

## 4 Dynamique

---

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

### ■ Lois de Newton

#### ➤ 1<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> loi de Newton

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

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

#### ➤ 3<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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.

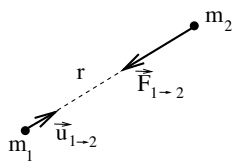
➤ Un référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen est galiléen.

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

➤ Les référentiels non galiléens seront abordés au 2<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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).

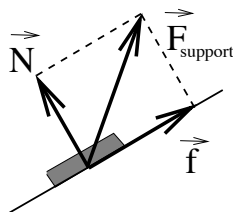
➤ Une **poulie idéale** est une poulie sans masse (càd de masse négligeable) et qui tourne sans frotter.

➤ 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  $\mu_s$  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  $\mu_s$  désigne le **coefficient de frottement dynamique**.

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

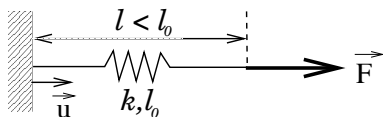
⚠  $\vec{f}_d \neq \mu_d \vec{N}$  car  $\vec{f}_d \perp \vec{N}$  !

### ■ 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  $\ell$  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,  $\ell_0$  sa longueur à vide,  $\ell$  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.