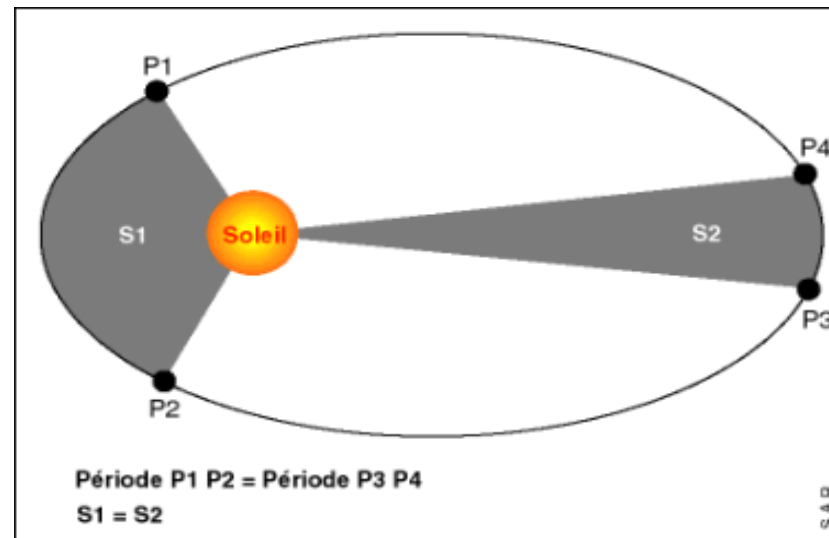


Partie 4

L'OBSERVATION, LA CONQUÊTE ET LA COMPRÉHENSION DE L'ESPACE

Chapitre 1

LE MOUVEMENT DES PLANÈTES ET DES SATELLITES



SOMMAIRE

OBJECTIFS	4
INTRO	5
COURS	6
I.Cinématique.....	6
I.1.Système étudié.....	6
I.2.Référentiel d'étude.....	7
I.3.Vecteur position.....	9
I.4.Vecteur vitesse.....	11
I.5.Vecteur accélération.....	14
I.6.Mouvements particuliers.....	19
II.Mouvement d'un corps céleste.....	21
II.1.Lois de Kepler.....	21
II.2.Les deux premières lois de Newton.....	23
II.3.Application de la deuxième loi de Newton.....	24
III.Modélisation du mouvement des planètes et des satellites.....	26
III.1.Approximation du mouvement des planètes.....	26
III.2.Mouvements des satellites.....	27
IV.Etude énergétique.....	29
IV.1.Travail d'une force.....	29
IV.2.Energie cinétique.....	30
IV.3.Force conservative et énergie potentielle.....	31
IV.4.Energie mécanique.....	32
IV.5.Application aux mouvements des satellites.....	33

<u>CE QU'IL FAUT RETENIR</u>	36
<u>OBJECTIF BAC</u>	37
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	37
<u>ANIMATIONS</u>	37

OBJECTIFS

Restituer et mobiliser ses connaissances :

- Définir des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme).
- Connaître les trois lois de Kepler.
- Connaître les trois lois de Newton.

Réaliser, calculer, appliquer des consignes modéliser :

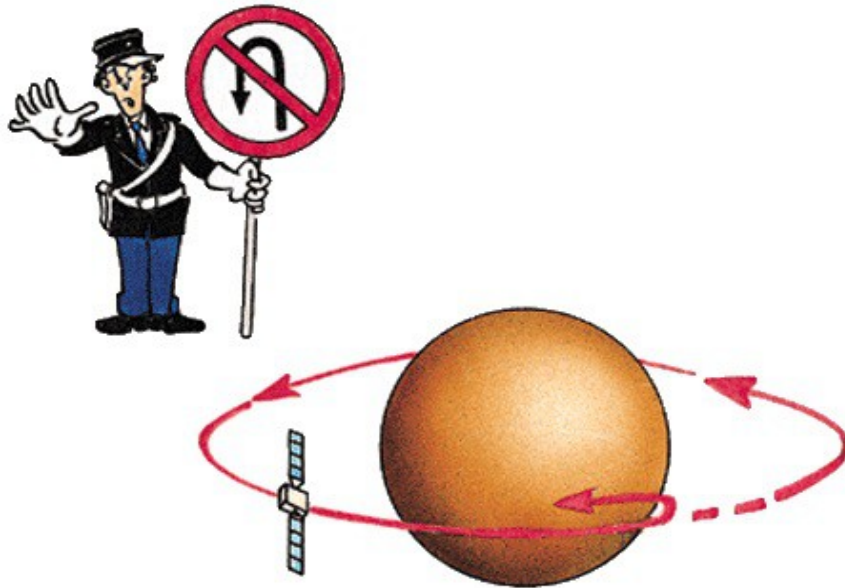
- Choisir un référentiel d'étude.
- Reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme).
- Exploiter les trois lois de Newton.
- Exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.

Raisonner :

- Démontrer que, dans l'approximation des trajectoires circulaires, le mouvement d'un satellite, d'une planète, est uniforme.
Etablir l'expression de sa vitesse et de sa période.
- Reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération.
- Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.

INTRO

Comment décrire précisément et interpréter le mouvement d'une planète ou d'un satellite



<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/412-quest-ce-quune-orbite-.php>

COURS

I. Cinématique

I.1. Systeme étudié

L'objet, ou le point de l'objet, dont on étudie le mouvement est le système étudié.

