

7.1. Les systèmes mécaniques en mouvement

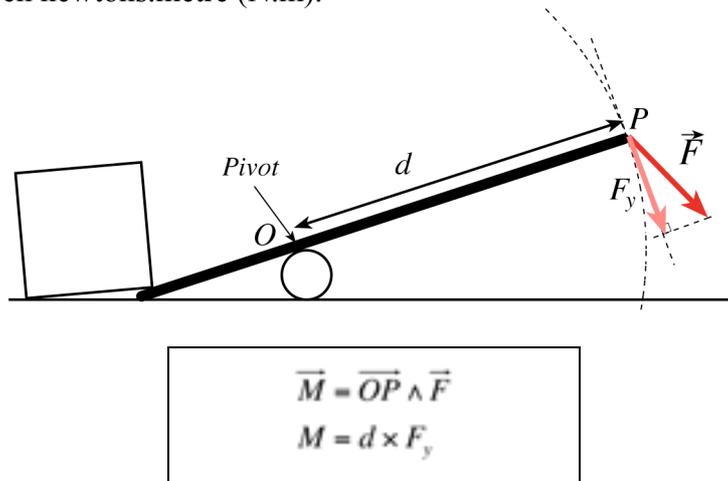
Force

Cause physique d'une accélération ou d'une déformation. Elle est représentée par un vecteur qui indique la direction et l'intensité (longueur du vecteur). La force se mesure en newtons (N).

Moment d'une force

Produit d'une composante d'une force par la distance entre son point d'application et le pivot du mouvement.

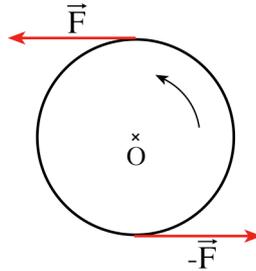
Le moment est représenté par un vecteur perpendiculaire au plan formé par les vecteurs \overline{OP} et \vec{F} et se mesure en newtons.mètre (N.m).



\vec{M} est perpendiculaire au plan formé par \vec{F} et \overline{OP} .

Couple

Ensemble de deux forces de modules égaux et de sens contraires diamétralement opposés au point de rotation d'un objet. On appelle leur moment résultant le **moment du couple**.



Centre d'inertie

Le centre d'inertie peut être vu comme « le point d'équilibre » d'un objet.

Si on pouvait placer l'objet sur une aiguille en ce point, il resterait en équilibre.

On parle aussi de centre de masse ou de barycentre.

Dans l'étude des mouvements, un objet est souvent représenté simplement par son centre d'inertie.

Moment d'inertie

Grandeur scalaire J qui résume la répartition de masse d'un objet par rapport à un point (centre d'inertie par exemple) ou un axe (axe de rotation par exemple). Cette grandeur

intervient dans l'étude du mouvement de l'objet. J est une caractéristique mécanique d'un système.

Le moment d'inertie d'un système par rapport à un point O est la grandeur scalaire,

$$J = \int r^2 \cdot dm$$

J s'exprime en kg.m^2 .

la somme s'étendant à toutes les masses élémentaires dm dont r est la distance à O.

Exemples :

- un objet en mouvement à une vitesse donnée et possédant un grand moment d'inertie aura plus de mal à s'arrêter qu'un objet à la même vitesse mais possédant un moment d'inertie plus faible.

- un moteur utilisé en asservissement de position ou de vitesse doit pouvoir s'arrêter ou démarrer très facilement. Il devra posséder un moment d'inertie le plus faible possible. Cela implique un rotor de diamètre le plus faible possible et l'utilisation de matériaux légers pour sa fabrication.

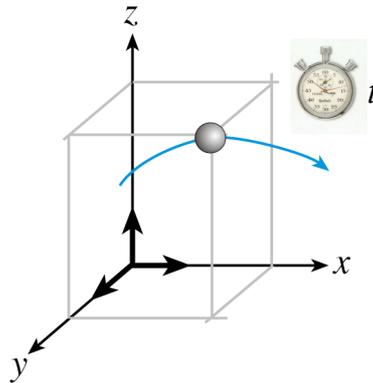
- Exemple des caractéristiques d'un moteur (voir caractéristique 17)

