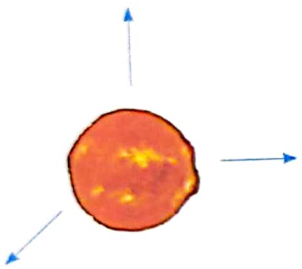
2020 2021	- prof - - EL BADAOUI -	2020-2021 phy-chi
2ème BAC. SC MATh	07-72-96-61-01	2ème BAC: SC MATh

الدراسة. بعد ذلك. - A -	**Applications : Mouvement des satellites artificiels et des planètes**

I Les référentiels adéquats pour l'étude des mouvements des planètes et des satellites artificiels :

1 Référentiel héliocentrique :

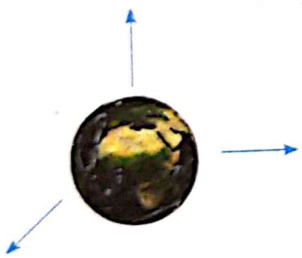


Repère héliocentrique

Le meilleur repère pour étudier le mouvement des planètes du Système solaire autour du Soleil, est celui dont le centre se situe au centre S du Soleil et dont les trois axes sont orthogonaux et pointent chacun vers une étoile fixe de l'univers. Ce repère constitue ce qu'on appelle le référentiel héliocentrique.

Note : Le repère héliocentrique est galiléen puisque le principe d'inertie y est appliqué.

2 Référentiel géocentrique :

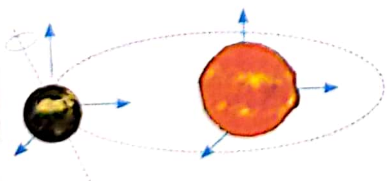


Repère géocentrique

Le meilleur repère pour étudier le mouvement des satellites (ou de la Lune) autour de la Terre, est celui dont le centre se situe au centre O de la Terre et dont les trois axes sont orthogonaux et sont orientés suivant les mêmes directions que les axes du repère héliocetrique. Ce repère constitue ce qu'on appelle le référentiel géocentrique .

Note : Le repère géocentrique est considéré comme galiléen .

Note : Les repères héliocentrique et géocentrique gardent la même orientation.

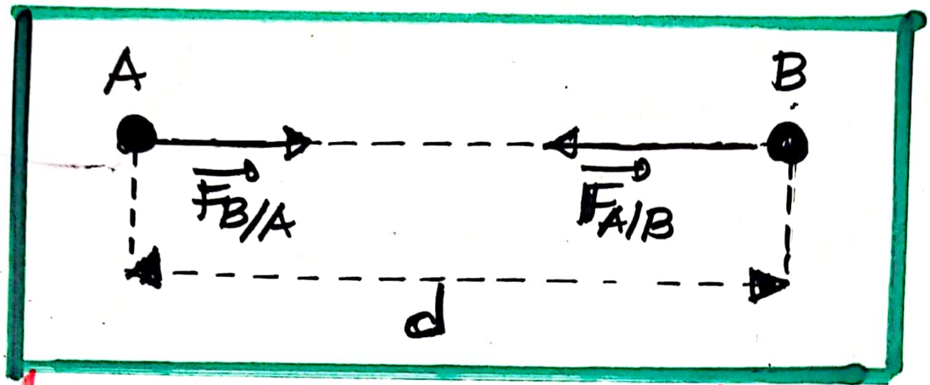


La Terre est en rotation par rapport au repère géocentrique. Sa période de révolution autour de l'axe de ses pôles est 23h 56min (=1Jour sidéral).

Le référentiel géocentrique effectue un mouvement de translation elliptique par rapport au repère héliocentrique dont la période de révolution est de 365,25J .

II loi de gravitation universelle

Deux corps ponctuels A et B de masses respectives exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction proportionnelles à leurs masses et inversement proportionelles au carré de leur distance r.



$$\boxed{F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{G\, m_A\, m_B}{d^2}}$$

G étant la constante de gravitation universelle

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} (SI)$

III/ le mvt Circulaire uniforme.

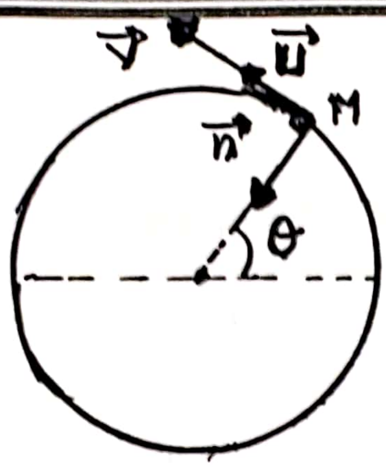
1/ Définition

le mvt d'un point matériel M est Circulaire uniforme si sa Trajectoire est un Cercle et si la norme de sa vitesse reste constante à chaque instant