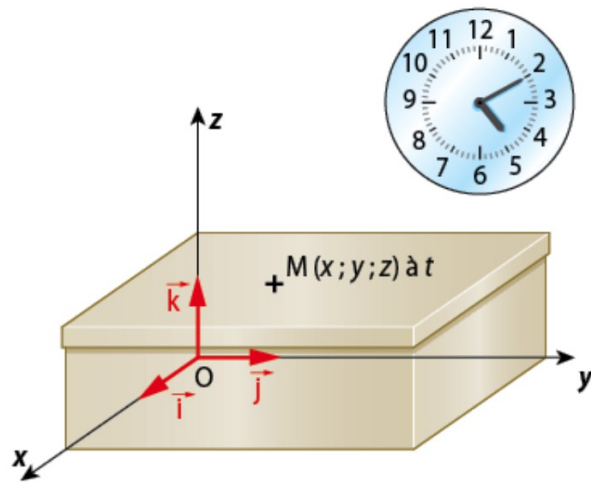


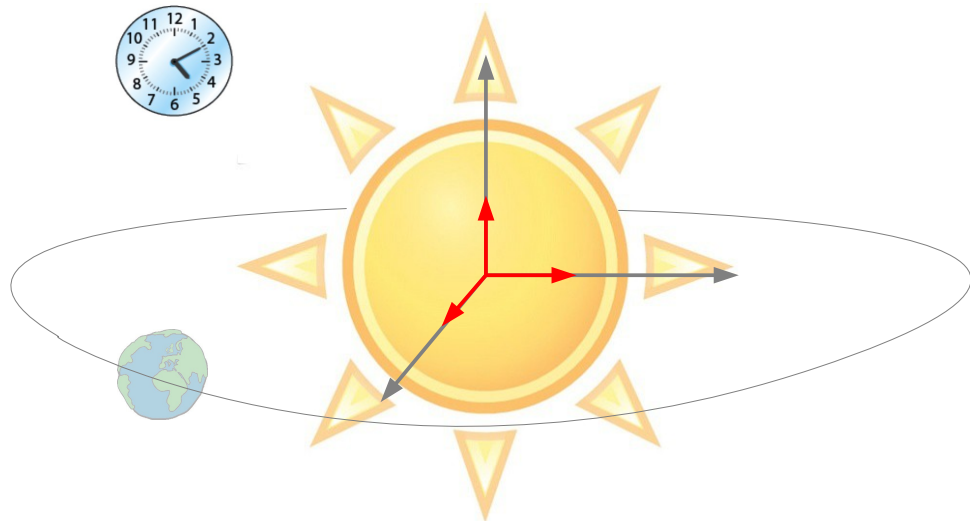
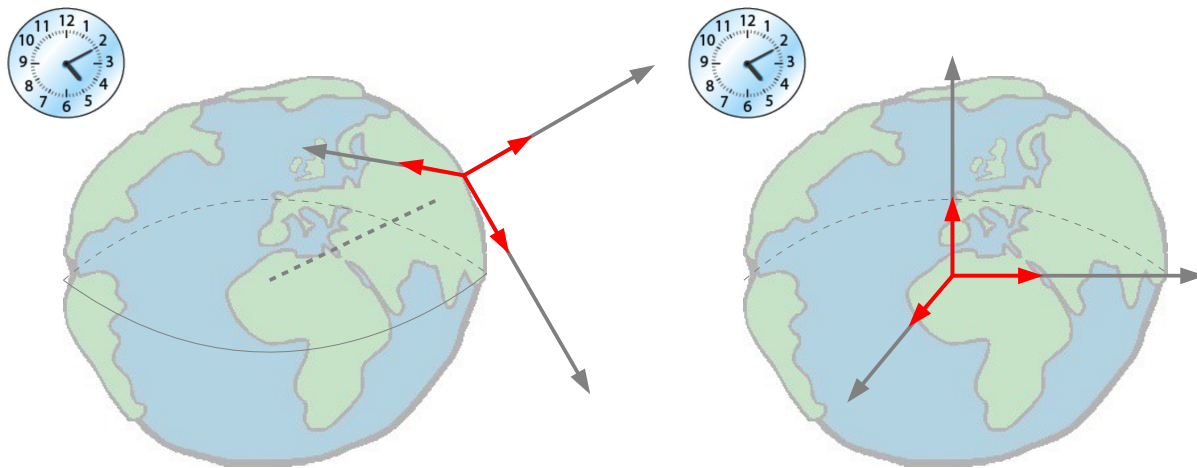
Le mouvement d'un système est généralement complexe. Si les **dimensions** du système sont **très petites** devant la taille du domaine sur lequel il évolue, le système pourra être considéré comme **ponctuel**.

Par la suite, on assimilera tous les **systèmes** à un **point matériel** de **même masse** situé au **centre d'inertie**.

I.2. Référentiel d'étude

Un référentiel et un solide de référence auquel on associe un repère d'espace pour le repérage des positions dans l'espace et une horloge pour le repérage du temps.





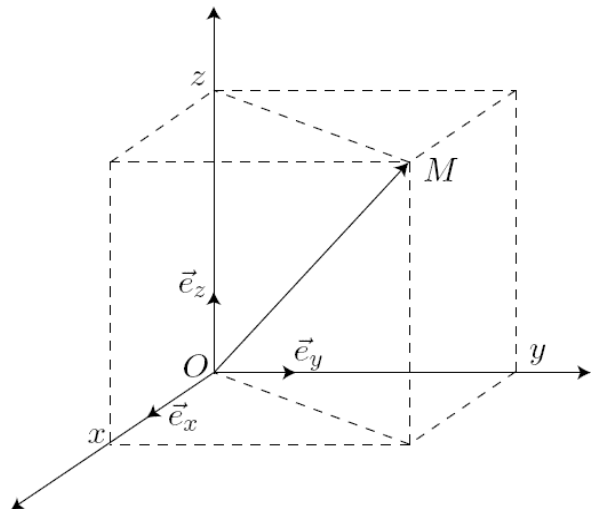
1.3. Vecteur position

Un point mobile M est repéré à l'aide de ses coordonnées. On peut alors écrire le vecteur position \vec{OM} en fonction de ses coordonnées.

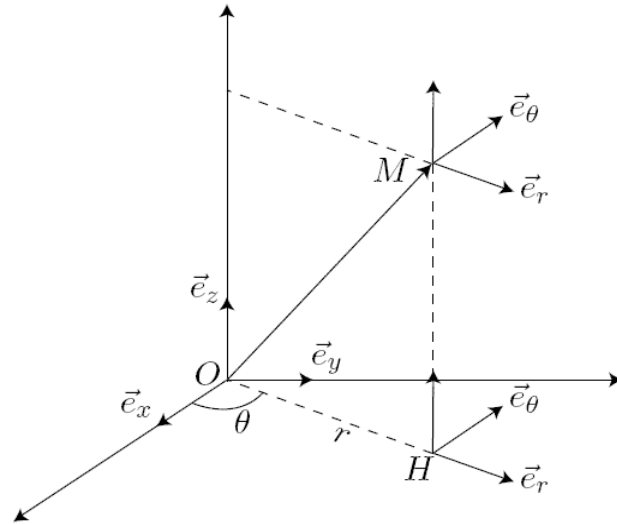


Il existe plusieurs **systèmes de coordonnées**. Certains systèmes de coordonnées sont plus appropriés que d'autres pour faciliter l'étude de certains mouvements.

