

Cours Physique 1

I1

M. NESSER

Chapitre 5 :

Forces, Equilibre statique et Loi de Newton

- **Système matériel:**

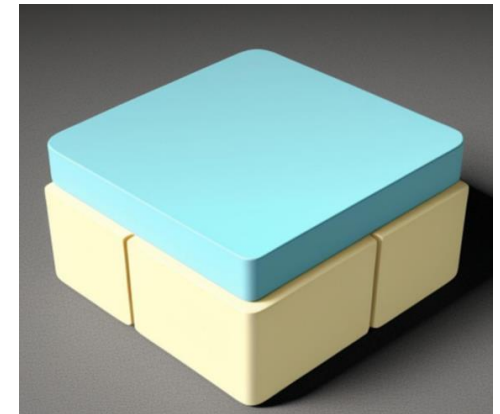
Un système matériel est un ensemble de points matériels.

Un point matériel est un point de l'espace physique auquel on associe une grandeur scalaire positive, mesurable, appelée masse.

Nous distinguons deux sortes de systèmes matériels:

- **Système matériel indéformable** : tous les points matériels constituant le système restent fixes les uns par rapport aux autres. Ceci correspond à la définition d'un solide en mécanique.
- **Système matériel déformable** : tous les systèmes ne correspondant pas à la définition d'un solide.

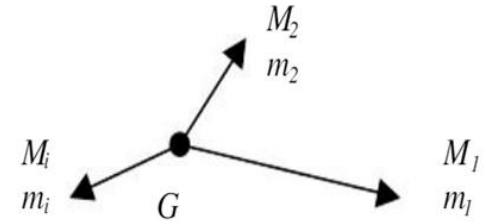
Par exemple: deux solides, sans liens entre eux, forment un système déformable lorsque chacun des solides se déplace indépendamment de l'autre.



Lorsqu'il ne subit aucune action venant de l'extérieur, un système matériel est dit **isolé** (ou fermé).

- Système matériel:

Un système matériel est un ensemble de points matériels. Un point matériel est un point de l'espace physique auquel on associe une grandeur scalaire positive, mesurable, appelée masse.

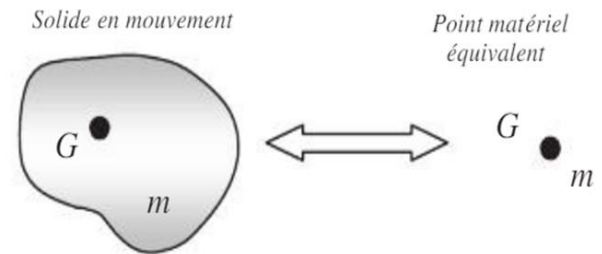


Le centre d'inertie d'un système matériel (ou centre de gravitation) correspond au point noté G, barycentre des points matériels affectés de leur masse, tel que:

$$\sum_i m_i \overrightarrow{GM_i} = \vec{0}$$

Par rapport à l'origine O : $\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_i m_i \overrightarrow{OM_i}}{\sum_i m_i}$

$$\overrightarrow{OG} = \frac{m_1 \overrightarrow{OM_1} + m_2 \overrightarrow{OM_2} + \dots + m_n \overrightarrow{OM_n}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$



- Vecteur Quantité de Mouvement:

Une nouvelle grandeur physique est la quantité de mouvement \vec{p} d'un système matériel de masse m dont le centre de gravité se déplace à la vitesse \vec{v} :

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$$\vec{p} = \sum_i m_i \frac{d\overrightarrow{OM_i}}{dt} = \frac{d}{dt} \sum_i m_i \overrightarrow{OM_i} = \frac{d}{dt} (m \overrightarrow{OG}) = m \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} = m \vec{v}_G$$

- Principe d'Inertie: Première loi de Newton

Dans un référentiel R galiléen, le centre d'inertie de tout système matériel mécaniquement isolé est soit au repos soit en mouvement rectiligne uniforme.

$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v}_G = \overrightarrow{\text{constante}} \quad \text{ou} \quad \vec{v}_G = \vec{0}$$

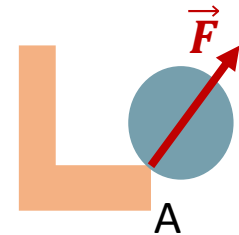
On appelle référentiel galiléen, un référentiel dans lequel le principe d'inertie s'applique.

- Définition d'une force

Une force est une interaction entre deux objets ou systèmes, une action mécanique capable de modifier un mouvement ou déformer un corps.

Vecteur de force: contient 4 caractéristiques de la force:

- Point d'application: point où l'action s'exerce sur le corps
- Direction: droite selon laquelle l'action s'exerce
- Sens: sens lequel l'action s'exerce
- Intensité: la valeur de la force en Newton (N)



Exemple : Un ballon de football est mis en mouvement par l'action de pied du joueur.