2/ Caractéristique du mvt Circulaire uniforme

le vecteur vitesse est toujours tangent à la Trajectoire:

$$\boxed{\vec{V} = V\, \vec{U}}$$



$v = c^{te} \Rightarrow a_t = \frac{dv}{dt}$

et $\vec{a_a} = \vec{a_t} + \vec{a_n}$

$\vec{a_a} = \vec{a_n} = a_n \vec{n} = \frac{v^2}{r} \vec{n}$

or : $v = r\omega$, $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

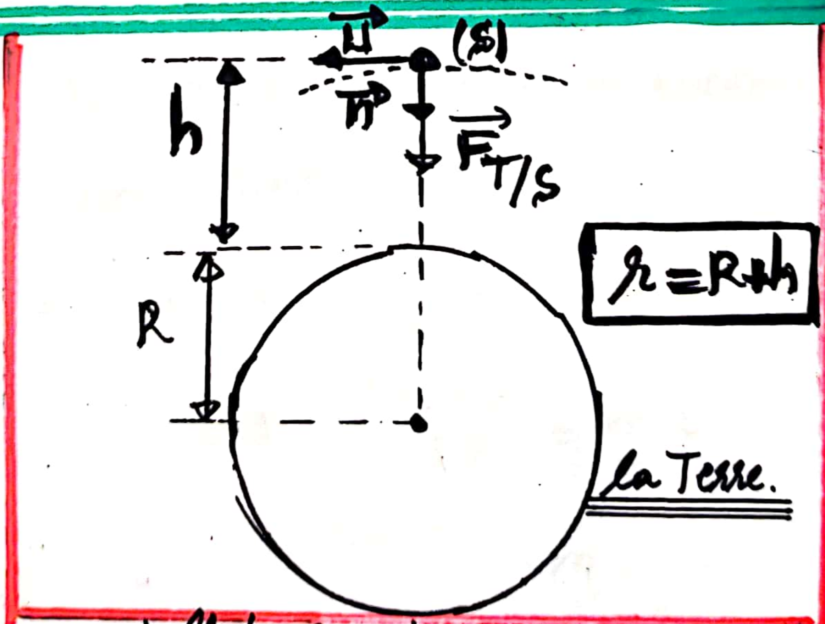
$$\vec{a_a} = a_n \vec{n} = \frac{v^2}{r} \vec{n} = \frac{(r\omega)^2}{r} \vec{n}$$

$$\boxed{\vec{a_a} = a_n \vec{n} = \frac{v^2}{r} \vec{n} = r\omega^2 \vec{n}}$$

on dit que l'accélération est :

(إنجذابي مركزي) **Centripète.**

V/ Etude dynamique du mouvement d'un satellite (S) autour de la Terre :



soit un satellite (S) de masse m_s en mvt autour de la terre. le référentielle d'étude est le référentielle géocentrique.

la seule force appliqué au système {satellite} est la force d'attraction gravitationnelle.

En appliquant la 2ème loi de Newton.

$$\vec{F}_{T/S} = m_s \vec{a}_a \qquad (\vec{a}_a = \vec{a}_t + \vec{a}_n)$$

$$\Rightarrow F_{T/S} \vec{n} = m_s \vec{a}_t + m_s \vec{a}_n$$

$$\Rightarrow F_{T/S} \vec{n} = m_s a_t \vec{u} + m_s a_n \vec{n}$$

$$\Rightarrow \boxed{0 \vec{u} + F_{T/S} \vec{n} = m_s a_t \vec{u} + m_s a_n \vec{n}}$$

$$\Rightarrow 0 = m_s a_t$$

$$\Rightarrow a_t = 0 \Rightarrow \frac{dV}{dt} = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{V = c^{te}}$$

donc la vitesse V est constante

Par conséquent le mouvement est uniforme.

on a aussi $F_{T/S} = m_s a_n$

$$\Rightarrow \frac{G m_T m_s}{r^2} = m_s a_n$$

$$\Rightarrow \frac{G m_T m_s}{r^2} = m_s \frac{V^2}{r}$$

$$\Rightarrow r = \frac{G m_T}{V^2} = c^{te}$$

donc le rayon est constante

donc le mvt est circulaire

$\Rightarrow$ donc le mvt étant circulaire uniforme.

