

CHAPITRE 8 : MOUVEMENTS DES SATELLITES ET DES PLANÈTES

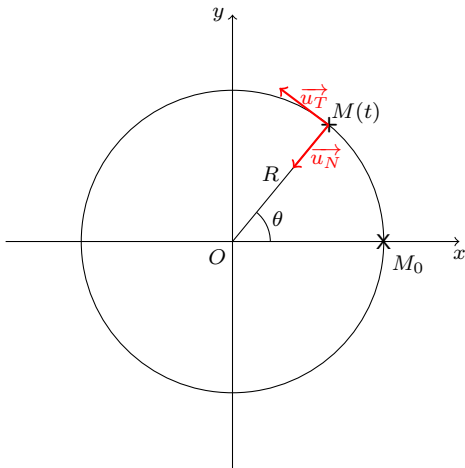
Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Janvier 2020

I. Cinématique des mouvements circulaires

1. La base de Frenet



I. Cinématique des mouvements circulaires

1. La base de Frenet

- Pour l'étude des mouvements circulaires, une base cartésienne n'est pas très adaptée.
- On se munit donc d'une autre base, en coordonnées polaires, appelée **base de Frenet**, qui est une **base mobile**.
- La base de Frenet est composée de deux vecteurs (\vec{u}_T, \vec{u}_N) respectivement tangent à la trajectoire et normal à la trajectoire.
- Le vecteur \vec{u}_T est appelé vecteur tangentiel ; il est dirigé dans le sens du mouvement.
- Le vecteur \vec{u}_N est appelé vecteur normal ; il est centripète (dirigé vers l'intérieur de la courbure).

I. Cinématique des mouvements circulaires

2. Accélération du point M

Accélération dans un mouvement circulaire

$$\vec{a} = \frac{d^2 \overrightarrow{OM}}{dt^2} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{u}_T + \frac{v^2}{R} \cdot \vec{u}_N$$

- On appelle **accélération tangentielle** $\vec{a}_T = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{u}_T$; elle est due à la variation de la valeur de la vitesse.
- On appelle **accélération normale** $\vec{a}_N = \frac{v^2}{R} \cdot \vec{u}_N$; elle est due à la variation de la direction du vecteur vitesse.
- Ainsi, on a : $\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N$

I. Cinématique des mouvements circulaires

2. Accélération du point M

- Si en plus d'être circulaire ($R = cste$), le mouvement est uniforme, alors $v = cste$ et $\frac{dv}{dt} = 0$ donc $\overrightarrow{a_T} = \vec{0}$ et alors $\overrightarrow{a} = \overrightarrow{a_N} = \frac{v^2}{R} \cdot \overrightarrow{u_N}$
- On dit alors que l'accélération d'un mouvement circulaire uniforme est purement normale et centripète.
- **ATTENTION** : on voit bien ici que l'accélération d'un mouvement circulaire uniforme n'est pas nulle !!!

I. Cinématique des mouvements circulaires

3. Vitesse angulaire

- La vitesse angulaire ω , en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ est donnée par :

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\widehat{M_0 M}}{R} \right) = \frac{v}{R}$$

- On a donc la relation suivante : $v = R \cdot \omega$
- Il en découle une autre expression de l'accélération normale :

$$a_N = \frac{v^2}{R} = \frac{R^2 \cdot \omega^2}{R} = R \cdot \omega^2$$

I. Cinématique des mouvements circulaires

4. Période de révolution

- La période de révolution est la durée mise par le point M pour faire un tour, donc pour parcourir une distance égale au périmètre de la trajectoire, soit $2\pi \cdot R$

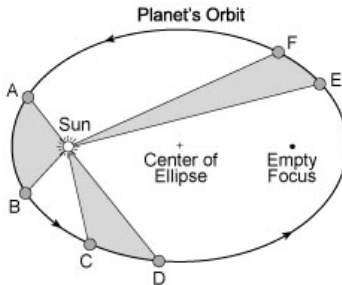
- On a donc $v = \frac{2\pi \cdot R}{T}$ soit $T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$

II. Mouvements des satellites et des planètes

1. Les lois de Kepler

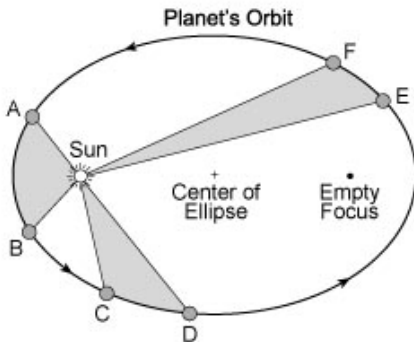
Dans le référentiel héliocentrique :

- **Première loi de Kepler** : chaque planète décrit une ellipse dont l'un des foyers est occupé par le centre du Soleil.
- **Deuxième loi de Kepler** : le segment Soleil-Planète balaie des aires égales au cours de durées égales.
- **Troisième loi de Kepler** : Le rapport $\frac{T^2}{a^3}$ du carré de la période de révolution au cube du demi grand-axe a la même valeur pour toutes les planètes et ne dépend que de l'astre attracteur (ici, le Soleil).



II. Mouvements des satellites et des planètes

1. Les lois de Kepler



II. Mouvements des satellites et des planètes

2. Application de la deuxième loi de Newton au cas des satellites

- Système étudié : {satellite} noté S
- On se place dans le référentiel géocentrique considéré comme galiléen.
- On appelle R_T le rayon terrestre et h l'altitude du satellite au-dessus de la surface terrestre.
- On suppose que le satellite décrit une trajectoire circulaire.
- On suppose que la Terre, notée T, est un corps à répartition sphérique de masse donc la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite a pour expression, dans la base de Frenet : $\overrightarrow{F_{T/S}} = G \cdot \frac{M_T \cdot m_S}{(R_T + h)^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$
- La seule force extérieure appliquée au satellite est cette force de gravitation (on considère que les frottements sont négligeables à cette altitude) et la masse du satellite est constante donc, d'après la deuxième loi de Newton, on a :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \overrightarrow{F_{T/S}} = \frac{d\overrightarrow{p}}{dt} = m_S \cdot \overrightarrow{a} \text{ ou encore } \overrightarrow{F_{T/S}} = m_S \cdot \overrightarrow{a}$$