(18/10/2023)

2. Quantité de mouvement (ou impulsion)

A. Définition et relation avec la force

Définition : pour un corps de masse m et à vitesse $\vec{v}$:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Conséquence : par $\vec{F} = m\vec{a}$, on trouve

$$\vec{F} = \text{dérivée de } \vec{p}.$$

Autrement dit :

$$\int_{t_0}^{t_1} \vec{F}\, dt = \vec{p}(t_1) - \vec{p}(t_0) = \Delta\vec{p}$$

Cas particulier : $\vec{F}$ constante. On trouve

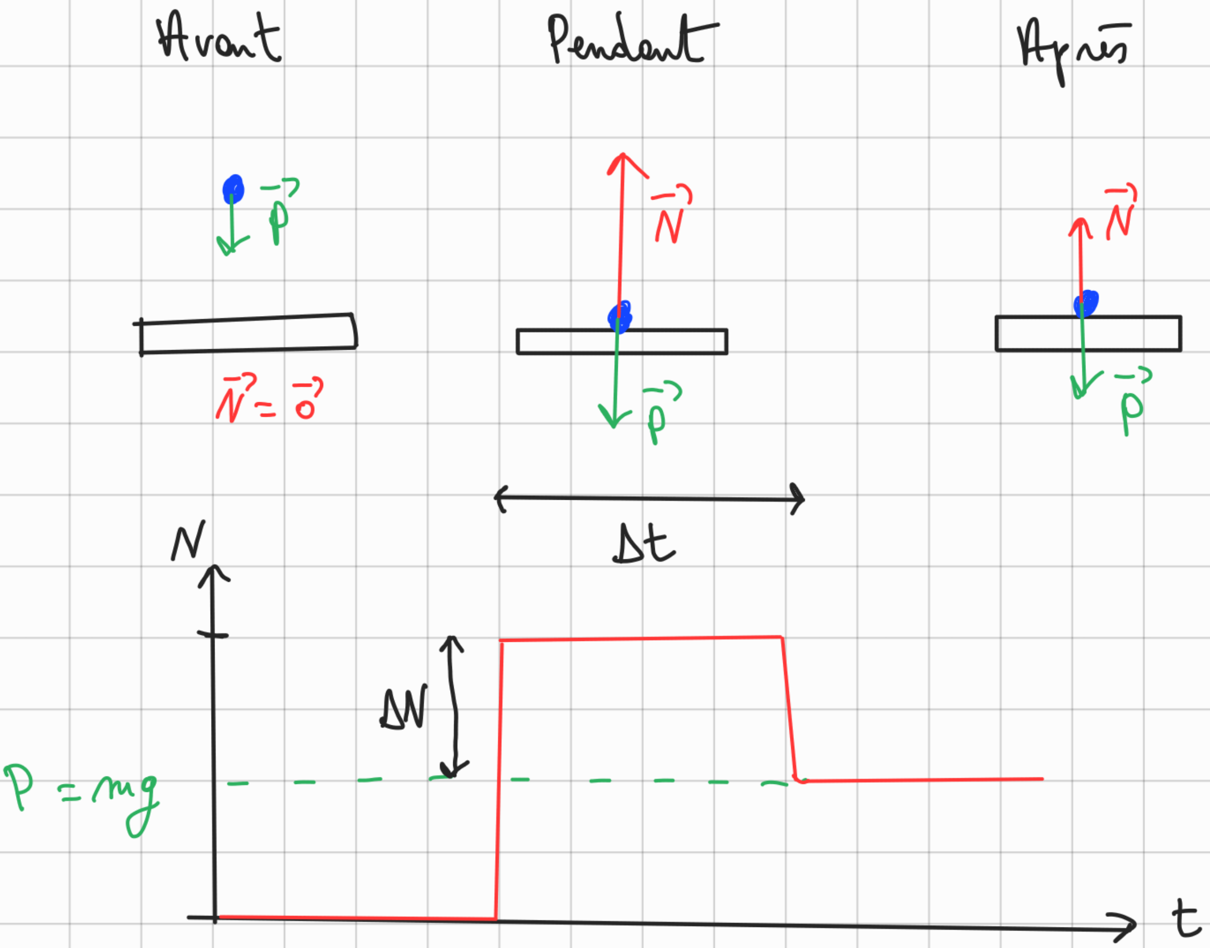
$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}.$$

On remarque que à $\Delta\vec{p}$ fixé, la force augmente si Δt diminue.

Application : 1) ceinture de sécurité.

But : augmenter Δt de la période de ralentissement afin de réduire la force exercée sur le conducteur.

2) Balance de cuisine.



Éq. de bilan d'impulsion :

$$(\vec{P}+\vec{N})\Delta t = \Delta \vec{p}$$

$$(\underbrace{-P+N}_{\Delta N})\Delta t = \Delta p = mv$$

↳ vitesse à l'impact.

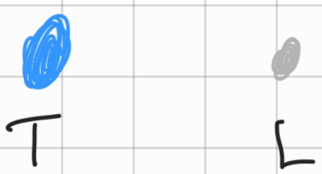
$$\Delta N = \frac{mv}{\Delta t}.$$

B. Systèmes à plusieurs corps.

"Système" : ensemble de corps ponctuels.

