Mécanique classique

Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force motrice ; et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée.
Newton. *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*. Traduction du latin en français d'Émilie du Chatelet (1756) : *Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

Seconde loi de Newton dans un **référentiel galiléen** :

$$\Sigma\vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(\Sigma m_i\vec{V}_i)}{dt}$$

Le terme vectoriel $\Sigma m_i\vec{V}_i$ (somme sur l'ensemble des « points matériels » qui constituent le système) est appelé **quantité de mouvement** $\vec{p}$.
La quantité de mouvement d'un système de points matériels, de masse totale m, est la même que celle **d'un point matériel de même masse et situé au centre d'inertie G.**

Pour un **système isolé** la quantité de mouvement est constante.
Donc pour le **choc de deux objets isolés** : $m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = \vec{cste}$

Théorème d'énergie

Variation de l'énergie d'un système : $\Delta E_{totale} = \Sigma W_F + \Sigma Q$ (travaux des forces et chaleur). E_{totale} est la somme de **l'énergie interne** du système (elle-même somme des énergies cinétiques et potentielles internes au niveau microscopique) et des **énergies cinétiques et potentielles** (au niveau macroscopique.

Pour un **choc élastique de deux objets isolés**, l'énergie cinétique totale est constante :

$$\frac{1}{2}m_1V_1^2 + \frac{1}{2}m_2V_2^2 = cste$$

Le langage énergétique

C'est l'allemand Leibniz qui proposa la première formulation mathématique de la « force vive » vers 1680. Il considéra que dans de nombreux systèmes mécaniques (contenant plusieurs masses m_i de vitesse v_i) la quantité $\sum_i m_i v_i^2$ était conservée. Il appela cette grandeur ***vis viva*** ou ***force vive***.

La ***force vive*** commença à être appelée ***énergie*** pour la première fois par Young en 1807. La redéfinition de **l'énergie cinétique** en $\frac{1}{2}\sum_i m_i v_i^2$ fut la conséquence de travaux de Coriolis et Poncelet sur la période 1819-1839.

Mais d'où vient ½ m.V² ?

Le théorème de l'énergie cinétique se démontre à partir de la seconde loi de Newton.

Utilisons son expression la plus simple, sous forme non vectorielle, pour un point matériel de masse constante soumis à une force unique F :

$$F = \frac{dp}{dt} = m\frac{dV}{dt}$$

Pour un déplacement élémentaire dx = V dt le travail élémentaire dw effectué par la force F est :

$$dw = F\,dx = m\frac{dV}{dt}V\,dt = m\,V\,dV$$

Alors sur un déplacement de x_1 à x_2 :

$$W_F = \int_{x_1}^{x_2} dw = \int_{V_1}^{V_2} mVdV = ½\, m\, V_2^2 - ½\, m\, V_1^2$$

LES LOIS DE NEWTON DE LA MECANIQUE CLASSIQUE

- **première loi de Newton** ou **<u>principe d'inertie</u>** :

Si un système est **isolé** ou **pseudo-isolé** : $\boxed{\Sigma\vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{p} = \vec{C}ste}$

Expression avec la vitesse pour un système isolé ou pseudo-isole de **masse constante :**

$$\boxed{\vec{V} = \vec{C}ste \ \ (\text{m. r. u})}$$

Newton : « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état. »

- **seconde loi de Newton** ou **<u>théorème du centre d'inertie</u>** : $\Sigma\vec{F}_{ext} \neq \vec{0} \Rightarrow \vec{p}$ **varie**

$$\boxed{\Sigma\vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt}}$$

Dimension : [F] = M L T^{-2} **Unités : N(Newton) ⇔ kg.m.s^{-2}**

Expression dans le **cas où la <u>masse est constante</u>**

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{V})}{dt} = m\frac{d\vec{V}}{dt} = m\,\vec{a} \qquad \text{donc} \qquad \boxed{\Sigma\vec{F}_{ext} = m\,\vec{a}}$$

- **troisième loi de Newton** ou **principe des actions réciproques** :

Interaction entre deux objets A et B : $\boxed{\vec{F}_{A/B} = -\,\vec{F}_{B/A}}$