

# CHAPITRE 8 : MOUVEMENTS DES SATELLITES ET DES PLANÈTES

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Janvier 2018

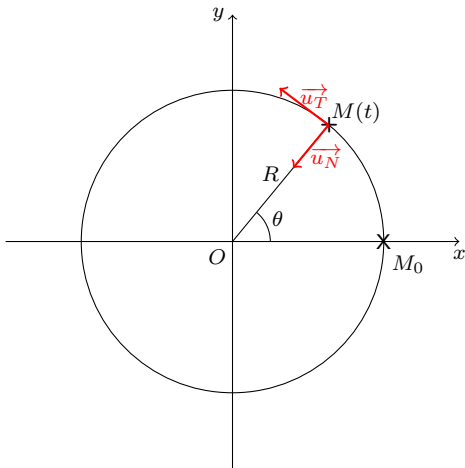
# I. Cinématique des mouvements circulaires

## 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

## 1. La base de Frenet



# 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  $\omega$ , 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  $2\pi \cdot R$

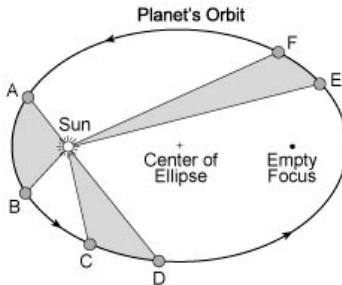
- On a donc  $v = \frac{2\pi \cdot R}{T}$  soit  $T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$

## II. Mouvements des satellites et des planètes

### 1. Les lois de Kepler

#### Dans le référentiel héliocentrique :

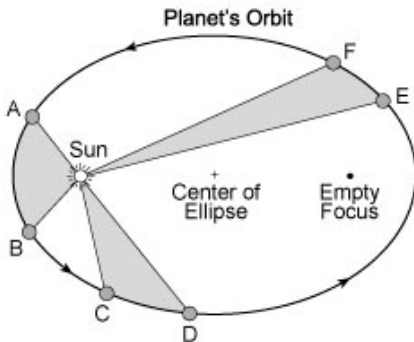
- **Première loi de Kepler** : chaque planète décrit une ellipse dont l'un des foyers est occupé par le centre du Soleil.
- **Deuxième loi de Kepler** : le segment Soleil-Planète balaie des aires égales au cours de durées égales.
- **Troisième loi de Kepler** : Le rapport  $\frac{T^2}{a^3}$  du carré 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 :

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