5. Période et fréquence

- a) $T = 12 \text{ h} = 12 \cdot 3600 = 43200 \text{ s}$
- b) $f = 1/T = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$
- c) L'observateur va voir passer deux fois le satellite sur une journée de 24h .

Conclusion :

La satellisation sur une trajectoire circulaire de rayon déterminée suppose des conditions particulières qui lient la vitesse et l'altitude.

Si ces conditions ne sont pas satisfaites

- ou bien le satellite retombe sur la Terre,
- ou bien il s'éloigne continuellement de la Terre ;
- ou bien il est satellisé sur une trajectoire fermée (ellipse).