

Les Actions Mécaniques

Les actions mécaniques qui s'exercent sur un solide sont celles produites par le milieu extérieur sur le solide. Elles sont capables de modifier la trajectoire, la vitesse ou la forme du solide.

I/ Les forces :

a) Définition d'une force :

Une force modélise une action mécanique qui s'exerce sur un objet point. On la représente par un vecteur noté **F**.

Caractéristique d'une force :

- Intensité : **F** exprimé en Newton(**N**)
- Direction
- Sens
- Point d'application(en général c'est le centre de gravité)

Exemple : Un solide de masse m est toujours soumis avec une force appelé le poids.

Caractéristique du poids **vecteur P**

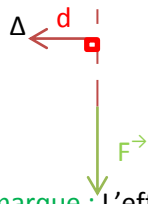
- Point d'application : centre de gravité
- Direction : Verticale
- Sens : De haut en bas
- Intensité : $P = m \cdot g$ avec $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$

b) Moment d'une force :

Le moment de la force vecteur **F** qui s'exerce sur un solide en rotation autour d'un axe Δ caractérise l'effet de cette force sur la rotation du solide. On le note M_{Δ} (vecteur **F**) et il s'exprime sous la forme : $M_{\Delta}(\text{vecteur } F) = F \cdot d$

M_{Δ} en Nm ; **F** en N ; **d** en m

d correspond à la distance entre la direction de la force **vecteur F** et l'axe Δ

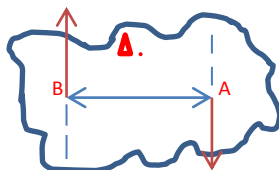


Remarque : L'effet de la force est d'autant plus important que sa direction est éloignée de l'axe de rotation Δ

c) Couples :

Un couple de forces correspond à deux forces **vecteur F₁** et **vecteur F₂** ayant les caractéristiques suivantes :

- même direction
- sens opposés
- même intensité ($F_1 = F_2 = F$)



d) Moment d'un couple de forces :

Le moment d'un couple de forces (\vec{F}^1 et \vec{F}^2) qui s'exerce sur un solide en rotation autour d'un axe Δ caractérise l'effet de ses forces sur la rotation du solide. On définit le moment C d'un couple de forces par rapport à l'axe Δ par la relation : $C = F \cdot d$

C en N.m ; F en Newton et d en mètre

La distance d représente la distance entre les directions des forces \vec{F}^1 et \vec{F}^2

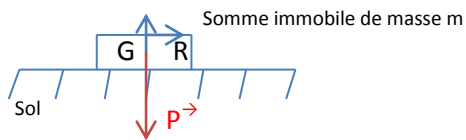
Remarque : Le moment d'un couple de forces ne dépend pas de la position de l'axe de rotation Δ

e) Forces de contact :

Une force de contact est une action mécanique qui agit sur le solide par contact.

1) Solide en équilibre :

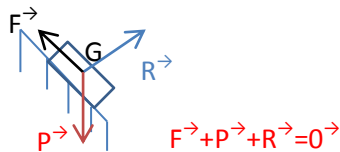
Un solide est dit en équilibre lorsqu'il est immobile. En conséquence la somme des forces extérieures et la somme des moments de ses forces sont nuls.



\vec{R} : Réaction du sol sur le solide.

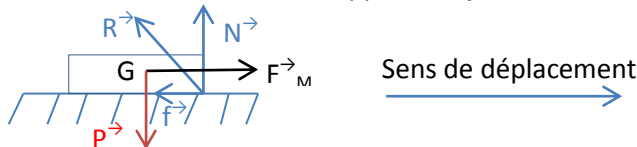
On a les relations : $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

Remarque : En l'absence de forces de frottement, le vecteur réaction \vec{R} est toujours perpendiculaire à la surface de contact entre le solide et le milieu extérieur.



2) Frottement entre solide :

Une force de frottement s'oppose toujours au mouvement du solide



\vec{F} : Force motrice

\vec{N} : Force réaction du sol sur le solide

\vec{f} : force de frottements

En présence de frottement le vecteur \vec{R} est toujours penché du côté au sens de déplacement

\vec{R} : Force réaction totale $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$

Cette force de frottement entre solide dépend de la masse m du solide, de la surface S en contact et de la nature des solides en contact.

