

Mouvement dans un champ de gravitation – Fiche de cours

1. Rappels sur les référentiels

a. Référentiel héliocentrique

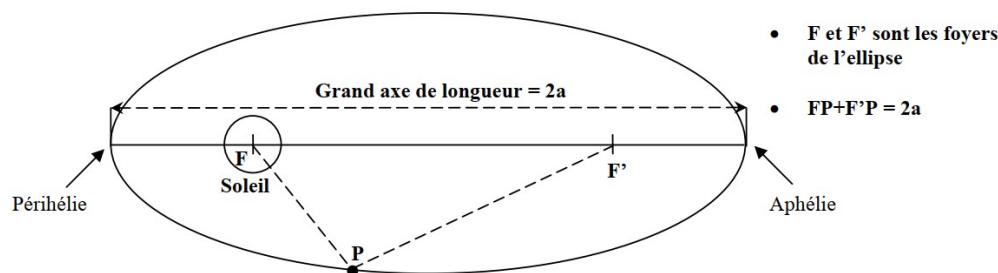
Repère ayant pour origine le centre du Soleil, trois axes dirigés vers trois étoiles fixes et lointaines et associé à une base de temps.

b. Référentiel géocentrique

Repère ayant pour origine le centre de la Terre, trois axes sont dirigés vers trois étoiles fixes et associé à une base de temps.

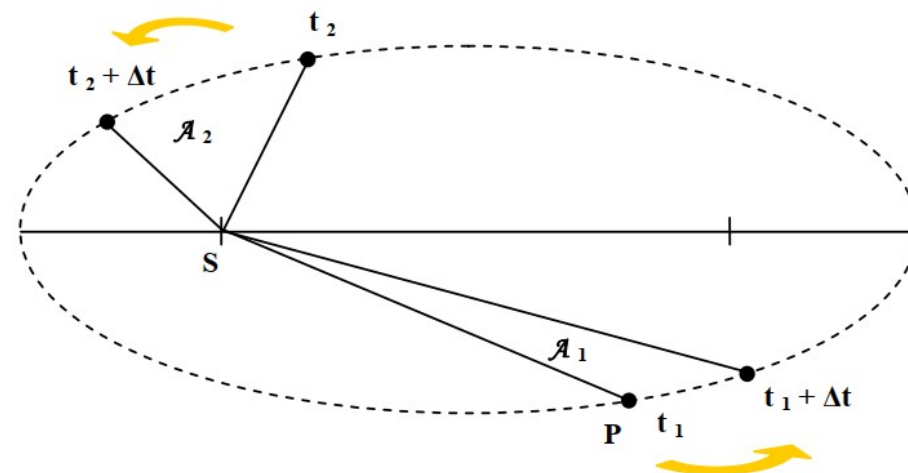
2. Première loi de Képler : loi des trajectoires

Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est une ellipse dont l'un des foyers est le centre du Soleil.



3. Deuxième loi de Képler : loi des aires

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



4. Troisième loi de Képler : loi des périodes

Pour les planètes du système solaire, le rapport entre le carré de la période de révolution de la planète et le cube du demi grand axe a de l'orbite elliptique est constant :

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

T est la période de révolution en s

a est le demi grand axe en m

k est une constante indépendante de la planète considérée

5. Mouvement des planètes et des satellites

a. Rappel de la gravitation universelle

L'interaction gravitationnelle entre deux corps ponctuels A et B, de masses respectives m_A et m_B , est modélisée par des **forces d'attraction gravitationnelle** $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$:

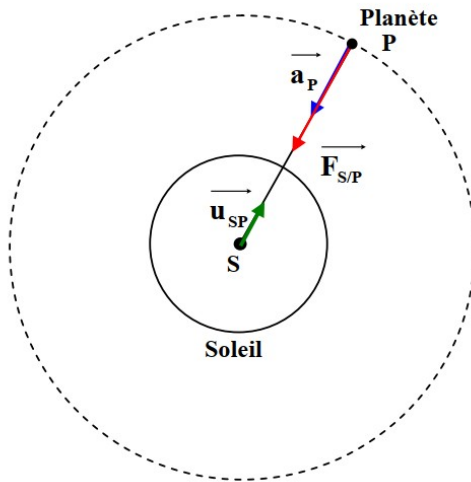
$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{AB^2} \vec{n}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ m_A et m_B en kg

AB distance en m entre les deux centres des corps A et B

$\vec{n}$ vecteur unitaire (norme égale à 1) dirigé de A vers B

b. Mouvement des planètes autour du Soleil



$R = SP$ distance entre le centre de la planète et le centre du Soleil en m

Etudions le système {planète} de centre P de masse m_P , qui tourne autour du Soleil, de centre S de masse M_S , dans le référentiel héliocentrique considéré galiléen

Bilan des forces :

- Force gravitationnelle exercée par le Soleil $\vec{F}_{S/P}$

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\vec{F}_{S/P} = m_P \cdot \vec{a}_P \quad \text{ou} \quad \vec{a}_P = \frac{G \cdot M_S}{R^2} \cdot \vec{n}$$

Propriété de l'accélération :

- radiale
- centripète
- norme $a = \frac{v^2}{R}$

Propriété de la vitesse

- valeur constante
- $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}}$ unité en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Période de révolution

La période de révolution T (en s) d'une planète autour du Soleil est la durée que met la planète pour effectuer un tour complet autour du Soleil à la vitesse v.

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad \text{ou} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM_S}}$$

Lien avec la troisième loi de Képler

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S} = k$$

c. Mouvement des satellites autour d'une planète

Méthode 1 :

On étudie le système {satellite} dans le référentiel lié à la planète supposé galiléen et l'on applique la 2^{ème} loi de Newton.

Méthode 2 :

On utilise la troisième loi de Képler pour le mouvement d'un satellite autour d'une planète :

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_p} = k$$

d. Satellites géostationnaires

Un satellite géostationnaire est un satellite :

- immobile pour un observateur terrestre
- qui tourne dans le même sens que celui de la Terre autour du même axe de rotation (axe des pôles)
- qui a une période de révolution T égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même.
- dont l'orbite circulaire est contenue dans le plan équatorial de la Terre
- situé à l'altitude d'environ $h = 36\,000$ km au dessus de la surface terrestre

e. L'impesanteur

L'impesanteur est caractérisée par l'absence apparente de pesanteur