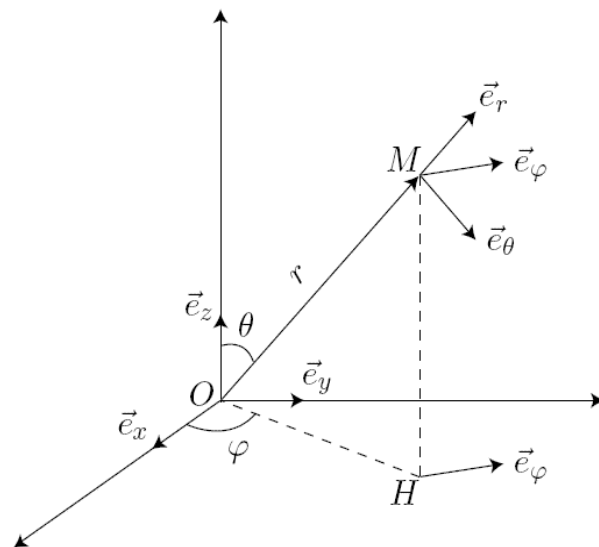
Coordonnées cartésiennes :



Coordonnées cylindriques :

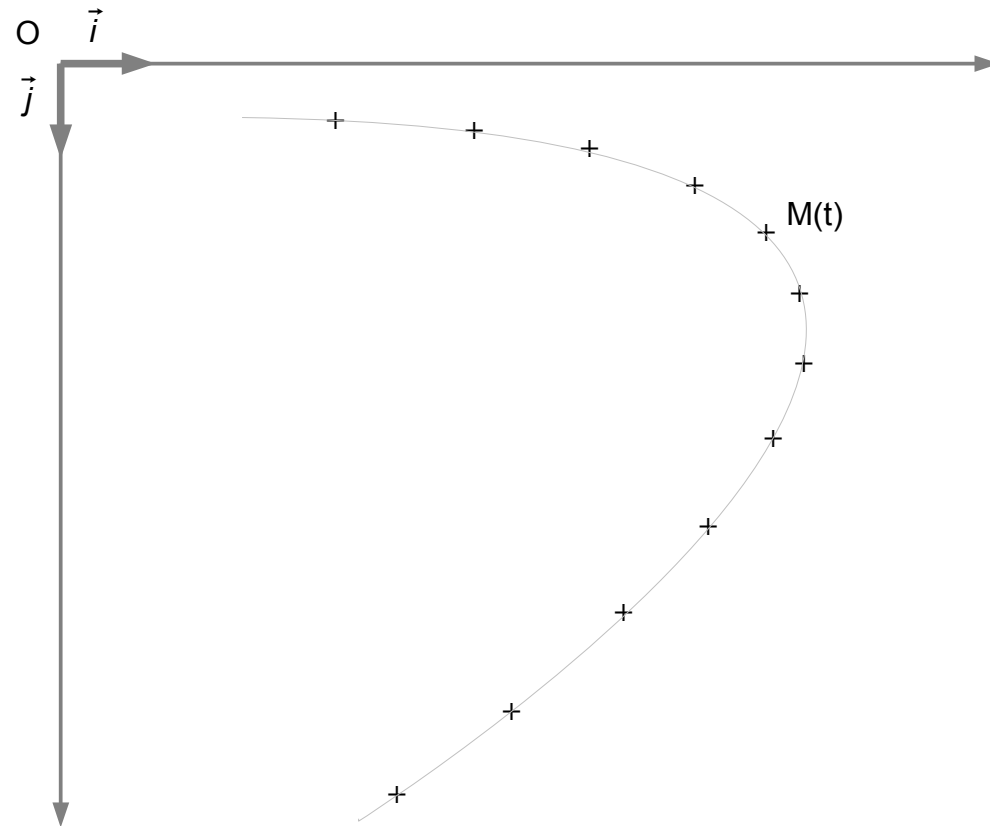


Coordonnées sphériques :



I.4. Vecteur vitesse

I.4.a. Définition



Dans un **référentiel donné**, le **vecteur vitesse** \vec{v} d'un point mobile M est la **dérivée par rapport au temps** du **vecteur position** \vec{OM} :

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt}$$

I.4.b. Coordonnées :

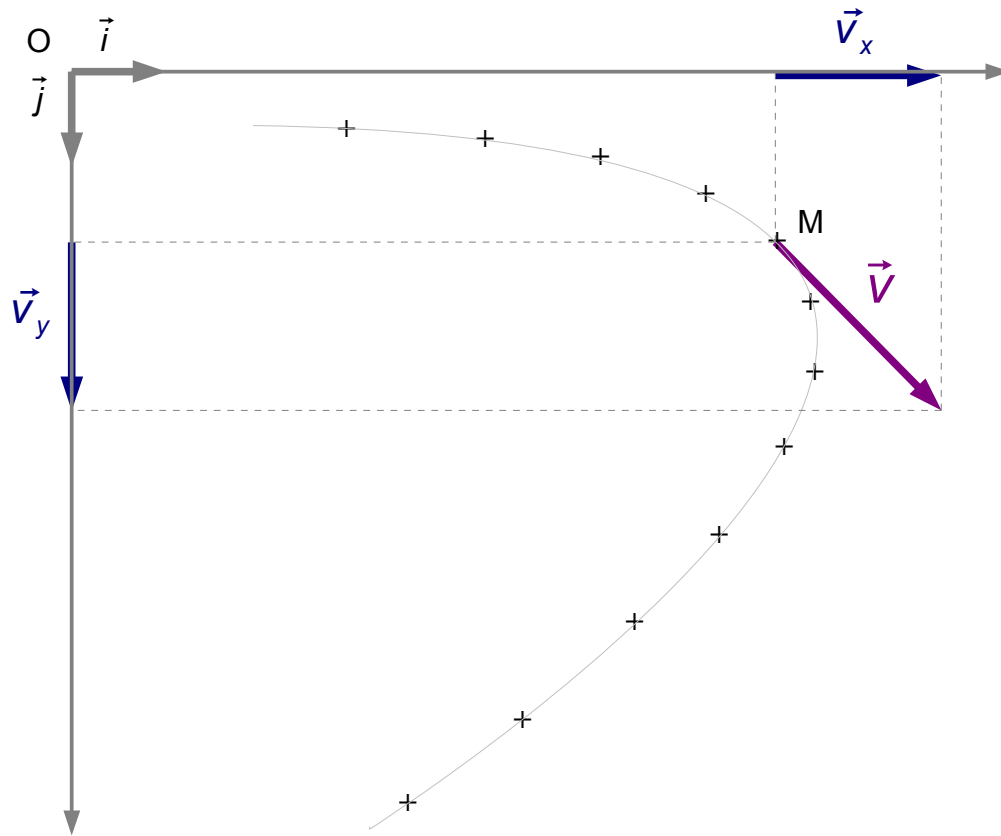
Soit le vecteur position \vec{OM} dans un repère ($\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$) :

$$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

Les coordonnées du vecteur vitesse sont les dérivées de celles du vecteur position.



