

# III- Dynamique

## 1-Introduction

### 1-1 définition:

La dynamique est la science qui étudie (ou détermine) les causes des mouvements de ces corps.

### 1-2- Référentiel inertiel ( Galiléen)

Dans le cas du mouvement relatif on a défini les référentiels " $R$ " et " $R_1$ " l'un supposé absolu (fixe), l'autre est mobile .Mais la question pour " $R$ ", il fixe par rapport à quoi ? De ce faite , on suppose qu'un repère est fixe selon le problème étudié où les lois physique deviennent simple , c'est ces repères privilégiés qu'on appelle inertiels.

### Remarque:

- ✓ Tout système de coordonnées qui se déplace à vitesse constante par rapport à un référentiel d'inertie, peut être lui-même considéré comme un référentiel d'inertie .
- ✓ Les vitesses et les accélérations des corps, mesurées dans les référentiels galiléens, sont dites absolues et celles mesurées dans les référentiels non galiléens sont dites relatives.

## 2- Masse et quantité de mouvement

### 2-1-Masse :

Plus la masse d'un corps est grande , plus il est difficile de l'arrêter ou de le faire bouger .

La masse est la quantité de matière que contient un corps et qui caractérise son aptitude à résister au changement du mouvement (vitesse ) ,elle caractérise sin inertie .

## 2-2 - Quantité de mouvement

Pour deux corps ayant la même vitesse , il est plus facile d'arrêter (bouger) celui qui a la plus petite masse.

-pour deux corps ayant la même masse, il est plus facile d'arrêter (bouger) celui qui a la plus petite vitesse.

### 2-2-1-Définition :

Le produit de la masse d'un corps par sa vitesse définit la quantité de mouvement noté  $\vec{P}$

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

### Remarque :

- ✓ le principe d'inertie peut s'énoncé comme suit:

Un corps isolé possède une quantité de mouvement constante.

- ✓ La quantité de mouvement totale d'un système, se conserve si le principe d'inertie est vérifié.

## 3- Lois de Newton

### 3-1: 1<sup>ere</sup> loi : loi d'inertie

Dans un référentiel inertiel , la quantité de mouvement 'un corps libre est conservée , c.à.d. que le corps ( système ) est en mouvemente rectiligne uniforme ou repos selon son état initial.

### Notion de Force : 2<sup>eme</sup> loi de Newton

Toute cause capable de modifier, dans un référentiel galiléen, le vecteur quantité de mouvement d'un point matériel est appelée **FORCE** .

### *Différentes types de forces existent :*

- Forces d'interaction à distance (Forces de gravitation)
- Forces électromagnétiques ;
- Forces nucléaires ;
- Forces de contact (Forces de frottement)
- etc....

On peut très bien définir une force moyenne, telle que,

$$\overrightarrow{F}_{moy} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}(t_2) - \vec{P}(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Ou encore, force instantanée, telle que,

$$\vec{F}(t) = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \overrightarrow{F}_{moy} = \frac{d\vec{P}(t)}{dt}$$

### *3-2-2<sup>eme</sup> Loi : principe fondamentale de dynamique*

C'est la Loi déjà évoquée c.à.d. que tout changement de vitesse (ou variation de la quantité de mouvement ) d'un système isolé (libre) , est le résultat d'une interaction qui se traduit par une force .

La variation de la quantité de mouvement dans un intervalle de temps produit l'effort appliqué.

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_{i\text{ex}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \quad \text{Où} \quad \begin{cases} \vec{F} : \text{est la résultante des force extérieures.} \\ \vec{P} : \text{est la quantité de mouvement du système.} \end{cases}$$

$$\text{a la limite : } \vec{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \right) = \frac{d\vec{P}(t)}{dt}$$

**Remarque :** dans le cas où la masse du système est constante la loi devient

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_{i \text{ ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d m \vec{v}}{dt} = m \frac{d \vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{F} = m \vec{a}$$

*Loi Fondamentale de la dynamique ou Principe Fondamental de la Dynamique (PFD)*

**Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système est**

**égale à la dérivée du vecteur quantité de mouvement du centre d'inertie de ce système**

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_{i \text{ ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d m \vec{v}}{dt} = m \frac{d \vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{F} = m \vec{a}$$

**3-3: 3<sup>ème</sup> Loi : loi de réciprocité (ou loi de l'action et la réaction )**

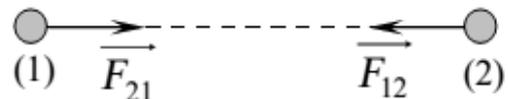
Comme déjà souligné , les quantités de mouvement échangées lors de l'interaction entre deux particules du système , **sont les mêmes mais opposées** .

Le principe de l'action et de la réaction, ou principe des réactions réciproques, a été énoncé par Newton (**3<sup>ème</sup> loi de Newton**).

