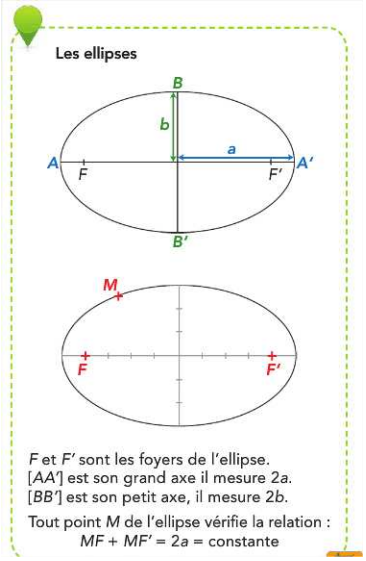
Thème 2 : Mouvements et interactions

Partie 2. Relier les forces appliquées à un système à son mouvement

CHAP 14-POLY Mouvement dans un champ de gravitation

Objectifs :

- *Mouvements des satellites et des planètes.*
- *Lois de Kepler*
- *Satellites géostationnaires*



1. LOIS DE KEPLER

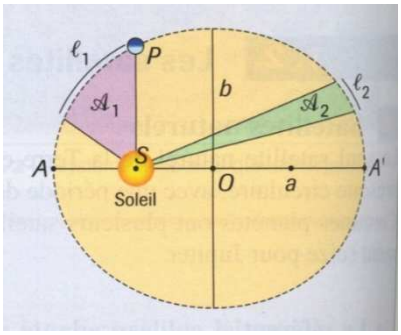
1.1. 1ère loi de Kepler : Loi des orbites ANIMATION

Dans le référentiel Héliocentrique, la trajectoire

d'une planète est ..... dont le Soleil est l'un .....

Complément : Qu'est-ce qu'une ellipse ANIMATION

1.2. 2ème loi de Kepler : Loi des aires ANIMATION



Les ..... $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ balayées par le .....

SP pendant des durées égales sont égales

1.3. 3ère loi de Kepler : Loi des périodes

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

(T ..... autour du Soleil en secondes ; a : ..... axe de l'ellipse)

Remarque : Si la trajectoire est un cercle, a= ..... entre le centre du Soleil et le centre de la planète

1.4. Base de Frénet

a) Définition

La base de Frénet est .....

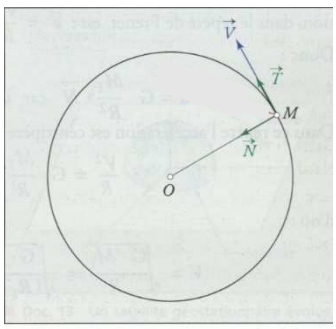
où M est un point qui a un mouvement circulaire au cours du temps (le repère lié au point M est donc .....)

$\vec{T}$ est un vecteur unitaire ..... à la trajectoire et orienté comme le vecteur .....

$\vec{N}$ et un vecteur unitaire ..... à la trajectoire donc perpendiculaire à $\vec{T}$ et dirigé vers .....du cercle

On utilise ce repère pour étudier les mouvements .....(uniformes)

b) Vecteur vitesse dans la base de Frénet



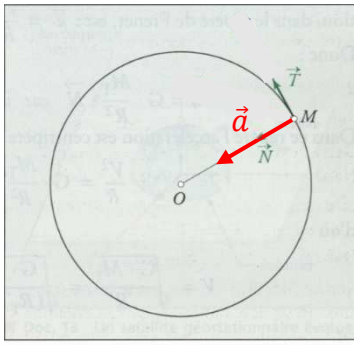
Comme $\vec{v}$ est tangent à la trajectoire :

$\vec{v} =$ .....

Donc dans la base de Frénet, les coordonnées du vecteur vitesse sont :

$\vec{v}\left(\quad\right)$

c) Vecteur accélération dans la base de Frénet



Par définition : $\vec{a}$ =.....

