

Lois de Newton et quantité de mouvement

1. La quantité de mouvement

Définition : Le vecteur quantité de mouvement \vec{p} d'un point matériel est égal au produit de sa masse m par son vecteur vitesse \vec{v} dans le référentiel d'étude.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad P \text{ en kg.m.s}^{-1}$$

2. LES LOIS DE NEWTON

- Première loi de Newton ou principe d'inertie

Énoncé de Newton : tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

Ce principe ne s'applique que dans certains référentiels dits galiléens et ne s'applique qu'au centre d'inertie G du système.

Référentiels galiléens :

- ✓ Référentiel héliocentrique,
- ✓ Référentiel géocentrique si l'étude ne dépasse pas quelques heures (on peut ainsi négliger la rotation de la Terre autour du Soleil),
- ✓ Référentiel terrestre si l'étude ne dépasse pas quelques minutes (on peut ainsi négliger la rotation de la Terre sur elle-même)

Autre énoncé :

Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie G d'un système est un vecteur constant

($\vec{v}_G = \vec{cte}$), alors la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur le système est nulle ($\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$) et réciproquement.

- ▶ Un tel système est dit isolé (s'il n'est soumis à aucune force) ou pseudo-isolé (s'il est soumis à des forces qui se compensent).
- ▶ Il y a alors conservation de la quantité de mouvement puisque $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

- Deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique

Énoncé :

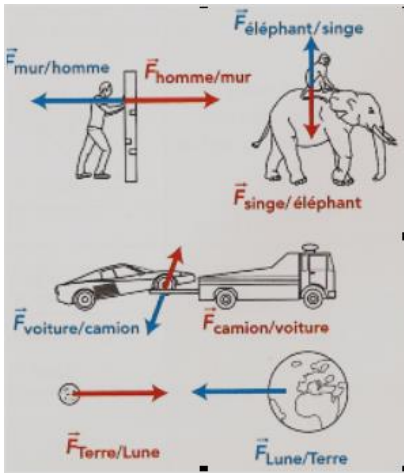
La somme vectorielle des forces extérieures $\sum \vec{F}_{Ext}$ qui s'exercent sur un système de masse m est égale à la dérivée par rapport au temps de son vecteur quantité de mouvement $\vec{p}(t)$ dans le référentiel galiléen :

$$\sum \vec{F}_{Ext} = \frac{d\vec{p}}{dt}(t)$$

Si la masse du système est constante, $\sum \vec{F}_{Ext} = m \cdot \vec{a}(t)$

$$\text{Car } \frac{d\vec{p}}{dt}(t) = \frac{dm\vec{v}}{dt}(t) = m \frac{d\vec{v}}{dt}(t) = m \cdot \vec{a}(t)$$

• Troisième loi de Newton : principe des actions réciproques



Enoncé :

Quel que soit leur état de mouvement ou de repos, deux objets A et B en interaction exercent l'un sur l'autre des forces vérifiant la relation vectorielle $\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A}$

3. Conservation de la quantité de mouvement - application à la propulsion par réaction

Enoncé de la loi :

Dans un référentiel galiléen, le vecteur quantité de mouvement d'un système isolé est constant.

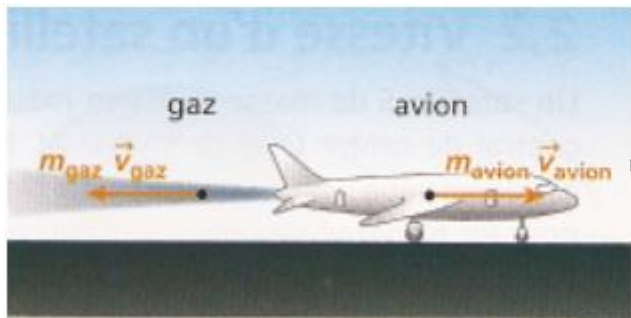
Cas d'un système constitué de deux objets de masses m_1 et m_2 , de vitesses respectives \vec{V}_1 Et \vec{V}_2 :

$$\vec{p} = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = \vec{Cte}$$

Ceci permet d'expliquer la propulsion à réaction.

Exemple d'application : la propulsion des avions au décollage

Système étudié : avion + gaz éjectés



On néglige les frottements au sol et dans l'air

L'avion n'est soumis qu'à son poids et à la réaction normale au sol, forces qui se compensent. Le système est donc isolé soit $\vec{p} = \vec{Cte}$ Et ici $\vec{p} = \vec{0}$ Car le système est initialement au repos.

Principe de conservation : $\vec{p} = m_{\text{avion}}\vec{V}_{\text{AVION}} + m_{\text{gaz}}\vec{V}_{\text{Gaz}} = \vec{0}$

La vitesse des gaz étant dirigée vers l'arrière, celle de l'avion est dirigée vers l'avant.

