

Fiche 6 : Actions mécaniques

Actions mécaniques : forces et moment

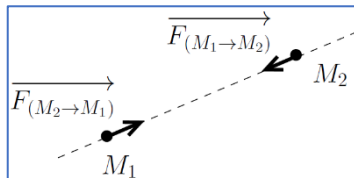
Forces, modélisées par des vecteur, exprimées en Newton (N)
 Moments de forces, modélisées par des vecteur, exprimées en N.m

Théorème de Varignon

$$\overline{M_B(\vec{F})} = \overline{M_A(\vec{F})} + \overline{BA} \wedge \vec{F}$$

Forces à distance

Force d'interaction gravitationnelle



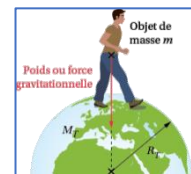
$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{\|M_1 M_2\|^2} \vec{u}_r$$

où \vec{u}_r unitaire colinéaire à $\overline{M_1 M_2}$ et $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$

Force de pesanteur

A la surface de la Terre, la force de gravitation, que l'on nommera force de pesanteur, s'exprime par :

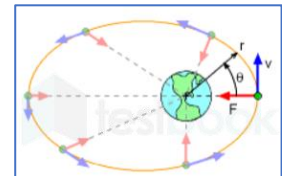
$$\vec{P} = m \vec{g} \quad \text{avec } g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$



Force centrale

Définition : le mouvement d'un point matériel M est à **force centrale** si le point M est soumis à une force dont la direction passe constamment par un point fixe par rapport à un référentiel absolu. Ce point est appelé centre de force.

Dans le cas d'une force centrale de centre de force C , le moment en C de cette force est nul à tout instant. Cette propriété sera mise à profit pour étudier le mouvement de systèmes soumis à de telles forces.



Forces électromagnétiques

- $\vec{F}_{\text{elec}}^{\rightarrow} = q\vec{E}$, qui est la force électrique ;
- $\vec{F}_{\text{mag}}^{\rightarrow} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$, qui est la force magnétique.

La Loi d'interaction électrostatique ou **Loi électrostatique de Coulomb** s'énonce :

M_1 crée une force de volume sur M_2 (et réciproquement) telle que :

$$\vec{F}_{(M_1 \rightarrow M_2)} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\overline{M_1 M_2}}{\|M_1 M_2\|^3}$$

avec $\epsilon_0 = 8,854187 \cdot 10^{-12} \text{ s}^4 \cdot \text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ la permittivité du vide et les charges q_1 et q_2 de dimension $I \cdot T$ et d'unité C (Coulomb). C'est une force d'attraction si les charges sont de signes opposés, de répulsion si les charges sont de même signe. $\vec{F}_{(M_1 \rightarrow M_2)}$ est une force centrale dans un référentiel attaché à l'une des deux charges.

\vec{F} : Force, en Newton (N)
 q : charge de la particule, en Coulomb (C)
 \vec{B} : champ magnétique, en Tesla (T)
 \vec{E} : champ électrique, en volt par mètre (V/m)
 v : vitesse de déplacement de la particule (m/s)

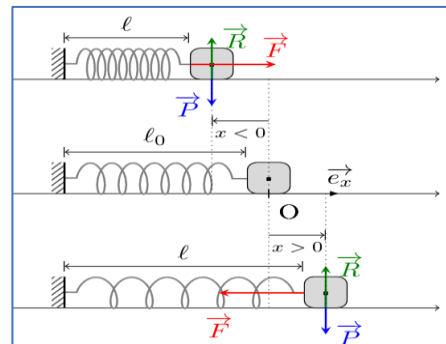
Force magnétique = force de Lorentz

Forces de contact

Forces de rappel

Forces exercées par un objet en réponse à une déformation (exemples : ressorts, élastiques, membranes déformables, ...)

$$\vec{F} = -k \times \text{allongement} \times \vec{e}_x = -k(\ell - \ell_0) \vec{e}_x$$



Réaction normale d'un support

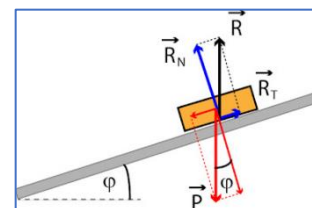
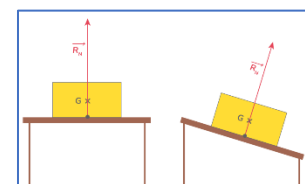
Elle est normale au plan tangent au contact en l'absence de frottements.

Frottement sec :

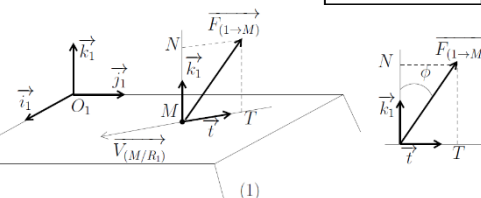
La force de frottement s'oppose au mouvement (ou à la tentative de mouvement). Elle est tangentielle au plan de contact.

