

Mouvement de satellites et planètes

I) Condition de l'étude

1) Présentation historique

En 1543, Copernic avait révolutionné l'astronomie avec la découverte du référentiel héliocentrique qui a un centre au niveau du Soleil et 3 axes dirigés vers 3 étoiles fixes. Ce référentiel est galiléen. Avant, c'était le référentiel géocentrique qui prévalait qui a un centre d'inertie au niveau de la Terre et des axes parallèles. Il est aussi considéré comme galiléen. Le mouvement des planètes était circulaire. Dans le référentiel géocentrique, Mars n'a pas de trajectoire circulaire contrairement au référentiel héliocentrique. Kepler a inventé des lois pour le mouvement des planètes mais il était incapable de les prouver.

2) Les lois de Kepler

Première loi de Kepler

Dans le référentiel héliocentrique, les planètes décrivent des orbites elliptiques dont le Soleil est l'un des foyers.

Le cercle est une orbite particulière.

Deuxième loi de Kepler

Pendant une durée Δt , le rayon vecteur \overrightarrow{SP} balaye une aire Δa constante quelque soit la position de la planète autour de son orbite et le rapport Δa sur Δt dépend de la planète considérée.

La planète n'a pas un mouvement uniforme. Plus la planète est loin et plus sa vitesse est petite. Par contre, si la trajectoire est circulaire alors le mouvement est uniforme.

Troisième loi de Kepler

Le carré de la durée d'une révolution T d'une planète est proportionnel au cube de la longueur du demi grand axe a . Donc

$$\boxed{\frac{T^2}{a^3} = k}$$

K ne dépend pas de la planète considérée.

La constante K est la même pour toutes les planètes du système solaire. Elle s'applique aussi aux satellites d'une planète mais k_{Soleil} est remplacé par $k_{\text{planète}}$

II) A quelles conditions le mouvement d'une planète peut-il être uniforme et circulaire ?

1) Etude cinématique du mouvement (Voir TP)

L'accélération est centripète et

$$\boxed{\vec{a} = \frac{V^2}{R} \times \vec{U}_N}$$

2) Etude dynamique du mouvement (Voir TP)

On applique la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}_G$

3) Nature de la force F

C'est une force attractive uniquement entre masses et,

$$\boxed{\vec{F}_{A/B} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{r^2} \times \vec{u}_{AB}}$$

et

$$\boxed{\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}}$$

4) Orbite circulaire dans le référentiel héliocentrique

Les satellites et planètes ont un mouvement circulaire qui est solution de la deuxième loi de Newton.

$$F_{S/P} = -G \times \frac{m_S \times m_P}{r^2} \times \vec{u}_N = m_P \times \vec{a}_G$$

$$F_{S/P} = -G \times \frac{m_S \times m_P}{r^2} \times \vec{u}_N = m_P \times \frac{V^2}{r}$$

$$\boxed{V^2 = G \times \frac{m_S}{r}}$$

Dans le plan écliptique, une planète est en mouvement circulaire et uniforme si et seulement si elle répond à la formule ci-dessus.

La période de la planète est le temps que met celle-ci pour faire un tour. C'est donc une révolution.

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \times r^3}{G \times m_S} \quad \text{Donc} \quad \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \times m_S}$$

5) Orbite elliptique

La vitesse est tangente à la trajectoire au point considéré.

III) Satellites de la Terre

1) Mouvement de la Terre

Le mouvement est circulaire et uniforme. $R = 150$ millions de km = 1 unité astronomique. La période de la Terre est de un an soit 365,25j. Elle est en rotation dans le référentiel géocentrique. L'axe des pôles est incliné de 23,5 degrés.

Un **jour sidéral**, qui signifie littéralement *temps d'étoile*, est la durée que met une planète pour faire un tour sur elle-même, indépendamment de sa rotation autour du Soleil mais par rapport aux étoiles. Un jour sidéral vaut 86140 secondes.

On distingue aussi le **jour solaire** qui vaut 86400 secondes.

2) Satellites de la Terre

Il y a un satellite naturel qui est la Lune. Des satellites artificiels tournent aussi autour de la Terre dont les trajectoires sont définies lors du lancement de la fusée. Les lois de Kepler sont valides dans ce cas. La fusée va communiquer une vitesse initiale au satellite. On distingue différents cas :

- Si $V_0 < 3,09 \text{ Km / s}$ alors V_0 est perpendiculaire au rayon. Le satellite retombe !
- Si $V_0 = 3,09 \text{ Km / s}$ alors le satellite est dit géostationnaire. Sa trajectoire est circulaire et uniforme.
- Si $V_0 > 3,09 \text{ Km / s}$ alors la trajectoire est elliptique avec la Terre comme l'un des foyers.
- Si $V_0 > 11,2 \text{ Km / s}$ alors le satellite sort de l'attraction terrestre. Sa trajectoire est parabolique ou hyperbolique.
- Si $V_0 > 16,4 \text{ Km / s}$ alors on peut dire adieu au satellite... Il sort de la voie lactée (en d'autres termes du système solaire ☺)

Cas du satellite géostationnaire :

C'est un satellite qui semble immobile par rapport à un point du globe terrestre. Si on veut qu'il soit immobile, il doit avoir la même période que la Terre. Il est soumis à une force centripète. Sa trajectoire est dans le plan de l'équateur. L'intérêt de ces satellites est qu'on sait exactement où ils se situent (important pour les télécommunications par exemple)