Les coordonnées d'un vecteur sont des valeurs algébriques qui ne doivent pas être confondues avec ses composantes qui sont des vecteurs.



I.5. Vecteur accélération

I.5.a. Définition

Dans un **référentiel donné**, le **vecteur accélération** \vec{a} d'un point mobile M est la **dérivée par rapport au temps** du **vecteur vitesse** \vec{v} de ce point mobile:

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$$



Dans le système international, la valeur de l'accélération s'exprime en **mètre par seconde carré** (m.s⁻²).

I.5.b. Coordonnées :

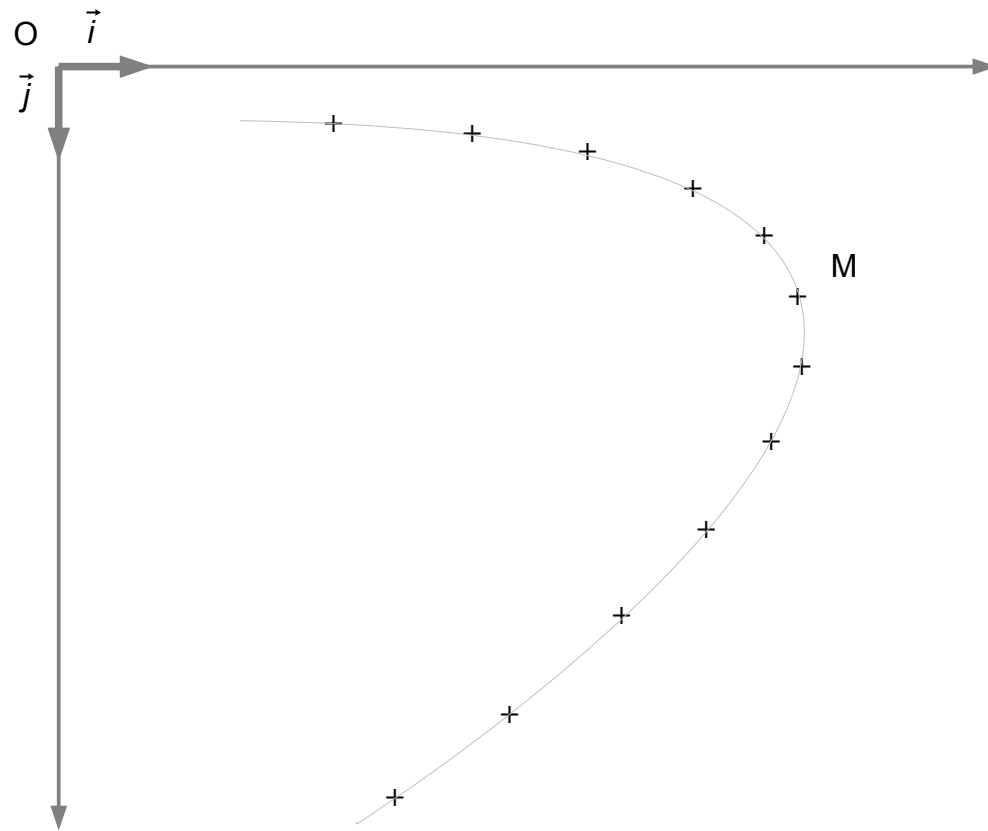
Soit le vecteur vitesse \vec{v} dans un repère ($\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$) :

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$

Les coordonnées du vecteur accélération sont les dérivées celles du vecteur vitesse.

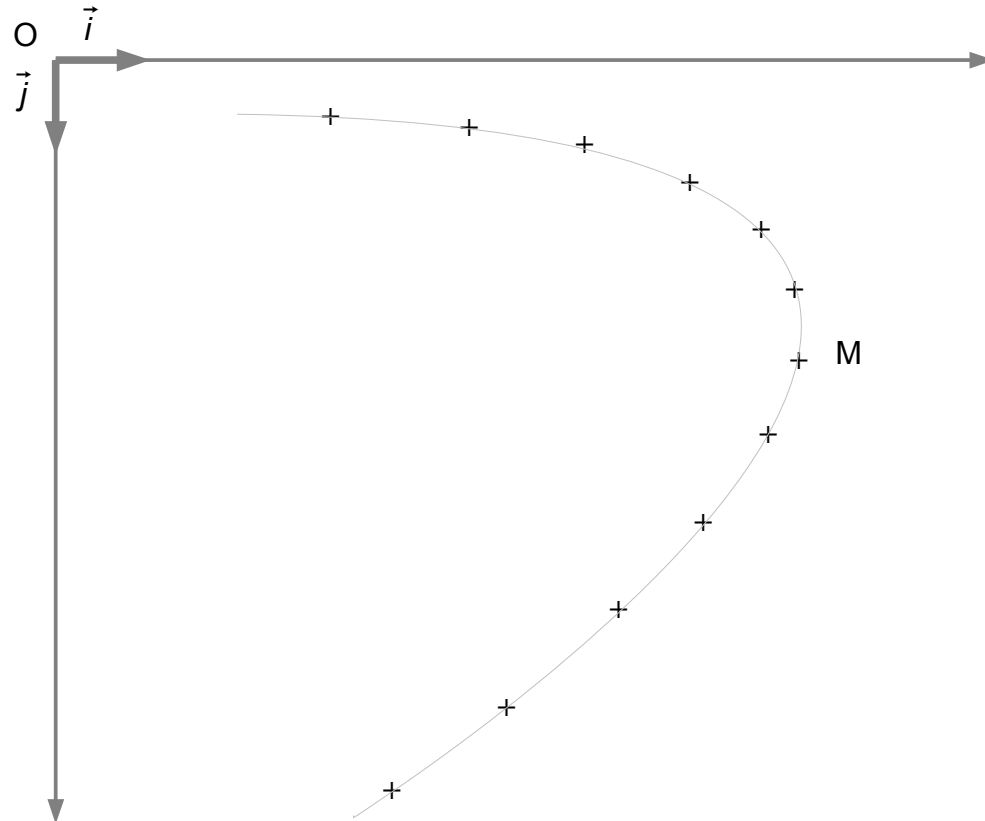
I.5.c. Détermination graphique

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$



I.5.d. Composante normale et tangentielle

A la date t , on peut définir un repère ayant pour origine **M** et pour base orthonormée, **deux vecteurs unitaires**. L'un porté par la **tangente à la trajectoire** et orienté dans le **sens du mouvement** et l'autre **perpendiculaire au précédent** et **dirigé vers l'intérieur de la concavité de la trajectoire**.



