IV **Quantité de mouvement**

Ce chapitre n'est pas terminé ? Pourtant, on a vu les trois lois de Newton, non ? C'est vrai mais il nous reste une dernière loi à voir qui n'est pas une loi de Newton mais qui y est souvent associée : c'est la loi de conservation de la quantité de mouvement.

1) définition de la quantité de mouvement

On a déjà défini pas mal de choses en mécanique : position, vitesse, accélération et forces. On va maintenant définir une autre grandeur : la quantité de mouvement que l'on note $\vec{p}$. Attention, c'est un p minuscule, cela n'a rien à voir avec le poids. Bon, je vous donne la définition de $\vec{p}$ et on réfléchit après :

> Un systeme de masse m et de vecteur vitesse $\vec{v}$ possède une quantité de mouvement : $\vec{p} = m \times \vec{v}$
>
> m en kg, v en $m.s^{-1}$, p en $kg.m.s^{-1}$

Ok, d'accord, la quantité de mouvement, c'est juste le vecteur vitesse multiplié par la masse m. Mais ça sert à quoi ? En général en physique, quand on définit une grandeur, c'est qu'elle a une propriété intéressante. Quelle est cette propriété ?

2) Conservation de la quantité de mouvement

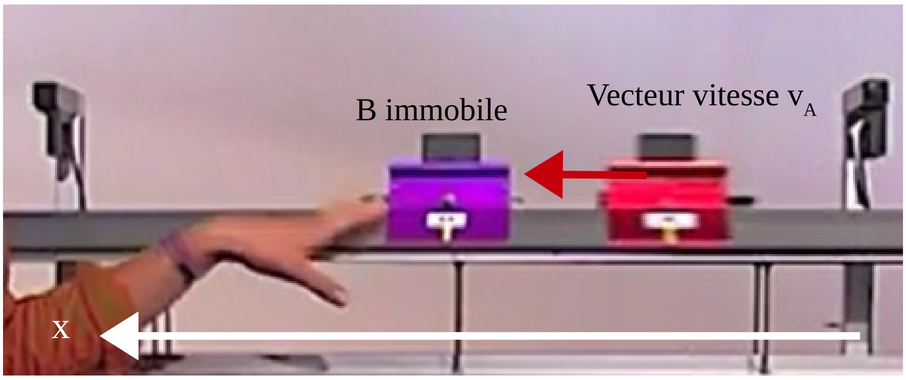
1^er^ cas : l'un des chariots est immobile

Regardez cette vidéo très claire sur cette propriété de conservation de la quantité de mouvement (de 0'00'' à 1'26'') :

https://www.youtube.com/watch?v=N2MSrZJWano

Il s'agit d'une collision inélastique entre 2 chariots qui glissent sans frottements (annulés par un petit flux d'air dans les petits trous du rail) sur un rail horizontal. Dans cet exemple, les deux chariots ont la même masse $m_A = m_B$. Montrons que la quantité de mouvement du système " chariot A + chariot B " est conservée avant et après la collision :

Avant la collision :

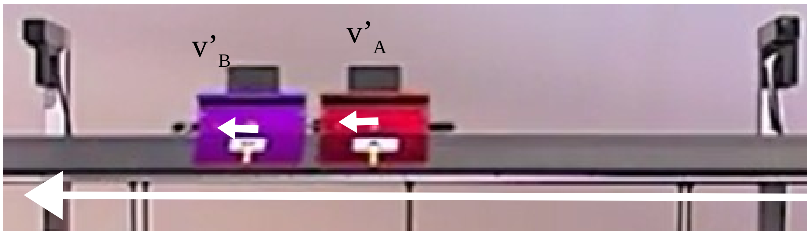


La quantité de mouvement du système " chariot A + chariot B " est :

$$\vec{p} = \vec{p_A} + \vec{p_B} = m_A \vec{v_A} + \vec{0} = m_A \vec{v_A}$$

sur l'axe Ox : $p = m_A v_A$ EQUATION 1

Après la collision :



La quantité de mouvement du système " chariot A + chariot B " est :

$$\vec{p'} = \vec{p'_A} + \vec{p'_B} = m_A \vec{v'_A} + m_B \vec{v'_B}$$

D'après les mesures expérimentales (en négligeant les frottements), les vitesses des 2 chariots sont chacune égale à la moitié de la vitesse avant la collision donc :

$$v'_A = v'_B = \frac{v_A}{2}$$

Soit sur l'axe Ox (en blanc) : $p' = m_A \frac{v_A}{2} + m_B \frac{v_A}{2} = \frac{v_A}{2} \times (m_A + m_B)$

