

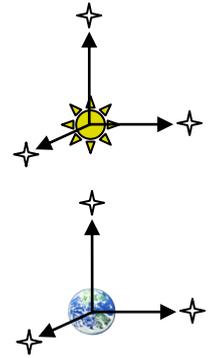


1. Référentiels d'études

Pour étudier le mouvement d'une planète, on se place dans un référentiel galiléen : le référentiel héliocentrique

Pour étudier le mouvement d'un satellite autour d'une planète, on se place dans un référentiel galiléen dont le repère est défini par le centre de la planète et 3 axes dirigés vers les 3 étoiles lointaines fixes.

Dans le cas d'un satellite de la Terre, c'est le référentiel géocentrique.



2. Lois de Kepler (1609)

2.1. Périodes

animation (source J.F. Noblet) : <http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/systemesolaire/index.htm>

période de révolution :

.....

période de rotation propre :

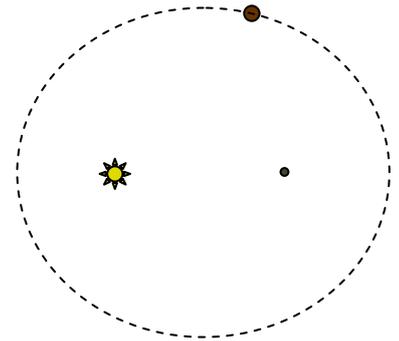
.....

Voir l'animation EduMedia : http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/jour_solaire.htm

2.2. Première loi de Kepler : loi des orbites

animation : <http://www.jf-noblet.fr/kepler2/loi1.htm>

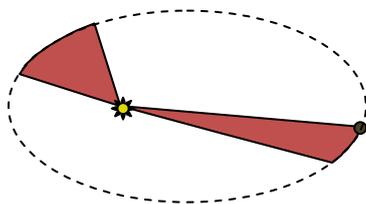
.....
.....
.....



Méthode du jardinier : <http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/meca/ellipse.html>

2.3. Deuxième loi de Kepler : loi des aires

animation : <http://fpassebon.pagesperso-orange.fr/animations/Kepler.swf>



Kepler constate que la valeur de la vitesse n'est pas constante : le mouvement n'est pas uniforme. La valeur de la vitesse est minimale lorsque le satellite est au plus loin de la Terre (aphélie), elle est maximale lorsqu'il est au plus près (périhélie).

.....
.....
.....

2.4. Troisième loi de Kepler : loi des périodes

Pour toutes les planètes du système solaire, le rapport entre le carré de la période de révolution T autour du Soleil et le cube de la longueur du demi-grand axe a est constant :

Remarque : Dans le cas d'une trajectoire circulaire, $a = r =$ rayon du cercle

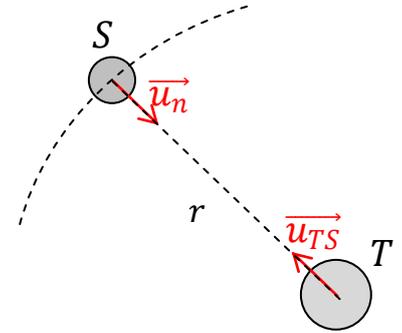
3. Mouvement circulaire uniforme d'un satellite

3.1. Application de la 2ème loi de Newton

Mouvement d'un satellite autour de la Terre

- ✓ Système étudié : Satellite (centre de gravité S, masse M_S) en mouvement autour de la Terre (masse M_T , centre T)
- ✓ Référentiel d'étude : géocentrique (galiléen)
- ✓ Bilan des forces : force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite : $\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_S M_T}{r^2} \vec{u}_{TS} = G \frac{M_S M_T}{r^2} \vec{u}_n$

D'après la 2^{ème} loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = M_S \vec{a}$