$$a_t = \frac{dv}{dt}$$

et

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

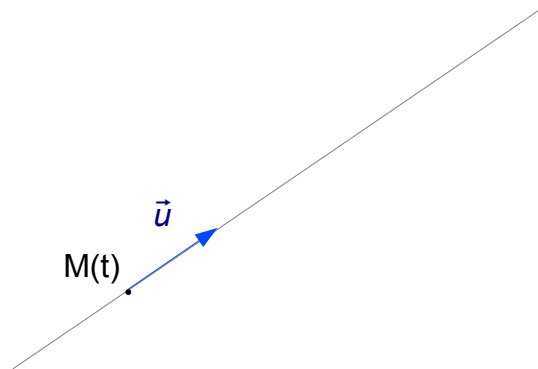
ρ est le rayon de courbure de la trajectoire au point M. Si la trajectoire est un cercle, ρ est égal à son rayon R.



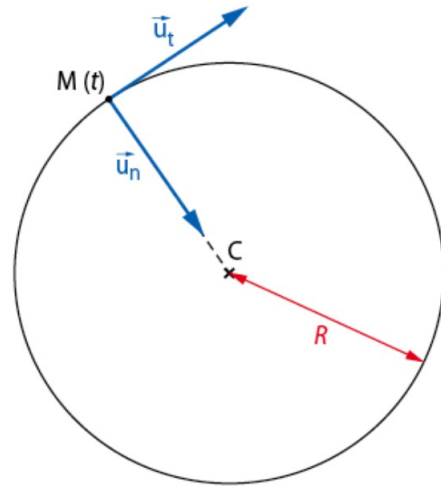
La valeur de a_n étant toujours positive, **le vecteur accélération est toujours dirigé vers l'intérieur de la concavité de la trajectoire.**

I.6. Mouvements particuliers

I.6.a. Mouvements rectilignes



I.6.b. Mouvements circulaires



Exercices n°3, 4, 6 et 24 p.96, 97 et 102 (physique)

II. Mouvement d'un corps céleste

II.1. Lois de Kepler



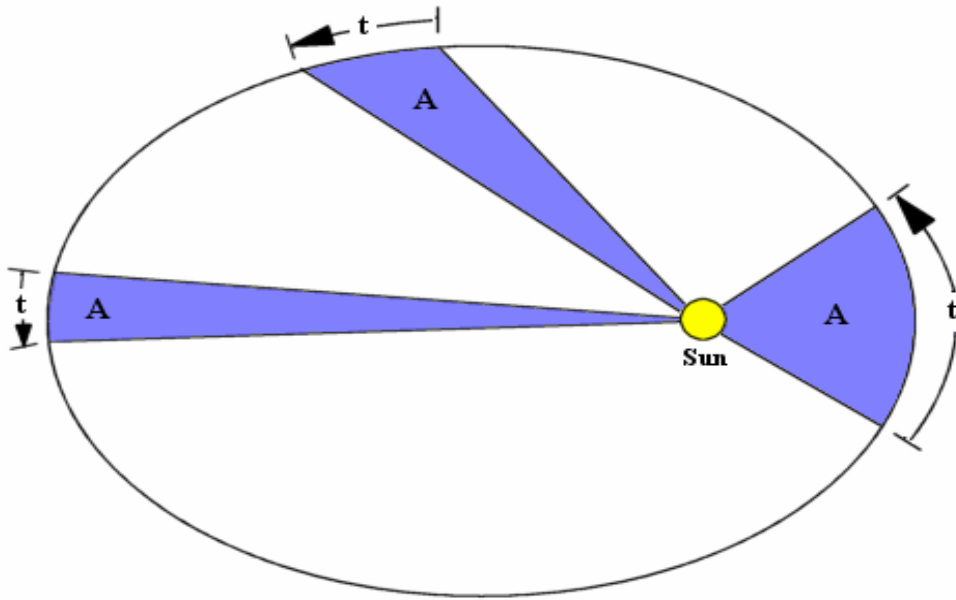
Activité de modélisation n°1 : **Les lois de Kepler**

Dans un référentiel héliocentrique :

- 1. Chaque planète décrit une ellipse dont le centre du Soleil occupe un des foyers.**
- 2. Le segment Soleil-planète balaie des aires égales au cours de durées égales.**
- 3. Le rapport $\frac{T^2}{a^3}$ du carré de la période de révolution au cube du demi-grand axe a a la même valeur pour toutes les planètes, cette valeur ne dépendant que de l'astre attracteur, le Soleil.**



D'après la deuxième loi de Kepler, la **vitesse** d'une planète **augmente** quand elle se **rapproche du soleil** et **diminue** quand elle s'en **éloigne**.



II.2. Les deux premières lois de Newton

Dans un **référentiel galiléen**, la somme des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de sa masse par l'accélération de son centre d'inertie.

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G$$



En physique, un référentiel galiléen, ou inertiel, est un référentiel dans lequel un objet isolé (sur lequel ne s'exerce aucune force) ou pseudo-isolé (sur lequel la résultante des forces est nulle) est soit immobile, soit en mouvement de translation rectiligne uniforme. Cela signifie que le principe d'inertie s'y applique.

Le principe d'inertie n'est qu'un cas particulier du théorème du centre d'inertie.