Or $m_A = m_B$ donc $m_A + m_B = 2\, m_A$ donc : $p' = m_A v_A$ EQUATION 2

Si on compare les équations 1 et 2, on a bien avant et après la collision :

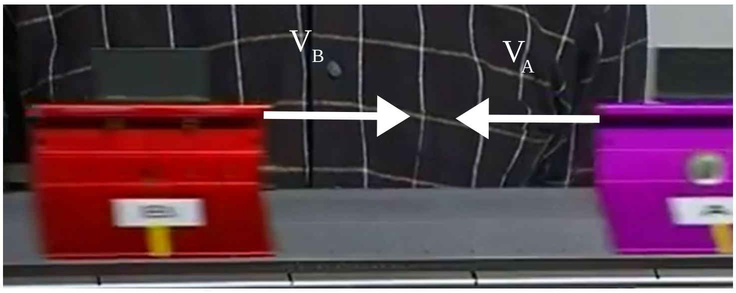
$$\vec{p} = \vec{p'}$$

2ème cas : choc frontal avec la même vitesses

Regardez cette partie de la vidéo précédente : de 1'25'' à 2'00''

Ce cas est important pour comprendre que c'est une quantité vectorielle qui est conservée.

Avant la collision :



La quantité de mouvement du système " chariot A + chariot B " est :

$$\vec{p} = \vec{p_A} + \vec{p_B} = m_A \vec{v_A} + m_B \vec{v_B}$$

Or m_A et m_B sont égales et v_A et v_B sont aussi égales donc $m_A \vec{v_A} = -m_B \vec{v_B}$

le signe – exprimant le fait que les vecteurs vitesses sont opposés

soit $\vec{p} = \vec{0}$

Après la collision :

Les 2 chariots sont immobiles donc : $\vec{p'} = \vec{p'_A} + \vec{p'_B} = \vec{0}$

On retrouve bien la conservation de la quantité de mouvement : $\vec{p} = \vec{p'}$

Remarque : Vous avez bien remarqué sur ces expériences : il y a une condition à respecter pour que la conservation de la quantité de mouvement soit respectée : il faut que le système (ici constitué de 2 objets) soit isolé (zéro force) ou pseudo-isolé (somme vectorielle des forces = 0).

3) <u>Enoncé de la conservation de la quantité de mouvement</u> :

Pour un systeme isolé (aucune force) ou pseudo-isolé (somme des forces extérieures nulle), la quantité de mouvement de ce système se conserve, c'est – à-dire :

$$\vec{p} = \overrightarrow{constante}$$

Au cours d'une collision par exemple, pour un système isolé constitué de 2 objets A et B, on aura donc :

$$\vec{p} = \vec{p}\,'$$

$$m_A \vec{v_A} + m_B \vec{v_B} = m_A \overrightarrow{v'_A} + m_B \overrightarrow{v'_B}$$

4) <u>Conséquence : propulsion par réaction</u>

Regardez cette vidéo bizarre sur la barque de Tsiolkovski à partir de 0'52'':
https://www.youtube.com/watch?v=rr4-96Qu5GQ
La relation précédente pour le système (" barque + rame "), avant et après le lancer de la rame, est :

$$m_{barque} \overrightarrow{v_{barque}} + m_{rame} \overrightarrow{v_{rame}} = m_{barque} \overrightarrow{v'_{barque}} + m_{rame} \overrightarrow{v'_{rame}}$$

si on considère que ce système est pseudo-isolé (les frottements avec l'eau existent mais ils sont faibles).

Avant le lancer, la barque et la rame sont immobiles donc :

$$\vec{O} = m_{barque} \overrightarrow{v'_{barque}} + m_{rame} \overrightarrow{v'_{rame}}$$

Si on projette cette relation sur un axe orienté Ox vers la droite, on se retrouve avec l'équation :

$$0 = m_{barque} \times v'_{barque} - m_{rame} \times v'_{rame} \quad \text{ou :} \quad v'_{barque} = \frac{(m_{rame} \times v'_{rame})}{m_{barque}}$$

<u>Généralisation</u> : $v'_A = \frac{(m_B \times v'_B)}{m_A}$ propulsion par réaction

Ceci est le principe de toutes les propulsions par réaction. Voici des exemples : propulsion d'une fusée (expulsion des gaz dans un sens pour décoller dans l'autre sens) , propulsion d'un poulpe, recul lors d'un tir au fusil, avion à réaction et cette vidéo :
https://www.youtube.com/watch?v=JLVG8X7I6oo

Plus l'objet " envoyé " est massif et sa vitesse grande, plus la vitesse de l'autre objet sera grande.