

La gravitation est l'interaction fondamentale prédominante à l'échelle cosmologique. Elle explique le mouvement des astres.

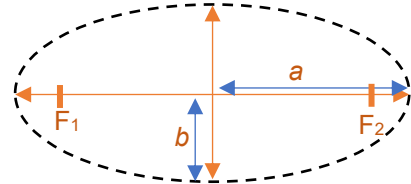
• Description de la situation à l'étude

Le système est un objet céleste (satellite naturel, satellite artificiel, comète, planète, etc.), de masse m , soumis à l'attraction gravitationnelle d'un centre attracteur (planète pour un satellite, étoile pour une planète, etc.) de masse M . L'hypothèse est faite que la masse du système est négligeable devant celle du centre attracteur ($M > 100 \cdot m$). La trajectoire du système autour du centre attracteur est bouclée et s'appelle l'orbite. Les orbites sont des ellipses. La durée du parcours complet de l'orbite s'appelle la période, notée T .

Demi grand axe : noté a , exprimé en km

Demi petit axe : noté b , exprimé en km

Si $a=b$, l'ellipse est un cercle

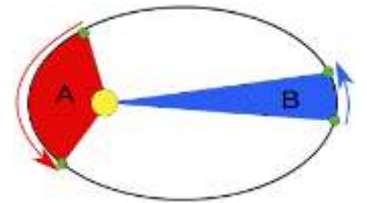


Une ellipse est caractérisée par deux points, appelés les foyers de l'ellipse et notés F_1 et F_2 , positionnés sur le grand axe et de façon symétrique de part et d'autre du petit axe. Quel que soit le point M de l'ellipse choisi, la somme des longueurs F_1M et F_2M garde la même valeur : $F_1M + F_2M = cste$.

• Lois de Kepler (Johannes Kepler, 1571 – 1630, mathématicien et astronome allemand)

Première loi, appelée loi des orbites : le système décrit une orbite elliptique dont le centre attracteur occupe un des foyers. Ex. : les planètes décrivent des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers

Deuxième loi, appelée loi des aires : le rayon-vecteur joignant le centre attracteur au système balaye des aires égales en des durées égales. Cela équivaut à dire que l'aire balayée par unité de temps est constante. Cela se traduit par une grande vitesse du système au voisinage de son centre attracteur (« péri »- comme périégée ou périhélie), et par une faible vitesse loin de lui (« apo »- comme apogée ou aphélie).



Troisième loi, appelée loi des périodes : le carré de la période du système est proportionnel au cube du demi-grand axe de son orbite et inversement proportionnel à la masse du centre attracteur.

Expression : $\frac{T^2}{a^3} = k$ où k est une constante. Plus en détail, $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$ avec G la constante d'attraction gravitationnelle et M la masse du centre attracteur.

• Vérification de la loi des périodes à l'aide des lois de Newton dans le cas du mouvement circulaire

L'étude est menée dans le cadre de l'exemple d'un satellite artificiel en orbite circulaire autour de la Terre.



1. Système



2. Référentiel et repère



3. Bilan des forces



4. Deuxième loi de Newton et accélération

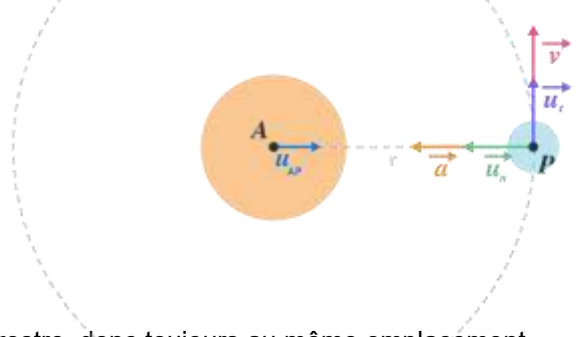


5. Vitesse et mouvement uniforme



6. Vérification de la loi des périodes

Schéma de la situation :



• Cas des satellites géostationnaires

Un satellite est géostationnaire s'il est immobile dans le référentiel terrestre, donc toujours au même emplacement dans le ciel pour un observateur terrestre. Il faut donc, nécessairement, qu'il parcoure lui aussi un tour complet (360°) en 24 h, comme la Terre, donc $T = 24$ h. Son orbite est par ailleurs obligatoirement dans le plan de l'équateur terrestre. Situé à une altitude h au-dessus du sol, le satellite obéit à la loi des périodes autour de la Terre :

$$\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T} \text{ d'où } h = \sqrt[3]{\frac{T^2 \cdot G \cdot M_T}{4\pi^2}} - R_T \approx 36\,000 \text{ km}$$