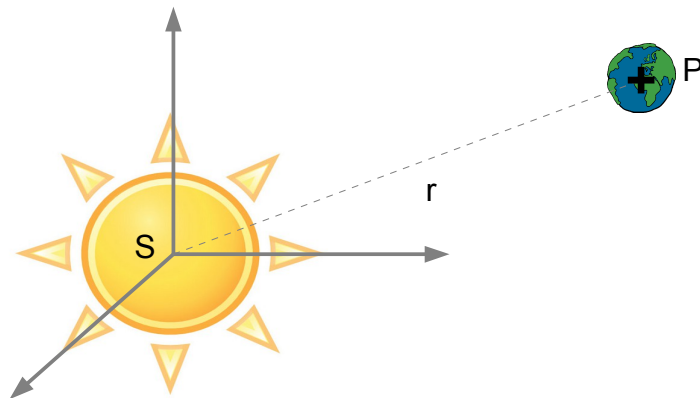
II.3. Application de la deuxième loi de Newton



Activité de modélisation n°2 : Mouvements et lois de Newton pour des corps célestes

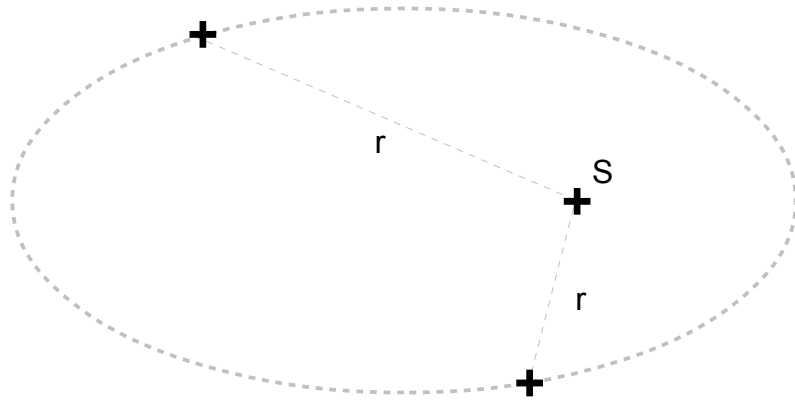
Une planète de masse m , de centre d'inertie P évolue autour du soleil de masse M_S et de centre d'inertie S . (On néglige les actions exercées par les autres planètes)

Il existe une force d'attraction gravitationnelle \vec{F}_S exercée par le Soleil sur la planète :



Référentiel héliocentrique

Dans le référentiel héliocentrique pouvant être considéré comme galiléen, on peut appliquer le théorème du centre d'inertie à la planète :



On peut appliquer de la même façon le théorème du centre d'inertie aux satellites de la Terre, dans le référentiel géocentrique pouvant être considéré comme galiléen.

Les trois lois de Kepler s'appliquent donc aussi au **système Terre-satellite**.



[Exercices n°10, 11, 12 et 26 p.122, 123 et 127 \(physique\)](#)

III. Modélisation du mouvement des planètes et des satellites

III.1. Approximation du mouvement des planètes

Un point ayant un mouvement circulaire uniforme est soumis à une force radiale et centripète comme le centre d'inertie d'une planète...

Le mouvement circulaire uniforme est une solution exacte de l'équation qui régit le mouvement d'une planète dans le référentiel héliocentrique.

La vitesse v du centre d'inertie de la planète, le rayon r de son orbite et sa période T de révolution sont liées par les relations :

$$v = \sqrt{\frac{GM_s}{r}} \qquad T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_s}}$$



Le mouvement circulaire uniforme satisfait aux lois de Kepler.

Newton attribuera la valeur $\frac{4\pi^2}{GM_s}$ au rapport $\frac{T^2}{a^3}$ de la troisième loi de Kepler.

III.2. Mouvements des satellites

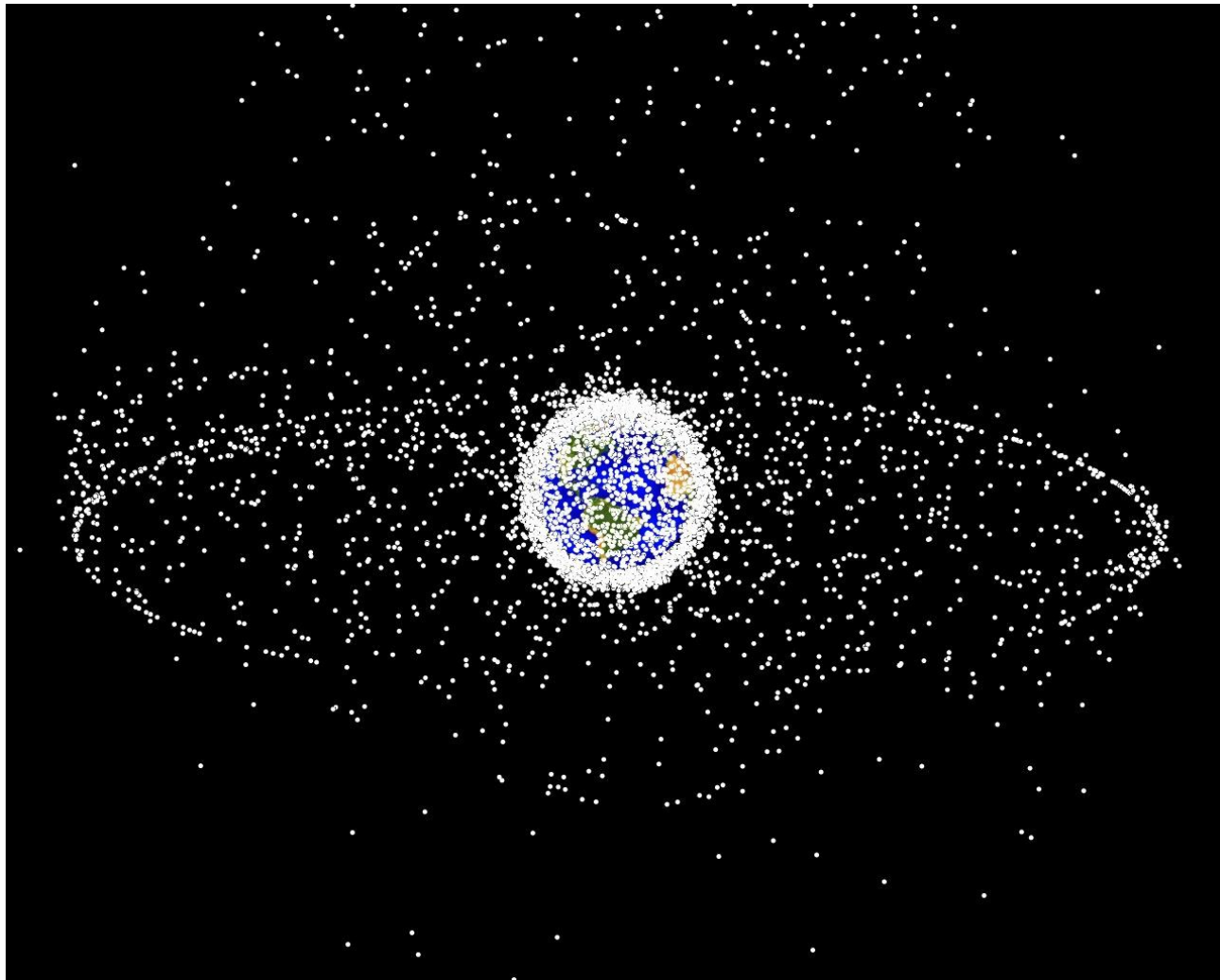


Activité documentaire n°1 : **Mouvements des satellites artificiels**

Le mouvement circulaire uniforme est aussi une solution exacte de l'équation qui régit le mouvement des satellites terrestres dans le référentiel géocentrique.