* la période du mvt

le mvt est circulaire uniforme donc la vitesse de satellite est :

$$V^2 = \frac{GM_T}{r} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$$

et $V = r\omega = r \cdot \frac{2\pi}{T}$

$$\Rightarrow \left(r \cdot \frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{GM_T}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r^2 = \frac{GM_T}{r}$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T}$$

$$\Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_T}}$$

$$\Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM_T}}}$$

la vitesse de satellite est $\boxed{V = \sqrt{\frac{GM_T}{R+h}}}$

la durée pour effectuer un toure est :

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM_T}}}$$

Remarque : à la surface de la Terre on peut écrire que : $F_{0\,T/S} = P_0$ (avec $h=0$)

on néglige la rotation de la Terre autour de lui même

$$\Rightarrow \frac{G m_S m_T}{(R+0)^2} = m g_0$$

$$\Rightarrow \frac{G m_T}{R^2} = g_0$$

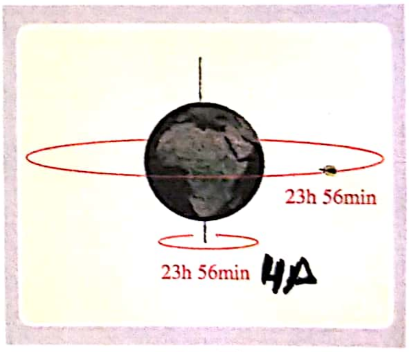
$$\Rightarrow G m_T = g_0 R^2$$

$$\Rightarrow \boxed{\begin{cases} V = \sqrt{\dfrac{g_0 R^2}{R+h}} \\ T = 2\pi\sqrt{\dfrac{(R+h)^3}{g_0 R^2}} \end{cases}}$$

g_0 : étant la constante de pesanteur à la surface de la Terre. $g_0 \simeq 9{,}8\ N\cdot Kg^{-1}$.

VI Satellites géostationnaires

Un satellite est géostationnaire s'il reste immobile pour un observateur terrestre.



Doc.91

Pour qu'un satellite soit géostationnaire, il doit vérifier les conditions suivantes :

- Son orbite appartient au plan équatorial.
- Le sens de son mouvement est le même que celui de la Terre autour d'elle-même.
- Sa période orbitale est égale à celle de la Terre autour d'elle-même :
  T_0 = 1 jour sidéral = 86164 s

Ceci n'est vérifié que si le satellite est mis en orbite à une altitude Z bien précise. Calculons cette altitude.

on a $T = T_0 \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{(R+h)^3}{G m_T}}$

$$\Rightarrow \frac{T_0^2 \cdot G m_T}{4\pi^2} = (R+h)^3$$

$$\Rightarrow \boxed{h = \sqrt[3]{\frac{G m_T \cdot T_0^2}{4\pi^2}} - R}$$

* $m_T = 5{,}99 \cdot 10^{24}$ kg
* $R = 6370$ km
* $T_0 = 23h56min4s = 86164s$
* $G = 6{,}67\ 10^{-11}$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{h \simeq 36000\,Km}$$

c'est l'altitude d'un satelitte géostationnaire

VII. les lois de Kepler

* Première loi de Kepler : 1609

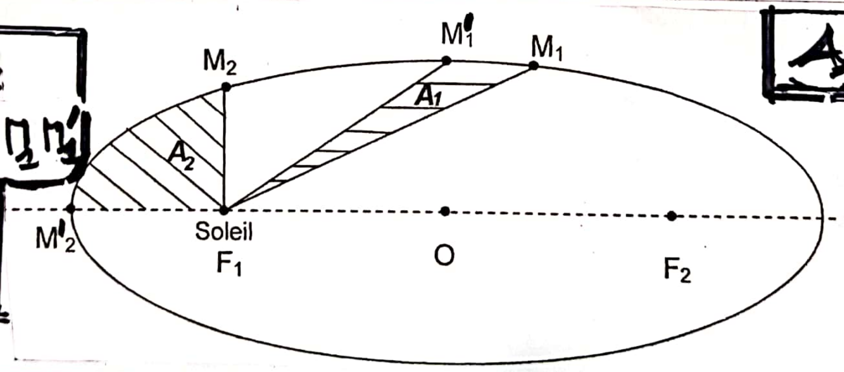
Première loi de Kepler : la loi des orbites : Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre de gravité d'une planète est une ellipse dont le centre de gravité du Soleil est l'un des foyers.

C : centre du mvt
(S) : le soleil

* Deuxième loi de Kepler : 1609 :

Deuxième loi de Kepler : loi des aires : Le segment reliant le centre de gravité du Soleil et de la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.

$\Delta t_1 = \Delta t_2$
et $M_2M'_2 > M_1M'_1$
donc :
$V_2 > V_1$

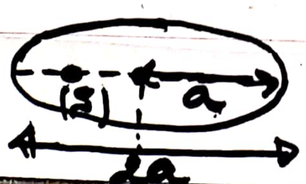


$$\boxed{A_1 = A_2}$$

* Troisième loi de Keplère : 1619

Troisième loi de Kepler : loi des orbites : Pour toutes les planètes du système solaire, le rapport entre le carré de la période de révolution T et le cube de la longueur a du demi-grand axe est égal à une même constante :

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



$$\boxed{\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G M_S}}$$

ELBADAOUI