

CHAPITRE 8 : ACTIONS MECANIQUES, ENERGIE ET TRAVAIL

1 Actions mécaniques

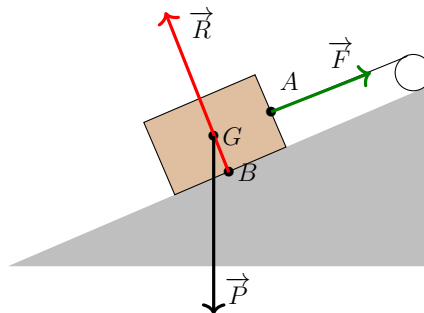
1.1 Forces et couple de forces

1.1.1 Forces

Une force est une grandeur qui modélise une action mécanique. Cette force est représentée par un vecteur $\vec{F}_{A/B}$. (Force exercée par A sur B) Les caractéristiques d'une force sont :

- Le point d'application
- La direction (horizontale, verticale, oblique)
- Le sens (vers le haut, vers la gauche ...)
- La valeur : mesurée avec un dynamomètre et exprimée en newton (N)

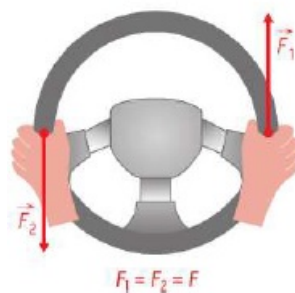
Exemple : Représentation des forces qui s'appliquent sur un solide relié à un câble.



1.1.2 Couple de forces

Un couple de forces est l'ensemble de deux forces de même valeur, de même direction mais de sens opposés.

Exemple : Forces exercées par les mains sur un volant.



Couple de forces

Les deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont la même valeur, la même direction mais des sens opposés. Elles constituent un couple de forces.

1.2 Moment d'une force ou d'un couple de forces

1.2.1 Moment d'une force

Le moment d'une force est une grandeur qui traduit l'efficacité de cette force sur la rotation d'un solide autour d'un axe de rotation. Le moment d'une force par rapport à un axe de rotation O est noté $M_{/O}(\vec{F})$. Il s'exprime en newton-mètre (N.m).

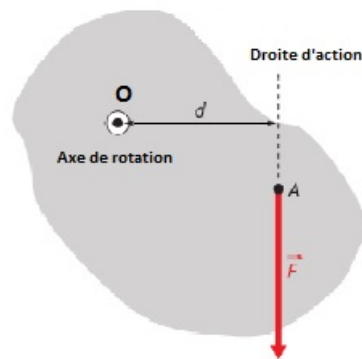
Il est défini par :

$$M_{/O}(\vec{F}) = F \times d$$

$M_{/O}(\vec{F})$: Moment d'une force (N.m)

F : valeur de la force (N)

d : distance entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force (m)



Moment d'une force

1.2.2 Moment d'un couple de force

Le moment d'un couple de force par rapport à un axe de rotation O est noté M_C . Il s'exprime en newton-mètre (N.m).

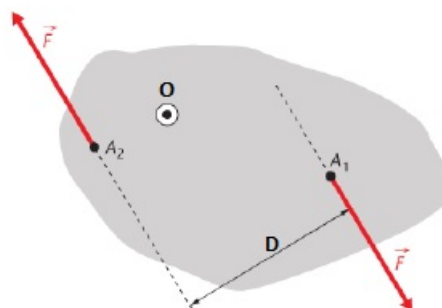
Il est défini par :

$$M_C = F \times D$$

M_C : Moment d'un couple de force (N.m)

F : valeur de la force (N)

D : distance qui sépare les deux droites d'action parallèles (m)



Moment d'un couple de force

2 Effet d'une force résultante constante sur le mouvement d'un solide

2.1 Accélération

L'accélération d'un mobile en mouvement rectiligne est égal au rapport de la variation de la vitesse par la durée correspondante :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

a : accélération ($m.s^{-2}$)

Δv : variation de la vitesse ($m.s^{-1}$)

Δt : durée (s)

Si l'accélération est constante au cours du temps, le mouvement est uniformément accéléré.

2.2 Expression de la distance parcourue par un solide en fonction de l'accélération

On considère un solide ayant une vitesse initiale v_0 et une position initiale nulle. Dans le cas où le solide a un mouvement rectiligne uniformément accéléré, la distance parcourue est donnée par la relation :

$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

d : distance parcourue (m)

a : accélération ($m.s^{-2}$)

v : vitesse ($m.s^{-1}$)

t : temps (s)

v_0 : vitesse initiale du solide ($m.s^{-1}$)

2.3 Accélération et résultante des forces

On considère un solide soumis à un ensemble de forces : $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$. La force résultante \vec{F}_{tot} correspond à la somme des forces : $\vec{F}_{tot} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$. La valeur de cette force résultante est notée F_{tot} . Dans le cas d'un mouvement uniformément accéléré, l'accélération et la résultante des forces F_{tot} sont liées par la relation :

$$a = \frac{F_{tot}}{m}$$

a : accélération ($m.s^{-2}$)

F_{tot} : valeur de la force résultante (N)

m : masse (kg)

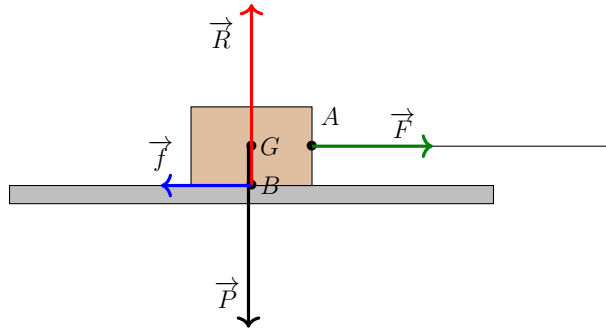
Cette relation s'appelle le principe fondamental de la dynamique.