La vitesse v du centre d'inertie du satellite, son altitude z et sa période T de révolution sont liées par les relations :

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + z}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + z)^3}{GM_T}}$$



Exercices n°17, 18 et 22 p.124, 125 et 126 (physique)

IV. Etude énergétique

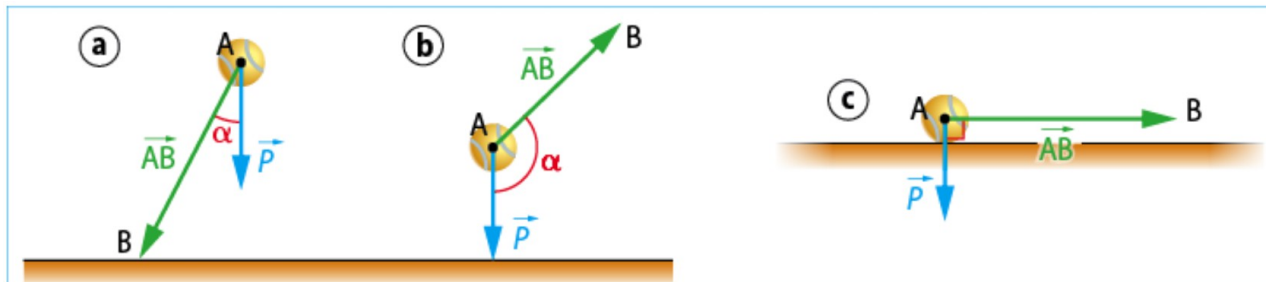
IV.1. Travail d'une force

Le **travail** $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante, lors d'un déplacement rectiligne de son point d'application de A vers B, est égal au **produit scalaire** de la **force** \vec{F} par le **vecteur déplacement** \vec{AB} :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = \|\vec{F}\| \cdot \|\vec{AB}\| \cdot \cos \alpha$$



Lorsque le **travail** d'une force est **positif**, on parle de **travail moteur** et de **force motrice**. Inversement, lorsque le **travail** d'une force est **négatif**, on parle de **travail résistant** et de **force résistante**.



IV.2. Energie cinétique

L'énergie cinétique E_c d'un système de masse m , qui se déplace à la vitesse v dans un référentiel d'étude s'écrit :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$



C'est l'énergie due au **mouvement du système**, toujours positive (ou nul si le système est au repos). Sa variation résulte des transferts d'énergie opérés par les forces s'exerçant sur le système.

Théorème de l'énergie cinétique :

IV.3. Force conservative et énergie potentielle

Toute force pour laquelle le travail ne dépend que du point de départ et du point d'arrivée (et non du chemin emprunté) est une force conservative.

A toute force conservative \vec{F} est associée une énergie potentielle E_P . C'est un champ scalaire tel que :

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\Delta E_P = E_P(A) - E_P(B)$$



On dit que la force **dérive** de l'énergie potentielle E_P .

Cette énergie potentielle, définie à une **constante arbitraire près**, ne dépend que de la position du corps dans l'espace.

Cette énergie est appelée potentielle car elle peut être emmagasinée par un corps et peut ensuite être transformée par exemple en énergie cinétique lorsque le corps est mis en mouvement.

IV.4. Energie mécanique

L'**énergie mécanique** E_m d'un système est la somme de son énergie cinétique E_C et de toutes les énergies potentielles E_P relatives aux forces conservatives auxquelles il est soumis :

$$E_m = E_C + \sum E_P$$

Théorème de l'énergie mécanique :



Un système soumis uniquement à des **forces conservatives** voit son **énergie mécanique** se **conserver**.

IV.5. Application aux mouvements des satellites

La force d'attraction gravitationnelle est une **force conservative**.
On peut lui associer une **énergie potentielle**.

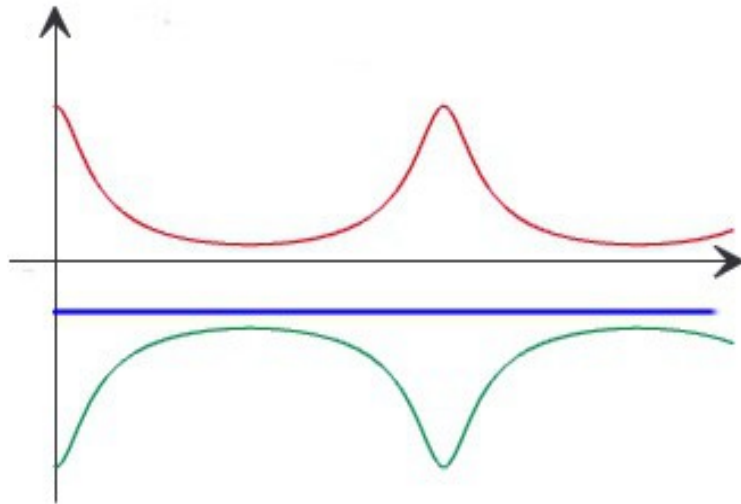
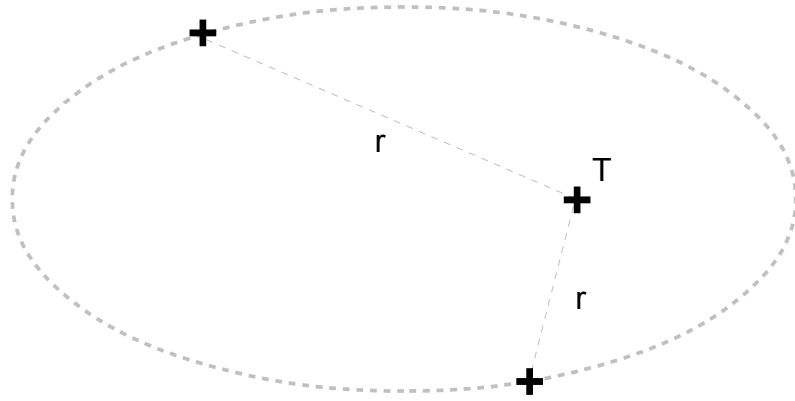
L'**énergie potentielle gravitationnelle** d'un satellite de masse m à la distance r du centre de la Terre a pour expression :