Caractéristiques moteur		
1	Puissance conseillée	W 1.5
2	Tension nominale	Volt 1.2
3	Vitesse à vide	tr / min 6360
4	Couple de démarrage	mNm 6.49
5	Pente vitesse / couple	tr / min / mNm 1000
6	Courant à vide	mA 88
7	Courant de démarrage	mA 3690
8	Résistance aux bornes	Ohm 0.325
9	Vitesse limite	tr / min 6800
10	Courant permanent max.	mA 840
11	Couple permanent max.	mNm 1.48
12	Puissance max. fournie à la tension nom.	mW 1070
13	Rendement max.	% 72
14	Constante de couple	mNm / A 1.76
15	Constante de vitesse	tr / min / V 5430
16	Constante de temps mécanique	ms 26
17	Inertie du rotor	gcm^2 2.45
18	Inductivité	mH 0.02
19	Résistance therm. carcasse / air ambiant	K / W 21
20	Résistance therm. rotor / carcasse	K / W 11
21	Constante de temps thermique du bobinage	s 13

source : <http://www.maxonmotor.com>

Référentiel

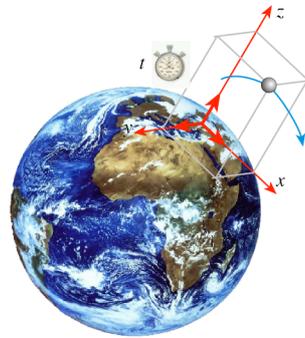
Système de coordonnées, 3 spatiales et 1 temporelle, utilisé pour décrire un mouvement.



exemple : référentiel orthonormé

Référentiel terrestre

Référentiel lié à la Terre (à sa surface, au point d'observation).



Référentiel d'inertie ou référentiel Galiléen

Référentiel dans lequel, un corps libre (non soumis à des forces) au repos le reste indéfiniment.

Exemples :

- Le référentiel défini par le centre de masse du système solaire et des étoiles fixes est un référentiel d'inertie, au degré de précision des mesures astronomiques.
- Un référentiel lié à la Terre pourra être approximé à un référentiel d'inertie pour des objets ordinaires (voiture, projectile, balle, homme, ...)

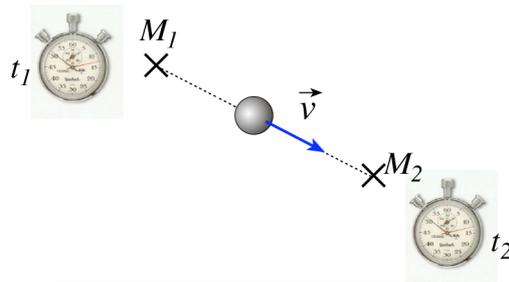
Première loi de Newton : principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, un corps libre (non soumis à des forces) ou un corps dont la somme des forces qui lui sont appliquées est nulle, est :

- soit au repos ($\vec{v} = \vec{0}$)
- soit en mouvement rectiligne uniforme ($\vec{v} = \overline{cste}$).

Vitesse

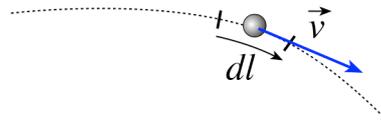
La vitesse est la distance parcourue en une seconde ($m.s^{-1}$).



$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{M_1 M_2}}{t_2 - t_1}$$

en module $v = \frac{\Delta L}{\Delta t}$

Si on considère un très petit déplacement.



v est la dérivée de la position par rapport au temps.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt}$$

v est tangent à la trajectoire et dans le sens du déplacement.

Accélération

L'accélération a est la variation de vitesse par seconde ($m.s^{-2}$)

a est la dérivée de la vitesse par rapport au temps.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

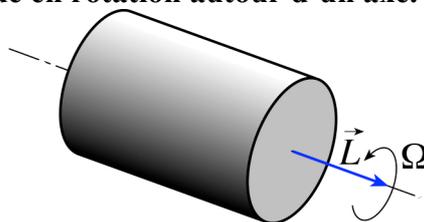
v est tangent à la trajectoire et dans le sens du déplacement.

Seconde loi de Newton : loi de la dynamique (ou relation fondamentale de la dynamique)

La variation de vitesse d'un objet (l'accélération) fois sa masse est égale à la force (ou la somme des forces) exercée sur cet objet

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

Moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe.



Un solide en rotation autour d'un axe à la vitesse Ω ($rad.s^{-1}$) et ayant un moment d'inertie J possède un moment cinétique défini par la relation :

$$\text{module : } L = J \times \Omega$$

direction : axe de rotation

Théorème du moment cinétique (*pour un solide en rotation autour de son axe*)

Ce théorème découle de la seconde loi de Newton appliquée aux objets en rotation.

La dérivée par rapport au temps du moment cinétique \vec{L} d'un solide en rotation est égale au moment résultant des forces appliquées au solide.

$$\frac{dL}{dt} = M$$

Mouvement uniforme

Dans un mouvement uniforme, le module de la vitesse est constant.

Les cas les plus classiques sont :

- le mouvement rectiligne uniforme

- le mouvement circulaire uniforme ($\Omega = \text{cste}$).

On peut encore citer un train ou une automobile roulant à vitesse constante même dans les courbes du trajet.

Mouvement uniformément varié

Dans un mouvement uniformément varié le module de l'accélération tangentielle est constant.

On peut citer l'exemple de la chute d'un objet dans le champ de pesanteur terrestre (si on néglige les frottements dans l'air).