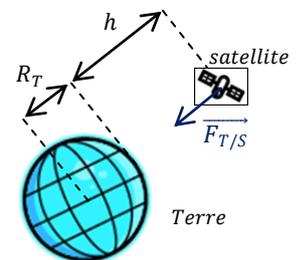


3.2. Vitesse

Dans l'approximation d'un mouvement circulaire uniforme, le vecteur accélération possède, dans le repère de Frenet, les caractéristiques suivantes :

$$\vec{a} \begin{cases} \text{Direction : normale à la trajectoire ou radiale (celle du rayon)} \\ \text{Sens : vers le centre du mouvement (centripète)} \\ \text{Valeur : } a = \frac{v^2}{r} \end{cases}$$

Pour un satellite situé à l'altitude h :



3.3. Période de révolution

Le satellite repasse par les mêmes positions à intervalles de temps égaux, le mouvement est périodique :

Pour un satellite situé à l'altitude h :

4. Satellites géostationnaires

1. Mise en orbite

Voir l'animation EduMedia : <http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/satellisation.htm>

L'altitude d'un satellite en orbite autour de la Terre est suffisante pour que le frottement de l'atmosphère soit négligeable devant la force de gravitation terrestre. Si on néglige l'influence des autres astres très éloignés ou de masse inférieure, le satellite n'est soumis qu'à la force d'attraction gravitationnelle terrestre : il est en chute libre dans le référentiel géocentrique.

La vitesse de satellisation dépend de l'altitude du satellite.

2. Trajectoire circulaire

animation : http://monsieur.bareilles.free.fr/animations/fichiers/ts_phch_meca_satellites.swf

La forme de la trajectoire dépend de la vitesse de satellisation. Pour une altitude h_0 donnée, on peut trouver la valeur de v_0 telle que la trajectoire soit circulaire.

Le mouvement du satellite en orbite circulaire est alors uniforme.

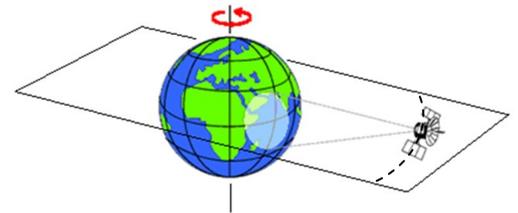
3. Conditions pour les satellites géostationnaires

Un satellite géostationnaire est fixe dans le référentiel terrestre et semble donc immobile pour un observateur terrestre ou une antenne parabolique !

Dans le référentiel géocentrique, la période de révolution d'un satellite géostationnaire est égale à la période propre de la Terre, soit 1 jour sidéral.

Sa trajectoire est un cercle :

- contenu dans le plan équatorial
- décrit dans le même sens que la rotation propre de la Terre



L'altitude des satellites géostationnaires est de 35786 km et la vitesse de 3,074 km/s.

animation : <https://fpassebon.pagesperso-orange.fr/animations/satellite.swf>

5. Impesanteur

Un objet est en impesanteur si la pesanteur apparente est nulle.

Un astronaute à bord d'une station spatiale en orbite autour de la Terre est soumis principalement la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{T/As}$ tout comme la station spatiale soumise à la force $\vec{F}_{T/St}$.

Astronaute et station subissent donc la même accélération $\vec{a} = G \frac{M_T}{r^2} \vec{u}_n$ et ont le même mouvement dans le référentiel géocentrique. Dans le référentiel lié à la station, l'accélération de l'astronaute est nulle ; il ne semble soumis à aucune force et « flotte » : il est en impesanteur dans ce référentiel.

La 2^{ème} loi de Newton ne s'applique pas car le référentiel lié à la station n'est pas galiléen : $m\vec{a}_{As/St} = \vec{0}$ alors que $\sum \vec{F}_{ext} \neq \vec{0}$.

Exercices p215...

n°8 : Vérification de la 3^{ème} loi de Kepler

n°9 : Force gravitationnelle et masse du Soleil (données dans le rabat du livre)

n°12 : 3^{ème} loi de Kepler et masse

n°18 : Mise en orbite d'un satellite

n°20 : Satellite géostationnaire