3 Forces de frottement

3.1 Forces de frottement de contact entre solides

On considère un solide mis en mouvement sur une surface. Ce solide est soumis à quatre forces :

- la force exercée par la surface sur le solide : \vec{R}
- la force exercée par la Terre sur le solide (le poids) : \vec{P}
- la force de traction pour mettre le solide en mouvement : \vec{F}
- la force de frottement : \vec{f}



La force de frottement \vec{f} s'oppose au déplacement. Elle dépend de la masse du solide, de la surface du solide en contact et de la nature de la surface du solide.

3.2 Forces de frottement d'un fluide

Lorsqu'un solide se déplace dans un fluide, il existe une force de frottement due au fluide. Cette force de frottement dépend du fluide et des caractéristiques géométriques du solide. L'expression de cette force est :

$$f = \frac{1}{2} \rho \times S \times C_x \times v^2$$

f : valeur de la force de frottement (N)

ρ : masse volumique du fluide ($kg.m^{-3}$)

S : surface frontale (m^2)

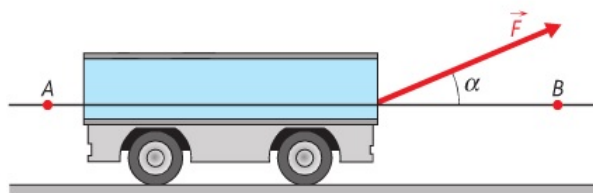
C_x : coefficient caractérisant l'aérodynamisme du solide
(sans unité)

v : vitesse ($m.s^{-1}$)

4 Travail d'une force et puissance moyenne

4.1 Travail d'une force

On considère un solide se déplaçant de A à B sous l'action d'une force \vec{F} .



Le travail de la force \vec{F} a pour expression :

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

$W_{AB}(\vec{F})$: travail de la force (J)

F : valeur de la force (N)

l : distance entre A et B (m)

α : angle entre \vec{F} et \vec{AB} (rad)

Cas particuliers :

- La force est de même direction et de même sens que le mouvement alors $\alpha = 0$ donc $\cos\alpha = 1$ et $W_{AB}(\vec{F}) = F \times l > 0$. Le travail est moteur (la force va dans le sens du déplacement).
- La force est de même direction et de sens opposé au mouvement alors $\alpha = 180$ donc $\cos\alpha = -1$ et $W_{AB}(\vec{F}) = -F \times l < 0$. Le travail est résistant (la force s'oppose au déplacement).
- La force est perpendiculaire au mouvement alors $\alpha = 90$ donc $\cos\alpha = 0$ et $W_{AB}(\vec{F}) = 0$. Le travail est nul.

4.2 Puissance moyenne

La puissance moyenne développée lors d'un travail est :

$$P = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$$

P : puissance moyenne (W)

$W_{AB}(\vec{F})$: travail de la force (J)

t : durée du déplacement (Δt)

5 Variation de l'énergie cinétique

5.1 Energie cinétique

L'énergie cinétique E_C est donnée par les relations suivantes :

- pour un solide en translation :

$$E_C = \frac{1}{2}m \times v^2$$

E_C : énergie cinétique (J)

m : masse du solide (kg)

v : vitesse du solide ($m.s^{-1}$)

- pour un solide en rotation :

$$E_C = \frac{1}{2}I \times \omega^2$$

E_C : énergie cinétique (J)

I : moment d'inertie du solide ($kg.m^2$)

ω : vitesse angulaire du solide ($rad.s^{-1}$)

5.2 Variation de l'énergie cinétique et travail

On considère un solide, se déplaçant d'un point A vers un point B, soumis à un ensemble de forces : $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$. On note $W_{AB}(\vec{F}_1), W_{AB}(\vec{F}_2), W_{AB}(\vec{F}_3), \dots$ le travail de chacune de ces forces. La variation de l'énergie cinétique pour le solide se déplaçant de A vers B est égale à la somme des travaux des forces, soit :

$$\Delta E_C = E_C(B) - E_C(A) = W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + W_{AB}(\vec{F}_3) + \dots$$

On peut aussi écrire :

$$\frac{1}{2}m \times v_B^2 - \frac{1}{2}m \times v_A^2 = W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + W_{AB}(\vec{F}_3) + \dots$$

Cette relation s'appelle le théorème de l'énergie cinétique.

6 Conservation et non conservation de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique E_m d'un solide est définie par :

$$E_m = E_C + E_P$$

E_m : énergie mécanique (J)

E_C : énergie cinétique (J)

E_P : énergie potentielle (J)

Si le solide n'est pas soumis à des forces de frottements alors l'énergie mécanique se conserve. L'énergie mécanique est constante au cours du temps.

Si le solide est soumis à des forces de frottement alors l'énergie mécanique n'est pas constante et diminue au cours du temps. L'énergie perdue est transférée au milieu extérieur sous forme de chaleur.