

# SUIS-JE AU POINT ?

## Chapitre 19 : Forces centrales

💡 Une notion à bien comprendre, un point à retenir.

♥ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.

📖 Un savoir-faire à acquérir.

TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

### 1 Champ de force centrale conservatif

#### 1.1 Définition

♥ Définir un **champ de force centrale**.

#### 1.2 Force gravitationnelle

♥ Exprimer la force d'interaction gravitationnelle entre deux masses ponctuelles dans un repère sphérique centré sur l'une des deux masses.

#### 1.3 Force coulombienne

♥ Exprimer la force d'interaction électrostatique (aussi appelée force coulombienne) entre deux charges ponctuelles, dans un repère sphérique centré sur l'une des deux charges.

♥ Définir un champ de force **newtonien**.

#### 1.4 Énergie potentielle d'un champ newtonien

♥ Exprimer (sans démonstration) l'énergie potentielle gravitationnelle.

### 2 Relations de conservation, propriétés du mouvement

#### 2.1 Conservation du moment cinétique

📖 Un point matériel  $M$  est en mouvement dans un champ de force centrale (de centre  $O$ ) Démontrer que  $\vec{L}_O(M)$  se conserve au cours du mouvement.

##### 2.1.1 Planéité du mouvement

📖 Justifier que le mouvement est plan et préciser quel est ce plan (*plan orthogonal à  $\vec{L}_O(M)$  passant par  $O$* ).

##### 2.1.2 Loi des aires

📖 Démontrer que pour un mouvement dans un champ de force centrale :  $C = r^2\dot{\theta} = \text{Cste}$ . Donner le nom de cette constante (*constante des aires*).

♥ Énoncer la loi des aires sous sa forme **géométrique** (*Au cours du mouvement, le vecteur  $\overrightarrow{OM}$  balaye des aires égales pendant des intervalles de temps égaux*).

TD Loi des aires : exercices 3, 4, 5.

#### 2.2 Conservation de l'énergie mécanique

📖 Montrer que le mouvement radial peut être étudié en faisant intervenir une **énergie potentielle effective**  $E_{p,\text{eff}}(r)$  dont on donnera l'expression en fonction de l'énergie potentielle  $E_p(r)$  et de  $C$ .

TD Énergie potentielle effective : exercice 3, 4.

### 3 Cas du champ d'attraction gravitationnel

On étudie plus particulièrement dans ce paragraphe le mouvement d'un système de masse  $m$  autour d'un corps massif de masse  $M \gg m$ , mû uniquement par la force de gravitation. Le champ créé est newtonien, tel que  $k = GMm$ .

#### 3.1 Référentiel d'étude

♥ Définir le **référentiel géocentrique, héliocentrique**.

#### 3.2 Différents types de trajectoires possibles

💡 La trajectoire est une **conique** dont le centre de force occupe l'un des **foyers**.

💡 Il y a quatre type de trajectoires possibles, en fonction de la valeur de l'excentricité  $e$  : cercle ( $e = 0$ ), ellipse ( $0 < e < 1$ ), parabole ( $e = 1$ ), hyperbole ( $e > 1$ ).

#### 3.3 Étude énergétique, état lié et diffus

📎 Établir l'expression de l'énergie potentielle effective dans le cas de l'interaction gravitationnelle. Tracer son graphe et décrire les différents types de trajectoires possible en fonction du signe de l'énergie mécanique. Expliquer quels cas correspondent à un **état lié** et à un **état diffus**.

#### 3.4 Vitesse de libération

📎 Définir la vitesse de libération d'un corps à la surface de la Terre et établir son expression.

### 4 État lié dans un champ gravitationnel

#### 4.1 Lois de Kepler

♥ Énoncer les trois lois de Kepler.

#### 4.2 Trajectoires circulaires

📎 Établir l'expression de la vitesse angulaire, la vitesse, la période de révolution, l'énergie mécanique, en fonction du rayon de la trajectoire.

📎 Retrouver la 3<sup>e</sup> loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.

TD Mouvement circulaire dans un champ gravitationnel : exercices 1, 4, 5.

#### 4.3 Trajectoires elliptiques

♥ Faire le schéma d'une orbite elliptique (attention le centre de force  $O$  n'est pas au centre de l'ellipse mais un peu excentré). Définir le demi-grand axe  $a$ .

♥ Définir le péricentre  $P$  et l'apocentre  $A$ .

Relier  $r_A$  et  $r_P$  :  $r_A + r_P = 2a$ .

Relier les vitesses  $v_A$  et  $v_P$  :  $r_A v_A = r_P v_P$ .

♥ Énoncer la troisième loi de Kepler (admise) :  $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$ .

♥ Donner sans démonstration l'expression de l'énergie mécanique en fonction du demi grand-axe  $a$  de la trajectoire :  $E = -\frac{GmM}{2a}$ .

📎 Établir cette expression en utilisant la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer  $r_{\min}$  et  $r_{\max}$ .

TD Mouvement elliptique dans un champ gravitationnel : exercices 2, 4, 5.

#### 4.4 Jour sidéral, jour solaire

♥ Définir le **jour solaire**  $T_{\text{sol}}$ , le **jour sidéral**  $T_{\text{sid}}$ . Connaître la valeur de la durée du **jour solaire moyen** (24 h = 86400 s).

#### 4.5 Satellites géostationnaire

♥ Définir ce qu'est un **satellite géostationnaire**.

📎 Déterminer les propriétés de l'orbite géostationnaire : plan de l'orbite, période, rayon.

## 4.6 Masse inertielle, masse gravitationnelle

- 💡 La masse inertielle est celle de la quantité de mouvement, que l'on retrouve dans le PFD sous la forme  $m_i \vec{a}$ . Elle mesure **l'inertie** d'un corps.  
La masse gravitationnelle est celle du poids (c'est-à-dire de la force gravitationnelle) :  $\vec{P} = m_g \vec{g}$ . Elle mesure l'attraction subie par un corps plongé dans un champ gravitationnel extérieur.
- 💡 La théorie de la relativité générale s'appuie, entre autres, sur le postulat de **l'égalité de la masse inertielle et la masse gravitationnelle**, c'est le principe **d'universalité de la chute libre**.