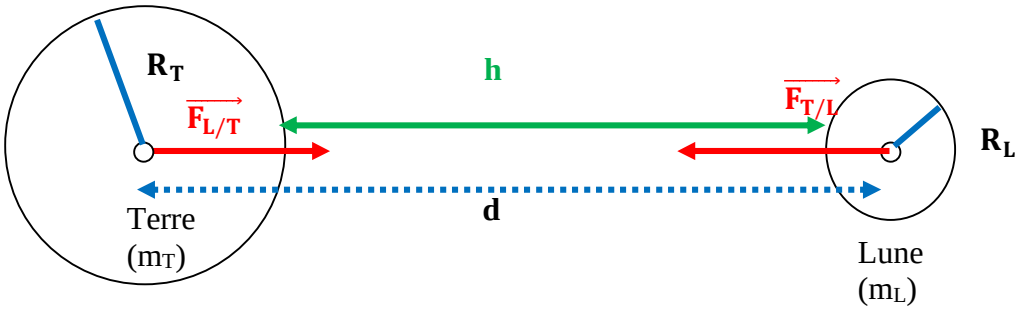
Donc dans la base de Frénet, les coordonnées du vecteur accélération sont :

$\vec{a}\begin{pmatrix} \quad \\ \quad \end{pmatrix}$

Rq : Si la vitesse est constante $\frac{dv}{dt}$ =.....

$\vec{a}\begin{pmatrix} \quad \\ \quad \end{pmatrix}$

1.5. Loi de la gravitation universelle



Système : .....

Référentiel : .....

Forces : .....

Valeur : $F_{T/L}$ =

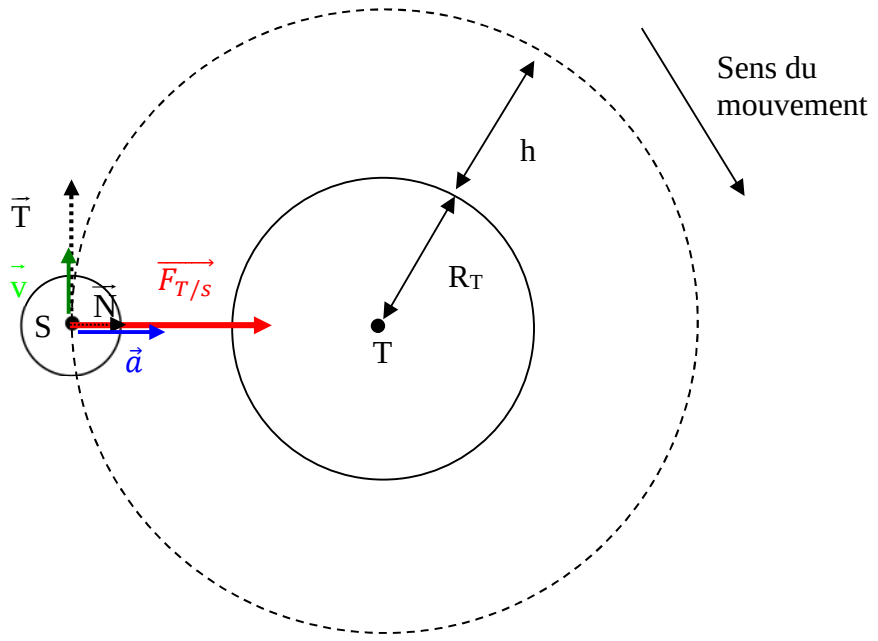
G est appelée constante de gravitation universelle : G = 6,67.10^{-11} m^3.kg^{-1}.s^{-2}
F est exprimée en Newton : N
m_T et m_L en kg
d en mètres

Rq 1 :
D'après la ..... **loi** de Newton ou principe des interactions réciproques, la force gravitationnelle exercée par la Lune sur la Terre notée $\overrightarrow{F_{L/T}}$ = ... et : $F_{L/T}$ = ...

Rq 2 :
Si on considère la distance h entre la surface des 2 corps on a la relation
d = R_T + h + R_L d'où :

$F_{T/L}$ =

1.6. Etude du mouvement d'un satellite autour de la terre



Système : .....

Réf : .....

Repère : .....