En général, on a les interactions entre ces corps et les interactions avec l'envi.

Exemple : système Terre - Lune



Forces internes : force de la Lune sur la Terre
force de la T sur la L.

Forces externes : forces de l'envi. du système, exemple : force du Soleil sur la T, L.

Hypothèse (principe d'action-réaction) :

Concerne uniquement les forces internes.

Si on note $\vec{F}_{T/L}$ la force exercée par la T sur la L. et $\vec{F}_{L/T}$ la force exercée par la L sur la T : alors :

$$\vec{F}_{T/L} = -\vec{F}_{L/T}$$

et de plus, $\vec{F}_{T/L}$ est parallèle au vecteur allant de la T à la L.

→ le système ne peut pas se mettre à tourner sur lui-même spontanément.

Impulsion totale : somme des impulsions individuelles :

$$\vec{p}_T = \vec{p}_{Terre} + \vec{p}_{Lune} .$$

Notation plus générique :

- un corps n° 1, de masse m_1
- un corps n°2, ——— m_2

$\vec{F}_1$ = force totale exercée sur 1.

$\vec{F}_2$ = ——— 2.

$$\vec{F}_i = \vec{F}_{i,\,interne} + \vec{F}_{i,\,externe}$$

Si on note $\vec{F}_{i/j}$ la force exercée par le corps i sur j, on a donc

$$\vec{F}_i = \vec{F}_{j/i} + \vec{F}_{i,\,ext.}$$

Le principe d'action-réaction implique

$$\vec{F}_{i/j} = -\vec{F}_{j/i} .$$

Regardons les variations d'impulsion :

$$\int_{t_0}^{t_1} \vec{F}_i \, dt = \Delta \vec{p}_i$$

$$\Delta \vec{p}_T = \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = \int_{t_0}^{t_1} \left(\vec{F}_1 + \vec{F}_2 \right) dt$$

$$= \int_{t_0}^{t_1} \left(\cancel{\vec{F}_{1,int}} + \vec{F}_{1,ext} + \cancel{\vec{F}_{2,int}} + \vec{F}_{2,ext.} \right) dt$$

par le principe d'A-R.

$$= \int_{t_0}^{t_1} \vec{F}_{ext} \, dt$$

Expérience absence de force externes.

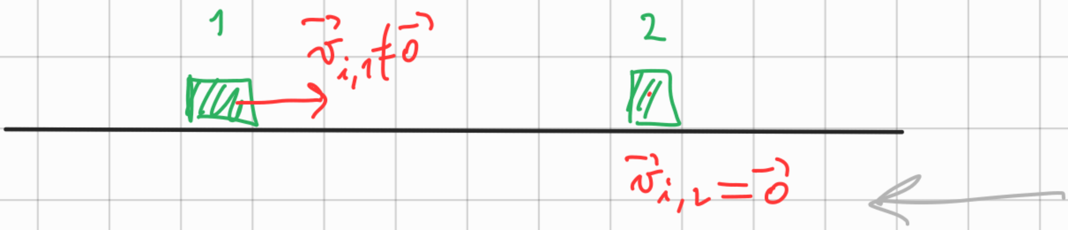
$$\Rightarrow \Delta \vec{p}_T = \vec{0} .$$

$$\Leftrightarrow \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = \vec{0} .$$

$$\Leftrightarrow \left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 \right)_{initiale} = \left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 \right)_{final} .$$

(conservation d'impulsion).

avant



	m_1	m_2	$v_{i,1}$	$v_{f,1}$	$v_{f,2}$
XP1	113g	135g	0.43 m/s	−0.06 m/s	0.35 m/s
XP2	113g	155g	0.50 m/s	−0.11 m/s	0.35 m/s

$$m_1 v_{i,1} + 0 \overset{?}{=} m_1 v_{f,1} + m_2 v_{f,2}$$

XP1 : $0.049\ \mathrm{kg\,m/s} \overset{?}{=} \underbrace{-0.0068\ \mathrm{kg\,m/s} + 0.047\ \mathrm{kg\,m/s}}$

$= 0.040\ \mathrm{kg\,m/s}$

XP2 : $0.057\ \mathrm{kg\,m/s}$

$= \underbrace{-0.012\ \mathrm{kg\,m/s} + 0.054\ \mathrm{kg\,m/s}}$

$0.042\ \mathrm{kg\,m/s}$.

C. Remarque sur la conservation de l'énergie.

En général, il n'y a pas de relation entre la conservation de l'impulsion et la conservation de l'énergie.

En particulier : si, lors d'une collision en absence de forces extérieures, l'énergie est conservée, on dit que la collision est élastique. Sinon, on dit qu'elle est inélastique.

Si la collision est inélastique, par déf.,

$$\Delta E \neq 0.$$

Par l'éq. de bilan, on a donc

$$\Delta E = W_{diss.} \neq 0.$$

$W_{diss.}$ = travail des forces qui dissipent l'énergie durant la collision.

"Energie dissipée".