

Mouvements des planètes et des satellites

Lois de Kepler

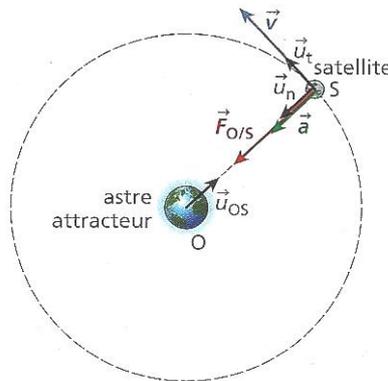
Un satellite est un corps en orbite autour d'un astre. On se limite à l'étude des satellites en mouvement circulaire autour de leur astre attracteur.

1. Satellites en mouvement circulaire

1. Position du problème, bilan des forces

Un satellite S de masse m est en mouvement circulaire autour d'un astre de centre O et de masse M.

- ✚ L'étude est faite dans le référentiel « astrocentrique ».



- ✚ En première approximation, la seule force qui s'applique sur le satellite est l'interaction gravitationnelle. On note $r=OS$.

$$\vec{F}_{O/S} = G \frac{m.M}{r^2} \vec{u}_n$$

G est la constante de gravitation universelle $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

2. Vitesse d'un satellite en orbite circulaire

On applique la deuxième loi de Newton au satellite :

$$m.\vec{a} = \vec{F}_{O/S} = G \frac{m.M}{r^2} \vec{u}_n$$

L'accélération du satellite s'écrit donc : $\vec{a} = G \frac{M}{r^2} \vec{u}_n$

Or dans le repère de Frenet, l'accélération s'écrit : $\vec{a} = \frac{dv(t)}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{r} \vec{u}_N$

En identifiant membre à membre les deux expressions de l'accélération, on peut écrire :

Selon $\vec{u}_t \frac{dv}{dt} = 0$ et selon $\vec{u}_n G \frac{M}{r^2} = \frac{v^2}{r}$

La première égalité permet de conclure que la vitesse est, il s'agit donc d'un mouvement

La deuxième égalité permet de déterminer l'expression de la vitesse : $v =$

On remarque que plus le satellite est éloigné de l'astre attracteur, plus sa vitesse est faible.

3. Période de révolution

La période de révolution T du satellite est la durée de parcours d'un cercle, de périmètre $2\pi r$ à la vitesse v. Donc $v = \frac{2\pi r}{T}$

On en déduit alors la période T :

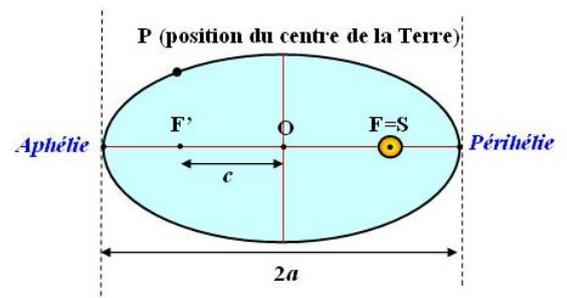
2. Les lois de Kepler

Au début du XVII^{ème} siècle, en utilisant les résultats des observations de Tycho Brahé (1546-1601), l'astronome Johannes Kepler (1571-1630) formule trois lois qui décrivent le mouvement des planètes autour du Soleil. Ces lois sont aussi valables pour un satellite en orbite autour de son astre attracteur.

1. Première loi de Kepler : loi des orbites

Les planètes décrivent autour du Soleil des ellipses dont le Soleil est l'un des foyers.

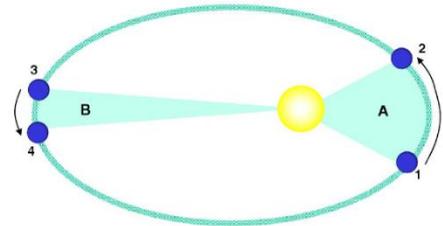
Une ellipse est une courbe fermée caractérisée par deux points F et F' appelés foyers, et par une distance a appelée demi grand-axe, le grand axe étant le segment reliant le périhélie (position la plus proche du centre attracteur) et l'aphélie (position la plus éloignée du centre attracteur).



2. Deuxième loi de Kepler : loi des aires

Le segment de droite reliant le Soleil à la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.

La planète met la durée Δt pour aller du point 1 au point 2. Elle met le même temps pour aller du point 3 au point 4 et les aires A et B sont les mêmes.



3. Troisième loi de Kepler : loi des périodes

Le quotient du carré de la période de révolution T de la planète par le cube du demi grand axe orbital a est le même pour toutes les planètes.

Pour les planètes autour du Soleil : $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_s}$

G est la constante de gravitation universelle.
 M_s est la masse du Soleil.

Activité Sur les lois de Kepler.