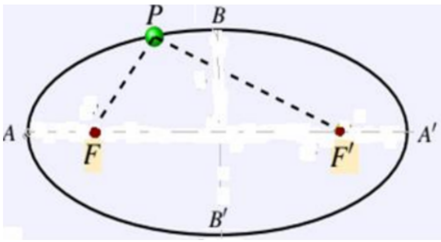
Matière : Physique-Chimie
Unité : Mécanique
Niveau : 2BAC-SM-PC

Professeur : Zakaria HAOUZAN
Établissement : Lycée SKHOR qualifiant
Heure : 2H

Leçon $N°13$: Mouvement des satellites et des planètes

I Rappel de quelques propriétés des ellipses



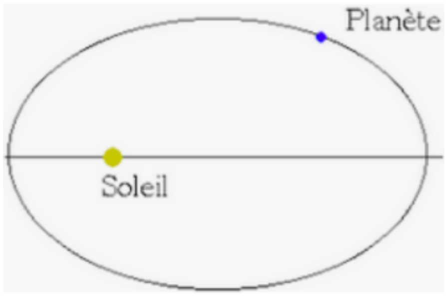
On rappel quelques propriétés de l'ellipse : F et F' sont les foyers de l'ellipse .

[A, A'] : est le grand axe de l'ellipse il mesure 2a. (a:c'est la longeur demi-grande axe).

[B,B'] : est le petit axe de l'ellipse il mesure 2b, (b:c'est la longeur du demi-petit axe)

Tout point P de l'ellipse vérifie la relation suivante : PF + PF' = 2a = Cste

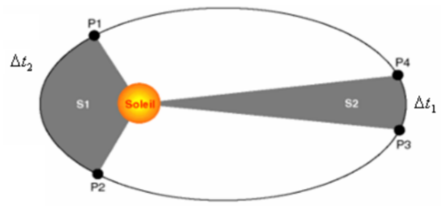
II Les lois de Kepler.



La 1 ère loi de Kepler:

Dans le système solaire la trajectoire de chaque planète est une ellipse dont le soleil occupe l'un de ses foyers.

La 2 ème loi de Kepler:



Cette loi est aussi appelée "loi des aires".Le rayon vecteur qui joint une planète au soleil balaie des surfaces égales dans des temps égaux

Le segment [Soleil, Planète] balaie la même surface pendant le même temps. $s_1 = s_2$ et $\Delta t_1 = \Delta t_2$

La vitesse de rotation dela planète autour du soleil varie selon son éloignement d'elle. Lorsque la planète se rapproche du soleil sa vitesse augmente et au fur et à mesure qu'elle s'éloigne du soleil sa vitesse diminue de telle façon que la surface balayée pendant le même temps est la même.

La 3 loi de Kepler:

Les carrés des temps de révoltions sont proportionnels aux cubes des grands axes des orbites. On en déduit le rapport suivant :

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

T :est la période de révolution .

a: le demi-grand axe.

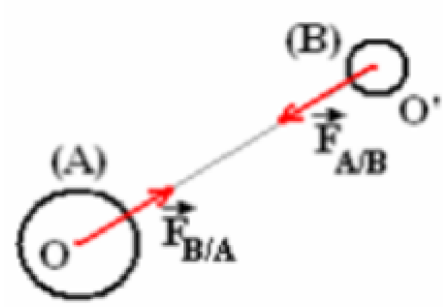
K : est une constante qui s'exprime en (s^2/m^3) dans le système international d'unités.

En conséquence les planètes lointaines du soleil sont les plus lentes.

> Remarque : La 3 ème loi de Kepler pour les planètes dont les orbites sont circulaires de rayon est : $\frac{T^2}{r^3} = K$

III Etude du mouvement d'une planète autour du soleil:

III.1 La gravitation universelle:



La gravitation universelle est un phénomène selon lequel tous les corps matériels s'attirent réciproquement de façon proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

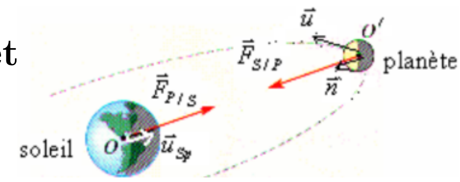
Entre deux corps matériels A et B séparés d'une distance (d) s'exerce une action mutuelle attractive dont les forces $\vec{F_{A/B}}$ et $\vec{F_{B/A}}$ ont :