Elle ne peut pas dépasser une certaine intensité, qui dépend notamment de la nature des matériaux en contact, de la rugosité des surfaces, de la lubrification, ... caractérisée par le facteur de frottement

$$\mu = \frac{|T|}{|N|} = \tan \phi$$



Si $\vec{V}(M/R) = \vec{0}$ (adhérence), $|T| < \mu|N|$
 Si $\vec{V}(M/R) \neq \vec{0}$ (glissement), $|T| = \mu|N|$

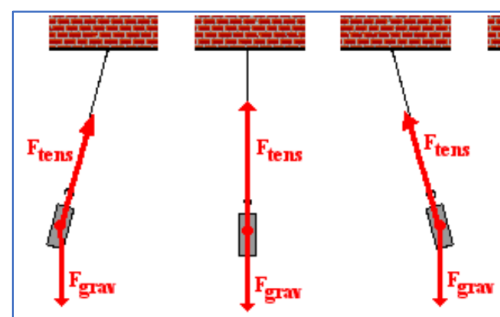


Forces liées aux fils et aux poulies

Lorsqu'un fil est tendu, deux forces opposées s'exercent à ses extrémités.

Lorsqu'un fil est relié à un support fixe, il limite le mouvement du point situé à son autre extrémité.

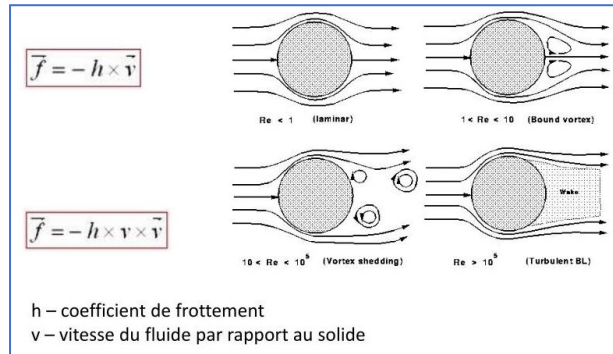
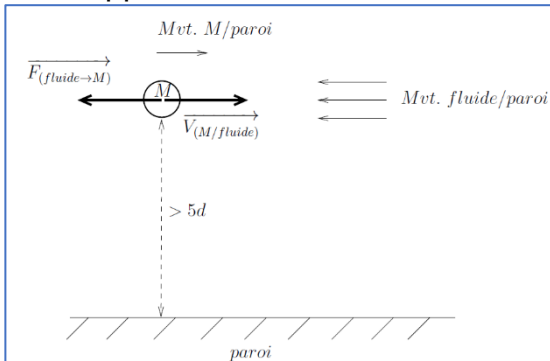
La tension T du fil est forcément dirigée suivant le fil.



Frottement fluide (ou visqueux)

Force de frottement qui s'exerce sur un objet en mouvement dans un liquide ou un gaz.

Elle s'oppose au mouvement.



La loi de **frottement visqueux** s'énonce :


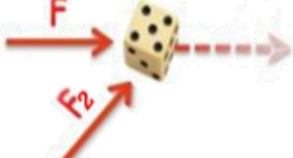
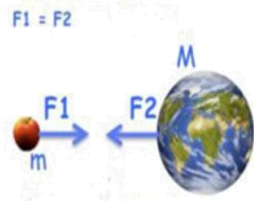
si M circule dans un fluide (1) à une distance d'au moins 5d de toute paroi solide alors le fluide crée une force de contact sur M $\vec{F}_{(1 \rightarrow M)}$ qui s'oppose à son mouvement telle que :

- * si $10^{-4} < d \frac{\|\vec{V}_{(M/1)}\| \rho_1}{\eta_1} < 1$ alors $\vec{F}_{(1 \rightarrow M)} = -3\pi\eta_1 d \vec{V}_{(M/1)}$ (régime laminaire)
- * si $10^3 < d \frac{\|\vec{V}_{(M/1)}\| \rho_1}{\eta_1} < 5.10^5$ alors $\vec{F}_{(1 \rightarrow M)} = -\frac{C_x}{8} \pi \rho_1 d^2 \|\vec{V}_{(M/1)}\| \vec{V}_{(M/1)}$ (régime turbulent)

avec η_1 la viscosité dynamique du fluide de dimension $ML^{-1}T^{-1}$ et unité Pa.s. La viscosité dynamique η est déterminée expérimentalement.

d: diamètre de la particule (m)
 ρ : masse volumique du fluide (kg/m³)

Lois de Newton

<p>1^{ère} loi Principe Fondamental de la statique Loi d'inertie</p>		$\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$ $\sum_i \overline{AM}_i \wedge \vec{F}_i = \vec{0}$
<p>2^{ème} loi Principe Fondamental de la Dynamique</p>		$m\vec{\Gamma}(G/R) = \sum_i \vec{F}_i$
<p>3^{ème} loi Principe des actions mutuelles</p>		$\vec{F}_{(1-2)} = -\vec{F}_{(2-1)}$