Force : .....

(on néglige, les forces d'attraction gravitationnelles des autres astres ainsi que les forces de frottements de l'atmosphère)

Remarques :

- Le mouvement du satellite est supposé .....
- La masse du satellite est noté m_s et la masse de la Terre M_T
- Le satellite est supposé suffisamment petit par rapport à la Terre pour être assimilé à .....

a) Accélération du satellite

- Application de la 2ème loi de Newton
- Projection dans la base de Frénet
- *Montrer que l'on obtient pour l'accélération:*

$$\vec{a}\begin{pmatrix} a_T = 0 \\ a_N = G.\frac{M_T}{(R_T+h)^2} \end{pmatrix}$$

Rq : L'accélération ne dépend pas de ....., mais uniquement de .....

b) Vitesse du satellite

- Sachant que par définition:

$$\vec{a}\begin{pmatrix} a_T = \frac{dv}{dt} \\ a_N = \frac{v^2}{R} \end{pmatrix}$$ avec: $R = (R_T + h)$

- *Montrer que l'on obtient pour la vitesse:*

$$\begin{pmatrix} v = \text{constante} \\ v = \sqrt{G.\frac{M_T}{(R_T+h)}} \end{pmatrix}$$

(1) nous dit que v est constante donc que le mouvement est circulaire uniforme

(2) nous donne l'expression de v

Rq : La vitesse dépend de .....du sat et est .....pour une altitude donnée
Elle ne dépend pas de ....., mais uniquement de .....

c) Période de révolution

- Sachant que la trajectoire est ..... et que le périmètre d = ...
  est parcouru en une durée Δt =..... appelée .....

➢ *Montrer que :* $v = \frac{2.\pi.(R_T+h)}{T}$

➢ *et en déduire l'expression de la période de révolution :* $T = \frac{2.\pi.\sqrt{(R_T+h)^3}}{\sqrt{G.M_T}}$

Rq : T ne dépend que de .....et de .....

d) 3ème loi de Kepler

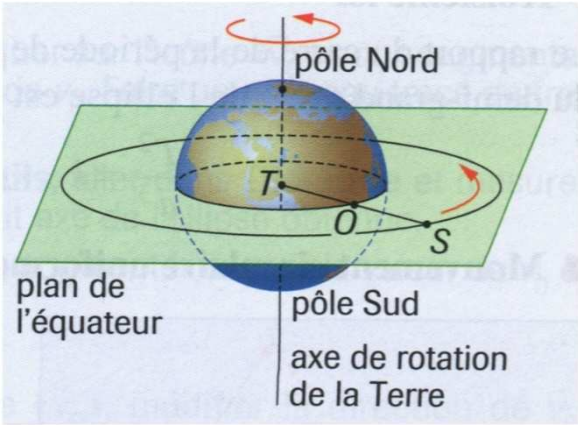
➢ *Montrer que :*

$$\frac{T^2}{(R_T+h)^3} = \text{constante}$$

Rq: si on a une ellipse et pas un cercle on remplace $(R_T + h)$ par .....

e) Satellite géostationnaires

Les satellites géostationnaires sont surtout utilisés comme relais dans le domaine de la télécommunication ou comme satellites d'observation en météorologie.
Pour être géostationnaire,
un satellite doit satisfaire à plusieurs conditions.
Dans le référentiel géocentrique :
- Il doit décrire un cercle dans le plan .....
- Le sens du mouvement doit être .....que celui de la rotation de la Terre autour de l'axe des pôles ;
- Sa période de révolution doit être ..... à la période de rotation propre de la Terre : T= 23 h 56 min = 86160 s= .....



➢ *Montrer que pour que cette dernière condition soit réalisée, il faut que le satellite évolue à une altitude bien déterminée :*

$$h = \sqrt[1/3]{\frac{T^2.G.M_T}{4.\pi^2}} - R_T = \text{.....}$$

données: ATTENTION distance en mètre !
$G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I.
$R_T = 6380$ km
$M_T = 5{,}97.10^{24}$ kg
T = 23h56min=86160s