

Chapitre 7 - Actions, couples de forces et mouvement

I. Action mécanique s'exerçant sur un solide.

Voir AE 10 « Couple, force.

1. Les effets d'une action mécanique.

Une action mécanique peut être modélisée par une force. Elle est représentée par le vecteur \vec{F} caractérisé par :

Son point d'application, point où s'exerce la force.

Sa direction (verticale, horizontale,...)

Son sens (vers la droite, vers le bas...)

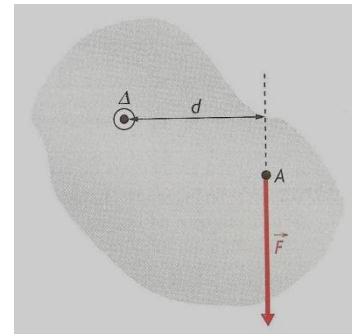
Son intensité F exprimée en newton (N)

Une action mécanique peut mettre en mouvement, modifier le mouvement ou déformer un objet.

2. Moment d'une force par rapport à un axe.

Le moment de la force \vec{F} (qui s'exerce sur un solide en rotation autour de son axe Δ) caractérise l'effet de cette force sur la rotation du solide.

$$\mathcal{M} = F \times d \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} F \text{ la force en newton (N)} \\ d \text{ la distance entre } F \text{ et } \Delta \text{ en mètre (m)} \\ \mathcal{M} \text{ le moment en newton-mètre (N.m)} \end{array}$$



3. Couple de force et moment d'un couple.

Un couple de forces correspond à deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 qui ont les caractéristiques suivantes :

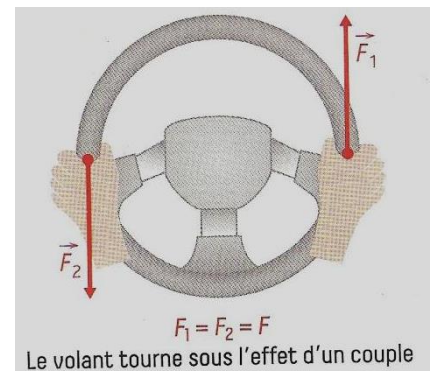
Droites d'actions parallèles

Sens opposés (contraires)

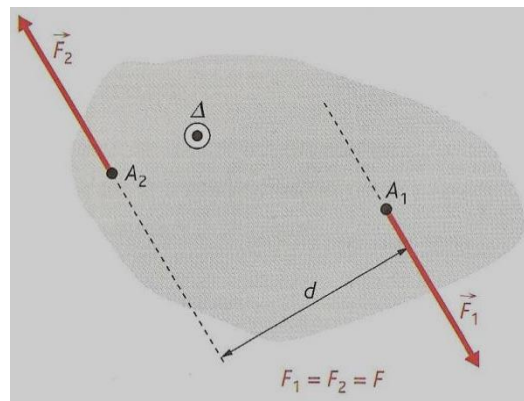
Même intensité $F_1 = F_2 = F$

Un couple de force peut mettre un objet en rotation ou modifier la vitesse de rotation.

Le moment d'un couple de forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 (qui s'exerce sur un solide en rotation autour de son axe Δ) caractérise l'effet de ces forces sur la rotation du solide.

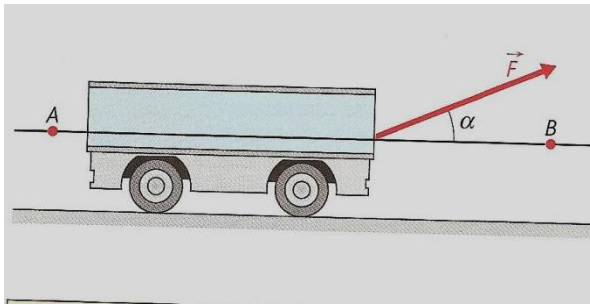


$$\mathcal{M}_c = F \times d \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} F \text{ les forces en newton (N)} \\ d \text{ la distance entre les droites d'action en mètre (m)} \end{array}$$



II. Travail d'une force ou d'un couple de forces

1. Travail d'une force constante.



Le travail de la force constante \vec{F} exercée sur le chariot lors du déplacement de A à B de son point d'application est défini par :

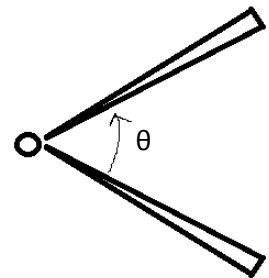
$$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

joule (J)
newton (N)
mètre (m)

Si $W < 0$ alors le travail est dit résistant. Si $W > 0$ alors le travail est dit moteur.