Soient deux points matériels (1) et (2) interagissant entre eux ; l'action exercée par (1) sur (2)

$\vec{F}_{12}$  est égale et opposée à celle exercée par (2) sur (1)  $\vec{F}_{21}$

Soit



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad \|\vec{F}_{12}\| = \|\vec{F}_{21}\|$$

C'est deux actions (forces) s'exercent simultanément et sont de même nature.

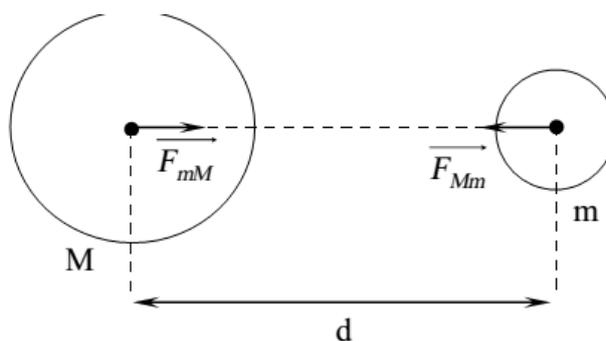
Exemple de forces :

## .1-Forces d'interaction à distances

### a. Forces de gravitation newtonienne

On appelle force de gravitation ou force d'interaction gravitationnelle, la force exercée par une masse **M** sur une autre masse **m**. Cette force d'interaction suit une loi énoncée par Newton en 1650.

$$\vec{F}_{M-m} = -G \frac{M m}{d^2} \vec{u}$$



**G** : constante  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

**u** : Vecteur unitaire

### b. Interaction coulombienne

L'interaction coulombienne est l'analogie de l'interaction gravitationnelle pour les charges électriques.

$$\|\vec{F}_{qq'}\| = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} = k \frac{qq'}{r^2}$$

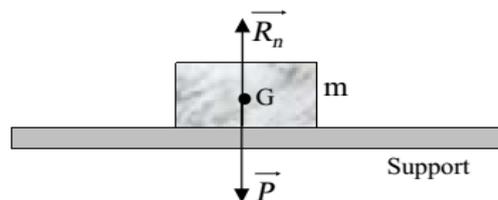
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I}$$

## 2. Forces de contact

### a. Réaction du support:

La force que subit un objet, posé sur un support horizontal, en provenance du support s'appelle réaction du support .

La réaction du support sur l'objet  $m$  est répartie sur toute la surface de contact support-objet



$\vec{R}_n$ , représente la résultante de toutes les actions exercées sur la surface de contact.

L'objet étant en équilibre :  $\vec{R}_n + \vec{P} = \vec{0}$        $\vec{R}_n = -\vec{P}$

### b. Forces de frottement

Les forces de frottement sont des forces qui apparaissent soit lors du mouvement d'un objet soit cet objet est soumis à une force qui tend à vouloir le déplacer .

Le frottement s'oppose au déplacement des objets en mouvement. Il y a deux types de frottement :

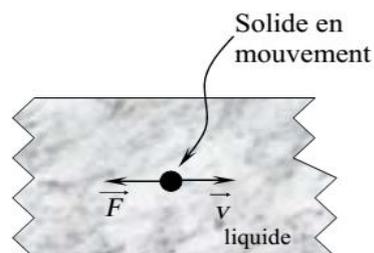
- ✓ frottement visqueux (contact solide-fluide)
- ✓ frottement solide (contact solide-solide)

#### Frottement visqueux:

Dans ce type de frottement la force est proportionnelle à la vitesse,

$$\vec{F} = -k\vec{v}$$

$\vec{F}$  : force de frottement       $k$  : constante positive



## Frottement solide:

Dans cette figure, le bloc solide est en mouvement sous l'action de la force d'entraînement

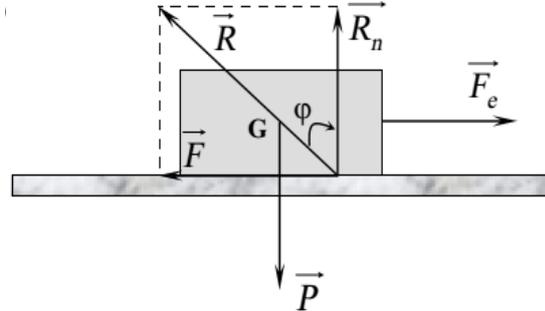
$\vec{F}_e$

$\vec{F}_e$  : Force d'entraînement

$\vec{R}_n$  : Force de réaction

$\vec{F}$  : Force de frottement

$\varphi$  : angle de frottement



$$F = \mu R_n$$

$\mu$  : coefficient de frottement ou coefficient de friction : c'est une constante qui dépend de la nature de la surface de contact.

On a 
$$\mu = \frac{F}{R_n} = \tan \varphi$$

## Forces de tension:

Force de tension ou force de rappel. L'exemple le plus simple est la force de rappel du ressort.

$$\vec{F} = -k(l - l_0)\vec{u}$$

$k$  : coefficient d'allongement

(coefficient de raideur du ressort)