3) Frottement fluide :

Fluide : liquide ou gaz

Du point de vue des forces, le frottement fluide se comporte de la même façon que le frottement entre solides. Seuls l'expression de l'intensité est différentes. L'expression de la force \vec{f} du

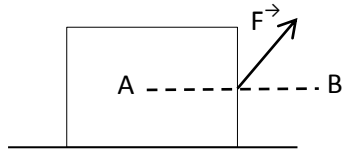
frottement fluide s'exprime sous la forme : $f = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v^2$

f en Newton ; ρ en kg.m^{-3} ; S en m^2 et v^2 en m.s^{-1}

II/ Travail, puissance et énergie :

a) Travail d'une force :

Le travail d'une force correspond à l'énergie fournie par cette force au solide sur lequel elle s'applique. On le note W et s'exprime en Joule(J).



Si un objet se déplace du point A au point B en subissant une force $F \rightarrow$ alors le travail de cette force sur le trajet AB est donnée par la relation $W_{AB}(F \rightarrow) = F \rightarrow \cdot AB \rightarrow = F \cdot AB \cdot \cos \theta$

Si θ est compris entre 0° et 90° alors le travail est positif, la force agissant dans le sens du déplacement.

Si θ est compris entre 90° et 180° , alors le travail est négatif, la force s'opposant au déplacement.

Si W est positif le travail est dit moteur, si W est négatif le travail est dit résistant.

Pour un mouvement de rotation le travail W s'exprime sous la forme :

-Pour 1 force : $W = M_A(F) \cdot \theta$

-Pour 1 couple de force : $W = C \cdot \theta$

θ : angle de rotation du solide en radian $180^\circ \leftrightarrow \pi \text{ rad}$; $x^\circ \leftrightarrow y \text{ rad}$; $180^\circ \cdot y = \pi \cdot x$

b) Puissance moyenne d'une force :

Si une force fournit un objet en mouvement, un travail W pendant un intervalle Δt alors la puissance moyenne P fournie à cet objet par la force est égale à $P = W / \Delta t$

P en Watt ; W en Joules et Δt en seconde.

Cas particulier de la translation :

$$W = F \rightarrow \cdot AB \rightarrow$$

$$\text{Donc } P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \rightarrow \cdot AB \rightarrow}{\Delta t} = F \rightarrow \cdot \frac{AB \rightarrow}{\Delta t}$$

$$P = F \rightarrow \cdot v \rightarrow$$

$$P = F \cdot v \cdot \cos(F \rightarrow, v \rightarrow)$$

Si P est positive la puissance est motrice, si la puissance P est négative alors elle est résistante.

c) Énergie :

Si un objet subit des forces en se déplaçant d'un point A à un point B, sa vitesse risque de se modifier. La variation d'énergie cinétique entre les deux points A et B va correspondre aux travaux des différentes forces qui s'appliquent sur le solide entre les points A et B.

Trajet $A \rightarrow B$

$$E_{CB} - E_{CA} = W_{AB}(F \rightarrow)$$

E_{CB} = énergie cinétique, point arrivée ; E_{CA} = énergie cinétique, point de départ.

Énergie cinétique :

$$EC = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 : m = \text{masse et } v^2 = \text{vitesse Translation}$$

$$EC = \frac{1}{2} J \omega : \omega = \text{oméga}$$

Cas d'un solide en rotation :

Pour un solide en rotation soumis à un couple de forces de moment constant, le théorème de

l'énergie cinétique est donné par la relation : $\frac{1}{2} J \omega_B^2 - \frac{1}{2} J \omega_A^2 = C \Theta_{AB}$

J : moment d'inertie du solide en kg.m^2

$\omega_A(\omega_B)$: vitesse angulaire au point A(point B) en rad.s^{-1}

C : moment du couple de force en N.m

Θ_{AB} : angle parcouru par le solide entre A et B en rad

III/Principe fondamental de la dynamique(PFD) :

1) Cas d'une translation :

Le principe fondamental de la dynamique permet de déterminer le vecteur accélération que subit un solide lorsqu'il est soumis à des forces : $m \vec{a}_G : \Sigma \vec{F}$

\vec{a}_G : vecteur accélération du centre de gravité.

$\Sigma \vec{F}$: somme vectorielle des forces qui agissent sur le solide.

2) Cas d'une rotation :

Pour un solide en rotation, le principe fondamental est donné par la relation : $C = J . \alpha$

J : moment d'inertie

C : moment du couple de force

α : accélération angulaire en rad.s^{-2}