2. Travail d'un couple constant

La pale de l'éolienne se déplace d'un angle θ à cause d'un couple C qui la fait tourner
Le travail d'un couple constant C pour la rotation d'un solide est défini par :



$$W = \mathcal{M}_C \times \theta$$

avec \mathcal{M}_C couple en newton-mètre (N.m)
 θ angle de rotation du solide en radians (rad)

III. Effets des forces sur le mouvement

1. Principe fondamental de la dynamique.

La somme des forces appliquées à un solide de masse m et l'accélération \vec{a} de son centre de gravité sont liés par la relation :

$$\vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$$

\vec{F}_{ext} résultante des forces en newton (N)
 m masse de l'objet en kilogramme (kg)
 a accélération en $m \cdot s^{-2}$ ou $N \cdot kg^{-1}$

2. Variation d'énergie cinétique et travail

Rappel : l'énergie d'un solide est $E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ avec E_c en joule (J)
 v en $m \cdot s^{-1}$ et m en kilogramme (kg)

La variation d'énergie cinétique d'un solide en déplacement de A à B est égale au travail des forces extérieures :

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = W_{AB} = F \times AB \times \cos \alpha$$

3. Forces de frottement fluide (dans un gaz ou un liquide)

Lorsqu'un solide se déplace dans un fluide, une force de résistance aérodynamique s'oppose au déplacement.
Cette force dépend du fluide mais aussi de la géométrie du solide qui se déplace :

$$F_{rés} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v^2$$

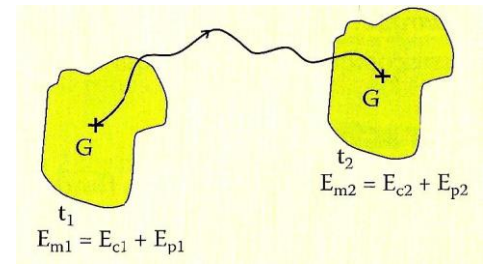
avec ρ la masse volumique du fluide ($kg \cdot m^{-3}$)
 S la surface (section frontale) en m^2
 C_x le coefficient reflétant l'aérodynamisme du solide
 v vitesse en $m \cdot s^{-1}$

4. Conservation et non conservation de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique $E_m = E_c + E_p$ d'un solide se conserve, $E_{m1} = E_{m2}$, si le système étudié n'est soumis :

- qu'à son poids (cas d'une chute libre)
- qu'à des mouvements sans frottements

5. Interactions de contact entre deux solides



Pas de traction	Adhérence (pas de déplacement)	Glissement
L'action du support compense le poids $\vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$	La somme des forces est nulle car absence de déplacement: $\vec{R} + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$ Tant que $T \leq \mu_s \times N$ le solide adhère au sol où μ_s est le coefficient d'adhérence ou de frottement statique (sans unité)	La somme des forces est non nulle: $\vec{R} + \vec{P} + \vec{F} \neq \vec{0}$ $T = \mu \times N$ Où μ est le coefficient de glissement ou de frottement dynamique tel que $\mu < \mu_s$ (sans unité)

Les coefficients de frottement dépendent :

- du couple de matériaux en contact ;
- de la lubrification ;
- de l'état de surface des matériaux ;
- de la température

IV. Puissance moyenne

La puissance P moyenne développée lors d'un travail est égale au rapport de ce travail par la durée nécessaire pour effectuer ce travail

$$P = \frac{W}{t} \quad P \text{ en watts (W), } W \text{ en joule (J), } t \text{ en seconde (s)}$$

Pour un solide en translation :

$$P = F \cdot l \cdot \cos \alpha / t = F \cdot v \cdot \cos \alpha \quad \text{avec } v \text{ en m.s}^{-1}$$

Pour un solide en rotation :

$$P = \mathcal{M}c \cdot \theta / t = \mathcal{M}c \cdot \omega \quad \text{avec } \omega \text{ en rad.s}^{-1}$$

Dans le cas d'un mouvement de rotation uniforme où $\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi / T$, on peut écrire $P = \mathcal{M}c \cdot 2\pi \cdot f$