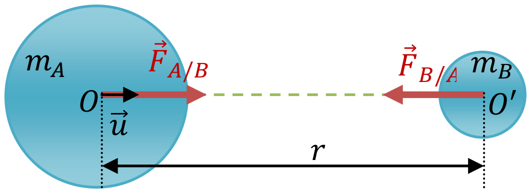
VI. Lois de Newtons

1. Loi de la gravitation universelle :

Deux corps ponctuels s'attirent avec une force proportionnelle à leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance entre leurs centres de gravité.



$$\vec{F}_{B/A} = \vec{u}.G.\frac{m_A.m_B}{r^2}$$

La constante gravitationnelle :

$$G = 6.67428.10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$$

2. a. Première loi de Newton ou principe de l'inertie (formulé initialement par Galilée) :

Enoncé original : « 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 ».

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un solide soumis à un ensemble de forces dont la somme vectorielle est nulle est soit au repos, soit animé d'un mouvement rectiligne et uniforme (le vecteur vitesse demeure constant).

« Dans un référentiel galiléen, le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un système est constant si et seulement si la somme des vecteurs forces qui s'exercent sur le système est un vecteur nul ».

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Longrightarrow \vec{v} = \overrightarrow{Cte}$$

Centre d'inertie, le **barycentre** (ou **centre de masse**) d'un solide est le centre des poids.

Tout corps pesant a un centre de gravité bien défini en lequel tout le poids du corps peut être considéré comme concentré.

$$m_1\overrightarrow{OA} + m_2\overrightarrow{OB} = \vec{0}$$

On peut généraliser à un système à n points A_i (n masses). Si la somme des masses m_i est non nulle, le barycentre du système $\{(A_i, m_i\}, i = \overline{1,n}$, est le point G tel que :

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \overrightarrow{GA_i} = \vec{0}$$

Les coordonnées sont données par les formules :

$$x_{j,G} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i \, x_{j,A_i}}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$$

Si l'ensemble constitue un domaine D continu, à chaque point M du domaine on affecte une densité $g(M)$ où g est une fonction continue (un champ scalaire). Le barycentre est alors le point G tel que :

$\int_D \, g(M)\overrightarrow{GM}dv = \vec{0}$ dans l'espace, ou

$\int_D \, g(M)\overrightarrow{GM}ds = \vec{0}$ dans le plan.

Si les points M ont pour coordonnées (x_1;x_2,x_3), la fonction de densité s'écrit $g(x_1,x_2,x_3)$ et les coordonnées de G s'écrivent :

$$x_{j,G} = \frac{\iiint g(x_1,x_2,x_3).x_j dx_1 dx_2 dx_3}{\iiint g(x_1,x_2,x_3) dx_1 dx_2 dx_3}, j = \overline{1,3}.$$

Centre d'inertie :

Le centre d'inertie d'un corps correspond au barycentre des particules qui composent le corps en question. Chaque particule étant pondérée par sa masse propre. C'est donc le point par rapport auquel la masse est uniformément répartie.

Dans le cas d'un corps continu $\mathcal{C}$, on emploie comme fonction de pondération la masse volumique ρ du corps. Dans ce cas, la position du centre d'inertie G est défini par la relation suivante (O étant un point quelconque de l'espace) :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\int_C \, \rho(M)\overrightarrow{OM}.dV}{\int_C \, \rho(M).dV} \text{ où } \int_C \, \rho(M)\overrightarrow{GM}.dV = 0$$

Le centre d'inertie ne dépend pas de la masse volumique mais de la forme du corps. C'est une caractéristique intrinsèque.

Centre de gravité :

Le centre de gravité d'un corps correspond au *barycentre* des particules qui le composent. Chaque particule est pondérée par son poids propre.

Etant donné $\vec{g}(M)$, le champ de gravité au point M, la position du centre de gravité G_g est défini par la relation suivante :

$$\int_C \overline{G_g M} \wedge \rho(M).\vec{g}(M)dV = 0$$

Le centre de gravité est lié au champ de gravité dans lequel le corps est plongé. Ce terme n'est utilisé que pour dans le champ de gravitation. Etant donné faible, la dimension du corps devant la rotondité de la terre, en considère que le champ de gravité est uniforme. Sous cette hypothèse, le centre d'inertie et le centre de gravité sont confondus.

2.b. Deuxième loi de Newton (théorème du centre d'inertie) :

Appelé aussi : principe fondamental de la dynamique en translation.

L'accélération subie par un corps dans un référentiel galiléen est proportionnelle à la résultante des forces (somme vectorielle) qu'il subit, et inversement proportionnelle à sa masse *m*.

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

Cette loi permet l'étude quantitative du mouvement des corps.

On remarque que si F = 0 alors a = 0, on retrouve ainsi la première loi.

2.c. Troisième loi de Newton (Principe des actions réciproques) ou encore loi d'action-réaction:

« Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B ».

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

Soit,

$$\vec{F}_{A/B} - \vec{F}_{B/A} = \vec{0}$$