- même droite d'action.
- même intensité.
- des sens opposés:
- l'intensité commune des deux forces : $F = F_{A/B} = F_{B/A} = G.\frac{m_A.m_B}{d^2}$

$F_{A/B}$: l'intensité de la force exercée par le corps A sur le corps B (en N)
$F_{B/A}$: l'intensité de la force exercée par le corps B sur le corps A (en N)
m_A : masse du corps A (en Kg)
m_B : masse du corps B (en Kg)
d : distance entre le corps A et le corps B (en m)
$G = 6,67.10^{-11}$ la constante de gravitation universelle $(N.m^2/Kg)$

Cette loi se généralise sur les corps terrestres sphériques à répartition massiques régulière comme la terre et la lune , dans ce cas la distance (d) est la distance entre leurs centres.

III.2 Etude du mouvement de révolution de la planèt



On considère une planète de masse m_p dans un mouvement circulaire autour du soleil de masse m_s.
-Le système étudié la planète
-Bilan des forces: la planète dans son mouvement autour du soleil est soumise à la seul force d'attraction universelle exercée sur lui par le soleil.

$$\vec{F_{S/P}} = -G.\frac{m_s.m_p}{r^2}.\vec{u_{sp}}$$

r: rayon de l'orbite de la planète

-Application de la deuxième loi de Newton:

- $\sum \vec{\vec{F_{ext}}} \Rightarrow \vec{F} = m.\vec{a_G}$
- $\vec{a_G} = -G.\frac{m_S}{r^2}.\vec{u_{sp}}$
- Donc le vecteur accélération $\vec{a_G}$ a le même sens que $\vec{F_{s/p}}$ qui est centripète.
- Par conséquence l'accélération tangentielle est nulle : $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ alors v=cst
- Par projection de la relation (1) sur la normale dans le repère de Frenet $(O', \vec{u}, \vec{n})$: $F_{s/p} = m_p.a_G$

$$G.\frac{m_s.m_p}{r^2} = m_p.\frac{v^2}{r}$$

donc $v = \sqrt{G.\frac{m_s}{r}}$

La vitesse de la planète est constante et son rayon est constant, donc son mouvement est circulaire uniforme.

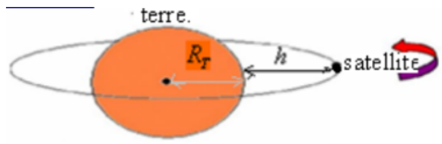
Expression de la période de révolution :

Le mouvement de la planète est circulaire uniforme, sa période : $T = \frac{2.\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{v}{r}$ avec $v = \sqrt{G.\frac{m_s}{r}}$

donc $T = 2.\pi.\sqrt{\frac{r^3}{G.m_s}}$

Donc on a : $T^2 = 4.\pi^2.\frac{r^3}{G.m_s} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4.\pi^2}{G.m_s}$

III.3 Cas d'un satellite artificiel :



Le satellite est en rotation autour de la terre.

Si le satellite se trouve à une altitude h de la surface de la terre , la force de gravitation universelle qui s'applique sur lui par la terre a pour intensité $F_{T/S} = G.\frac{M_T.m_s}{(R_T+h)^2}$

En appliquant la deuxième loi de Newton sur le satellite on a : $\vec{F_{T/S}} = m_s.\vec{a_G}$ Par projection sur la normale on a : $F_{T/S} = m_s.a_N$ donc

$$G.\frac{M_T.m_s}{(R_T+h)^2} = m_s.\frac{v^2}{R_T+h}$$

car la force de gravitation est centripète donc $v = \sqrt{\frac{M_T}{R_T+h}}$

Et la période de révolution du satellite est $T = \frac{2.\pi}{\omega}$ et $\omega = \frac{v}{r}$ avec $v = \sqrt{\frac{M_T}{R_T+h}}$

donc $T = w.\pi.\sqrt{\frac{(R_T)}{G.M_T}}$

> Le satellite géostationnaire apparait immobile par rapport à un point de la surface de la terre si sa période de révolution Test égale à la période de révolution de la terre autour d'elle-même donc T=24h. et ceci se réalise lorsque le satellite se trouve à l'altitude h=3600km.