- Forces d'interaction à distance:

Force de gravitation newtonienne:

Loi de gravitation de Newton implique que deux corps s'attirent en raison de leurs masses et de l'inverse du carré de leur distance selon une direction qui passe par leurs centres de masses.

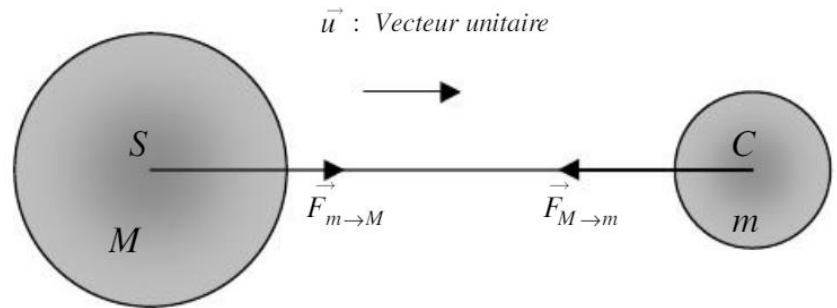
$$\overrightarrow{F_{m/M}} = G \frac{m \cdot M}{d^2} \vec{u} \quad (d=SC)$$

Avec G: la constante gravitationnelle

$$G = 6.67430 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

- L'accélération de pesanteur reliée à la Terre « g »: $g = G \frac{M}{R^2}$
avec M: masse de la terre $5,972 \times 10^{24}$ kg et R le rayon de la terre 6371 km

$$\mathbf{g = 9,81 \text{ m/ s}^2}$$



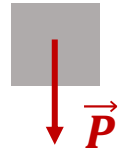
- Le Poids (\vec{P}) (ou force de gravité)

La loi de la gravitation affirme que deux corps, possédant chacun une masse, s'attirent mutuellement. Cette interaction donne naissance à la force de gravité.

La Terre, qui a une masse de 6×10^{24} kg , interagit avec tous les corps, et la force de gravité créée par cette planète est appelée "poids".

Vecteur Poids

- Point d'application: Centre de gravité G
- direction: verticale
- Sens: vers le bas
- Intensité: $P = m \times g$ avec $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ l'accélération de pesanteur.



Exemple: Calculer le Poids d'un objet de masse 10 kg

$$P = m \times g = 10 \times 9,81 = 98,1 \text{ N}$$

- Force d'interaction Coulombienne

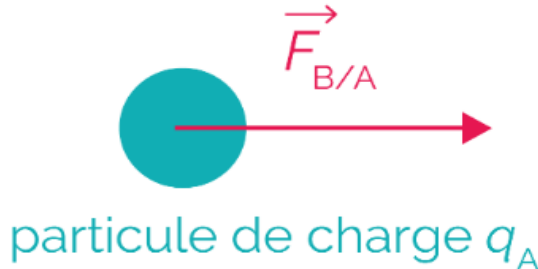
L'interaction coulombienne est l'analogie de l'interaction gravitationnelle pour des charges électriques ponctuelles.

La force appliquée par la charge q_B sur la charge q_A distant de d est:

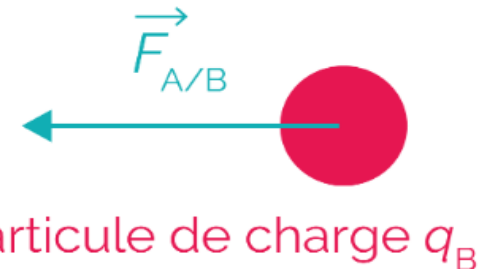
$$\overrightarrow{F_{B/A}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A \cdot q_B}{d^2} \vec{u}$$

Avec ϵ_0 la permittivité du vide constante égale à $8,854\,187 \times 10^{-12}$

force exercée par la
particule B sur la particule A



force exercée par la
particule A sur la particule B



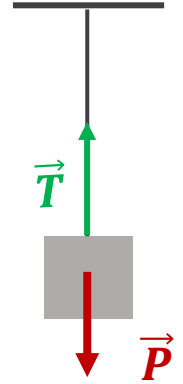
- Forces d'interaction en contact:

- La Tension du fil (\vec{T})

La tension du fil est la force exercée par le fil sur l'objet qui y est attaché.

Vecteur \vec{T}

- Point d'application: Point du contact entre le fil et l'objet
- direction: selon la direction du fil
- Sens: du point du contact vers l'autre extrémité du fil
- Intensité: T



- La Réaction du support (\vec{R})

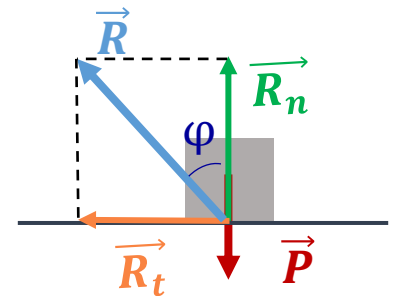
Si une masse m est posée sur un support (par exemple une table horizontale, Ou inclinée), le support exerce une force sur m , force appelée aussi réaction.

