

4 Dynamique

La dynamique est l'étude du mouvement d'un corps en relation avec ses causes, les forces.

■ Lois de Newton

➤ 1^e loi de Newton

Un point matériel soumis à aucune force a une vitesse $\vec{v} = \overrightarrow{\text{cste}}$: il est soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme.

➤ 2^e loi de Newton

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

où $\sum \vec{F}$ désigne la résultante des forces agissant sur m .

➤ 3^e loi de Newton

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$$

où $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ est la force exercée par le corps 1 sur le corps 2 et $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ celle exercée par 2 sur 1.

$\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ et $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ sont colinéaires à la droite reliant les corps 1 et 2.

$\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ et $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ forment un **couple action/réaction**.

➤ Les lois de Newton sont des **postulats** confirmés par l'expérience pour les corps macroscopiques usuels.

⚠ $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ et $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ sont des forces s'exerçant sur deux corps distincts 1 et 2 : donc \vec{N} et $m\vec{g}$ ne forment pas un couple action/réaction !

⚠ Avant d'appliquer les lois de Newton, il faut *préciser le système considéré* et faire le bilan des forces s'exerçant sur le système *sur un dessin* !

■ Définitions

➤ Un corps est **au repos** (ou à l'**équilibre**) ssi $\overrightarrow{OM}(t) = \overrightarrow{\text{cste}}$ et alors : $\sum \vec{F} = \vec{0}$.

➤ Un système est dit **isolé** ssi : $\sum \vec{F} = \vec{0}$.

Il n'est pas forcément au repos : il peut être en mouvement rectiligne uniforme d'après la 1^e loi de Newton !

■ Référentiel galiléen (ou inertiel)

➤ Un **référentiel** est un repère muni d'une horloge.

➤ Un **référentiel galiléen** est un référentiel dans lequel les lois de Newton s'appliquent.

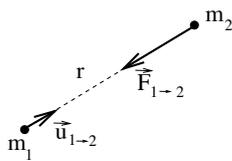
➤ Un référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen est galiléen.

➤ Le **référentiel terrestre** peut être considéré comme galiléen dans la plupart des expériences de laboratoire.

➤ Les référentiels non galiléens seront abordés au 2^e semestre.

■ Force d'attraction gravitationnelle

- La force gravitationnelle exercée par la masse m_1 sur la masse m_2 s'écrit :



$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$$

où $G = 6,67 \times 10^{-11}$ USI est la constante universelle de la gravitation, r la distance séparant les 2 masses et $\vec{u}_{1 \rightarrow 2}$ un vecteur unitaire dirigé de m_1 vers m_2 .

- C'est une force **attractive**.

■ Poids

- Une masse m située à proximité de la Terre est soumise à son poids : $\vec{P} = m \vec{g}$.
- Le poids correspond, en 1^e approximation, à l'attraction gravitationnelle terrestre au voisinage du sol : $g \simeq G \frac{M_T}{R_T^2} \simeq 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.
- g est l'accélération de pesanteur terrestre.

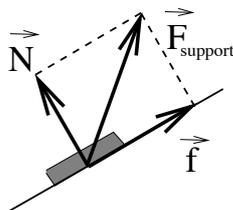
■ Tension d'une corde

- Une corde **tendue** exerce sur ses extrémités une force de rappel \vec{T} colinéaire à la corde, appelée **tension**.
- Une **corde idéale** est une corde inextensible et sans masse (càd de masse négligeable).
- Une **poulie idéale** est une poulie sans masse (càd de masse négligeable) et qui tourne sans frotter.
- Dans le cas d'une **corde idéale**, les tensions exercées à ses deux extrémités ont même module, même lorsqu'elle passe sur une **poulie idéale** : $\|\vec{T}_1\| = \|\vec{T}_2\|$.

⚠ Si la corde passe sur une poulie : $\vec{T}_1 \neq -\vec{T}_2$!

■ Forces de contact solide-solide (lois de Coulomb)

- Un support exerce sur un corps en contact la force :



$$\vec{F}_{\text{support}} = \vec{N} + \vec{f}$$

où $\vec{N} \perp$ support et $\vec{f} \parallel$ support.

\vec{f} est la force de frottement.

- Le contact avec le support est rompu lorsque : $\vec{N} = \vec{0}$.

➤ Force de frottement statique

Si le corps ne glisse pas, la force de frottement est une force de frottement statique, \vec{f}_s .
Le corps ne glisse pas tant que :

$$\|\vec{f}_s\| \leq \mu_s \|\vec{N}\|$$

où μ_s désigne le coefficient de frottement statique.

⚠ La direction de \vec{f}_s n'est pas connue : on sait seulement qu'elle est dans le plan tangent à la surface de contact !

La direction de \vec{f}_s est donnée par : $\sum \vec{F} = \vec{0}$.

➤ Force de frottement dynamique

Si le corps glisse, la force de frottement est une force de frottement dynamique, \vec{f}_d .

Cette force vérifie :

$$\|\vec{f}_d\| = \mu_d \|\vec{N}\|$$

\vec{f}_d est opposé au déplacement du corps

où μ_s désigne le **coefficient de frottement dynamique**.

- Les coefficients de frottement μ_s et μ_d dépendent des matériaux composant les corps en contact.
- μ_s et μ_d sont sans dimension et en général $\mu_s > \mu_d$.

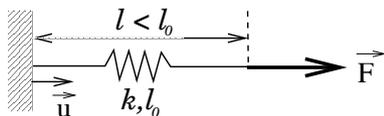
⚠ $\vec{f}_d \neq \mu_d \vec{N}$ car $\vec{f}_d \perp \vec{N}$!

■ Force de frottement fluide

- Un corps en mouvement dans un fluide est soumis à une **force de frottement fluide** \vec{f} opposée à sa vitesse par rapport au fluide, \vec{v} .
- Aux faibles vitesses : $\vec{f} = -k \vec{v}$.
- Aux grandes vitesses : $\vec{f} = -k' \|\vec{v}\| \vec{v}$.
- k et k' désignent les **coefficients de frottements fluides**.
- Chute d'un corps dans un fluide : le corps atteint une **vitesse limite** lorsque $\vec{f} + m\vec{g} + \vec{P}_A = \vec{0}$, où \vec{P}_A est la poussée d'Archimède.

■ Force de rappel élastique

- Un ressort idéal de longueur ℓ exerce sur son extrémité une force de rappel élastique donnée par la **loi de Hooke** :



$$\vec{F} = -k (\ell - \ell_0) \vec{u}$$

où k est la **raideur** ou **constante de rappel** du ressort, ℓ_0 sa longueur à vide, ℓ sa longueur et \vec{u} un vecteur unitaire orienté du ressort vers le point considéré.

- C'est une **force de rappel** : elle s'oppose à la déformation du ressort.
- $\ell - \ell_0$ est appelé **compression** ou **étirement** du ressort.