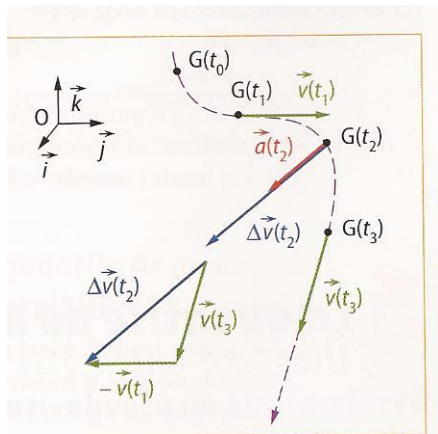


Fig 8

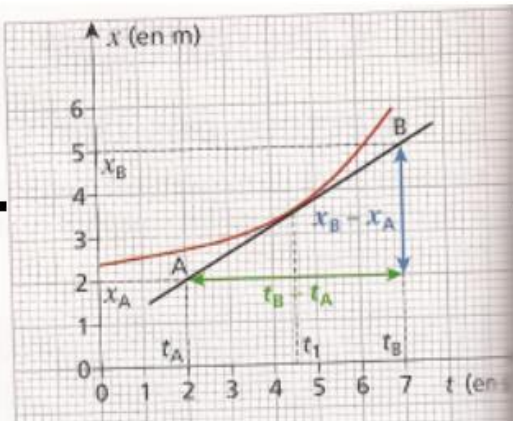


Fig. 5 Le vecteur accélération à l'instant t_2 et le vecteur $\Delta \vec{v}(t_2) = \vec{v}(t_3) - \vec{v}(t_1)$ ont même direction et même sens.

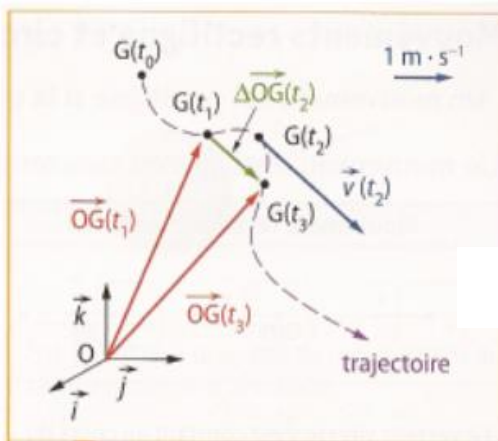


Fig. 3 Vecteur vitesse d'un point mobile G à l'instant t_2 représenté à l'aide d'une échelle

Mouvement circulaire uniforme	Mouvement circulaire uniformément accéléré	Mouvement circulaire uniformément ralenti
Le vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ varie mais sa valeur v reste constante. Le vecteur accélération \vec{a} est dirigé vers le centre de la trajectoire. $\vec{v} \cdot \vec{a} = 0$.	Le vecteur accélération est constant au cours du temps : $\vec{a}(t) = \vec{a} = \text{constante}$. Il est toujours dirigé vers l'intérieur de la trajectoire. La valeur de la vitesse v augmente. $\vec{v} \cdot \vec{a} > 0$.	La valeur de la vitesse v diminue. $\vec{v} \cdot \vec{a} < 0$.

Mouvement rectiligne uniforme	Mouvement rectiligne uniformément accéléré	Mouvement rectiligne uniformément ralenti
Le vecteur vitesse \vec{v} est constant au cours du temps : $\vec{v}(t) = \vec{v} = \text{constante}$. $\vec{a} = \vec{0}$ donc $\vec{v} \cdot \vec{a} = 0$.	Le vecteur accélération est constant au cours du temps : $\vec{a}(t) = \vec{a} = \text{constante}$. Les vecteurs \vec{v} et \vec{a} sont de même sens. La valeur de v augmente. $\vec{v} \cdot \vec{a} > 0$.	Les vecteurs \vec{v} et \vec{a} sont de sens opposés. La valeur de v diminue. $\vec{v} \cdot \vec{a} < 0$.

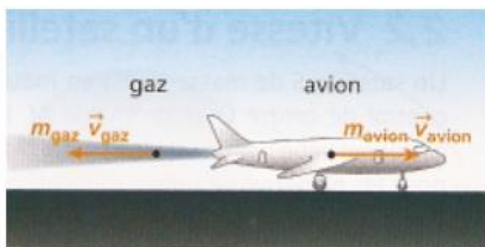
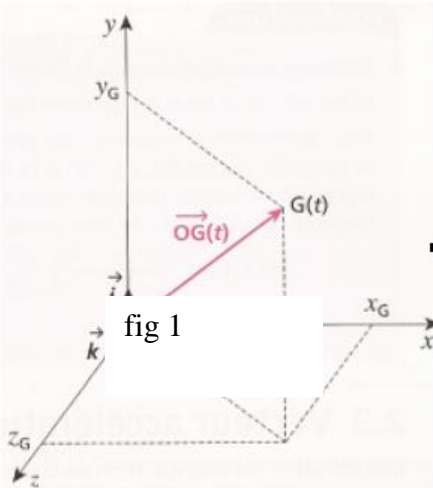


Fig1

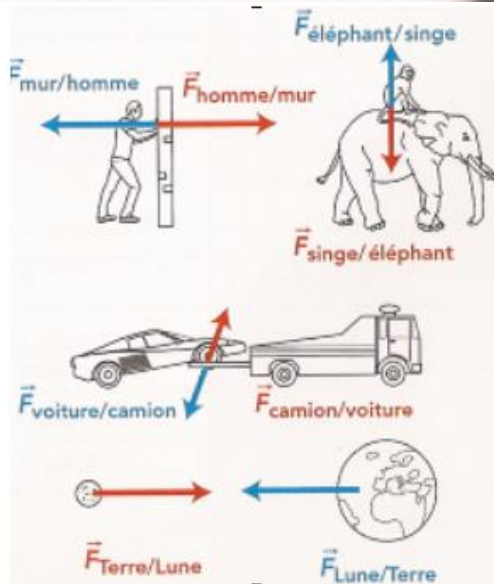


fig7