Il est très utile de décomposer cette réaction en:

une composante \vec{R}_n normale aux surfaces contact.

une composante tangentielle \vec{R}_t appelée force de frottement.

$$\vec{R} = \vec{R}_n + \vec{R}_t$$



- Amorce du glissement:

On distingue trois cas:

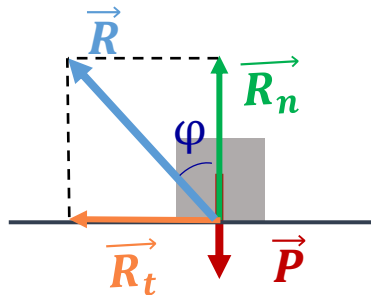
- En cas d'équilibre : $R_t < f_s \cdot R_n$

Avec f_s le coefficient de frottement statique ($f_s = \tan \varphi_s$)

- En cas de limite du glissement ou rupture de l'équilibre : $R_t = f_s \cdot R_n$

- En cas du glissement : $R_t = f_c \cdot R_n$

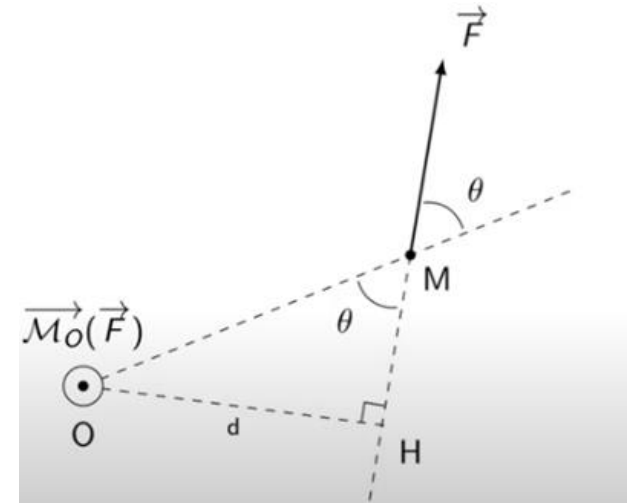
Avec f_c le coefficient de frottement cinétique ou dynamique ($f_c = \tan \varphi_c$)




- Moment d'une force:

Les mouvements ne peuvent être entièrement expliqués par les forces seules. En cas de rotation, il est nécessaire de considérer la distance entre l'axe de rotation et la ligne d'action de la force, ce qu'on appelle «**Bras de levier**»

$$\begin{aligned}\overrightarrow{M_O(\vec{F})} &= \overrightarrow{OM} \wedge \vec{F} \\ \|\overrightarrow{M_O(\vec{F})}\| &= \|\overrightarrow{OM} \wedge \vec{F}\| = OM \cdot F \cdot \sin\theta \\ &= OM \cdot F \cdot \frac{OH}{OM} \\ &= F \cdot OH = \mathbf{F \cdot d}\end{aligned}$$



NB: Toujours posez un sens positif de la rotation

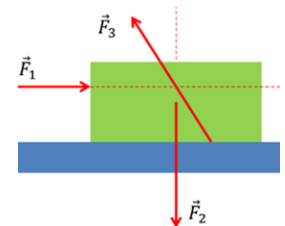
Dans cet exemple $\|\overrightarrow{M_O(\vec{F})}\| = -d \cdot F$ si le sens + est 

- Principe fondamental de la statique:

Pour un système qui a tendance de faire une rotation autour d'un axe A, les conditions d'équilibres sont:

$$\begin{aligned}\sum_i \vec{F}_i &= \vec{0} \\ \sum_i \overrightarrow{M_A(\vec{F}_i)} &= \vec{0}\end{aligned}$$

Si un corps est soumis à 3 forces : les trois forces sont coplanaires et concourantes.



- Principe fondamental de la dynamique de Newton (PFDN): Deuxième loi de Newton

Le principe fondamental de la dynamique nous permet de lier la cause (les actions) à l'effet observé (quantité de mouvement variable).

Dans un référentiel galiléen, la résultante des forces exercées sur le système est égale au produit de sa masse m et son accélération \vec{a}

$$\Sigma \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}$$

c-à-d la force résultante non-nulle engendre une modification des mouvements du système.

- Troisième loi de Newton (Principe des actions réciproques)

Si un système A exerce une force sur un système B alors réciproquement B exerce une force sur A de la même valeur, de la même direction et de sens opposé

$$\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A}$$