$$E_p = -G \frac{m.M_T}{r}$$

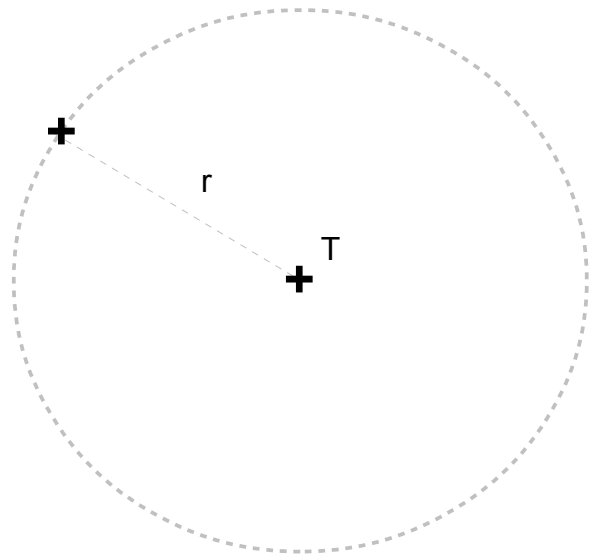


Cette énergie est certes négative, mais supérieure à l'énergie potentielle du satellite avant son lancement, puisque, à ce moment-là, sa distance au centre de la Terre était égal au rayon terrestre, plus petit que sa distance r en orbite.

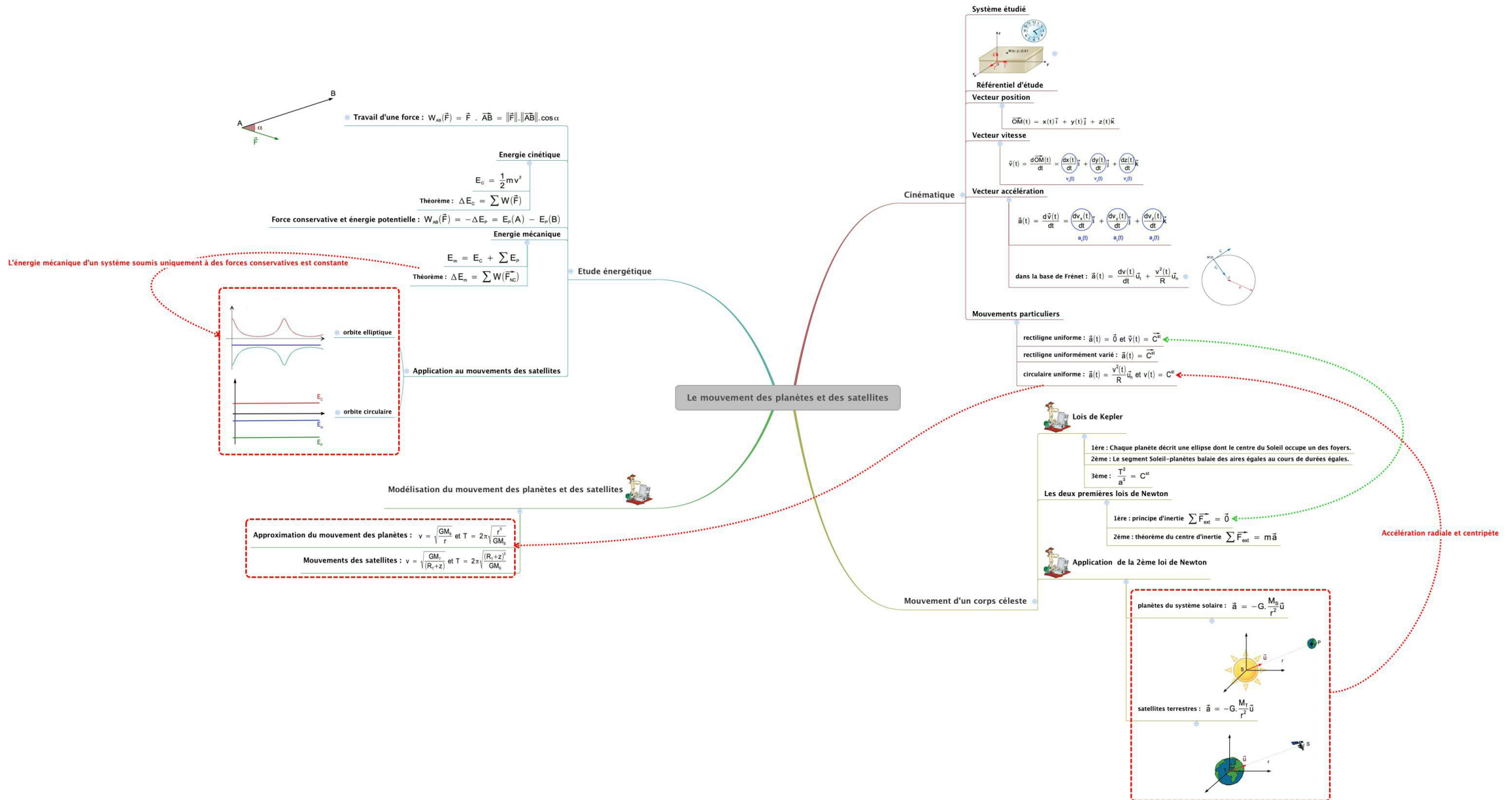
Cas d'une orbite elliptique :



Cas d'une orbite circulaire :



CE QU'IL FAUT RETENIR



OBJECTIF BAC...

Exercices du livre:

- Exercice n°32 p.106
- Exercices n°30 et 31 p.129 et 130

BIBLIOGRAPHIE

- BELIN, physique Term S

ANIMATIONS

- <http://www.edumedia-sciences.com/fr/> (identifiant : 0070001N mdp : edumedia)