Chapitre II: Généralités et définitions (système de Forces)

II.1.Définition

En physique, la force est une action mécanique capable de créer une accélération, c'est-à-dire une modification de la vitesse d'un objet ou d'une partie d'un objet, ce qui induit un déplacement ou une déformation de l'objet. Elle est généralement représentée par un vecteur pour donner son sens et sa direction (au sens mathématique du terme).

Le vecteur force est caractérisé par 4 éléments :

1.la direction : orientation de la force.

2.le sens : vers où la force agit.

3.la norme (ou intensité) : grandeur de la force, elle est mesurée en Newton (N)

4.le point d'application : endroit où la force s'exerce.

L'unité de mesure (SI) d'une force est le newton, symbole N, ($kg.m.S^{-2}$)

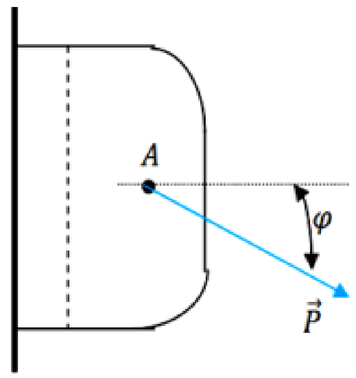


Fig. II.1. Représentation mathématique de la force

II.2. Classification de forces

Les forces qui agissent sur un corps rigide peuvent être divisées en deux groupes: Forces intérieures et forces extérieures.

II.2.1.Les forces intérieures

Représentent l'interaction entre l'ensemble des points matériels constituants le corps rigide

II.2.2.Les forces extérieures

Représentent l'action des autres corps sur le corps étudié.
- Les forces extérieures sont de deux types : Forces actives et forces réactives (Réaction).

Lorsque l'on étudie la mécanique des corps rigides, ou l'on veut connaître que les effets des forces **extérieures**, l'expérience nous prouve qu'il n'est pas nécessaire de lier l'action de la force active a un point donné (Principe du vecteur glissant). En mécanique des corps rigides, nous allons étudier que presque toutes les forces sont des vecteurs glissants.

II.3.Types des forces

Les phénomènes qui provoquent l'accélération ou la déformation d'un corps sont très divers, on distingue donc plusieurs types de force, mais qui sont tous modélisés par un même objet : le vecteur force. Par exemple, on peut classer les forces selon leur distance

II.3.1.Forces de contact: Les forces de contact sont l'œuvre d'un contact direct et physique entre deux corps. Les forces de masse sont celles dont l'action est centrée à une certaine distance, forces gravitationnelles, magnétiques et électriques)

***II.3.2.Forces surfaciques*:** Lorsqu'une force s'exerce sur une surface, il est parfois intéressant de considérer la répartition de la force selon la surface. Par exemple, si l'on enfonce une punaise dans du bois, la punaise s'enfonce car la force est répartie sur une toute petite surface (l'extrémité de la pointe) ; si l'on appuie simplement avec le doigt, le doigt ne va pas s'enfoncer dans le bois car la force est répartie sur une grande surface (l'extrémité du doigt).

Exemple

- le vent exerce des actions sur toute la surface de la voile

-le vent qui gonfle une force de pression

II.3.3.Forces volumiques : Il existe des forces qui s'exercent sur la totalité de l'objet, comme le poids, ces forces sont dites volumiques. On démontre, dans le cas des solides indéformables, que l'action de telles forces est équivalente à l'application d'une seule force au barycentre du corps, encore appelée « centre de masse », « centre de gravité » ou « centre d'inertie ».

Exemple: L'aimant attire les clous. les clous sont attirée par l'aimant. les clous se met en mouvement et se rapproche de l'aimant. Ceci est donc une force qui modifie l'état de repos des clous**.** La force a donc une direction : dans ce cas, les clous sont déplacé horizontalement vers l'aimant.

II.4.Opérations sur la force (composition, décomposition, projection)

En outre, les forces peuvent être concentrées ou réparties. L'action d'une force est toujours accompagnée par une réaction égale et de sens opposée.

II.4.1.composition de deux forces

Deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ concourantes peuvent être additionnées en utilisant la loi du parallélogramme afin de trouver leur somme ou résultante $\vec{R}$. La règle du triangle est aussi applicable pour déterminer $\vec{R}$.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

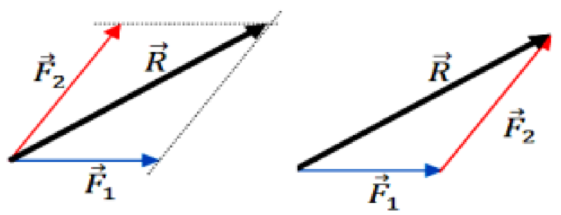


Fig. II.2a. Décomposition d'une force

Souvent on doit remplacer une force par ses composantes vectorielles agissant selon des directions spécifiées. C'est ainsi que la force $\vec{R}$. peut être remplacée où décomposée en deux composantes vectorielles $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ en appliquant le principe du parallélogramme.

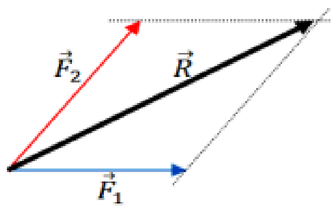


Fig. II. 2b. Parallélogramme des forces

Remarque: La relation entre une force et ses composantes vectorielles suivant des axes précis ne doit pas être confondue avec la relation entre une force et ses projections perpendiculaires sur ces mêmes axes.

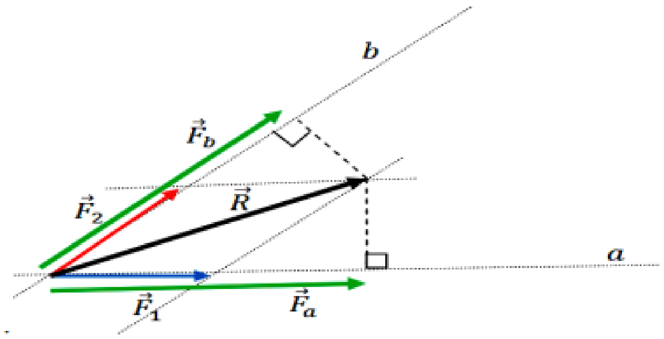


Fig. II. 2c. La relation entre une force et ses composantes vectorielles

II.4.1.a. Cas de deux forces parallèles (Fig. II.3)

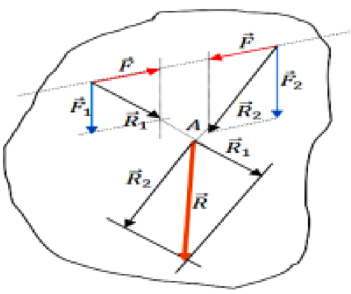


Fig. II.3. Forces parallèles

II.4.2. Composantes rectangulaires

Système d'axe perpendiculaire: (système rectangulaire)

On 'a $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$, $\vec{F}_x$ et $\vec{F}_y$ sont les composantes vectorielles de $\vec{F}$ rectangulaires).

$\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$

F_x et F_y sont les composantes scalaires de $\vec{F}$ (selon ***x*** et selon ***y***).

$$F_x = F\ \cos\varphi \ ,\ F_y = F\ \sin\varphi \ ,\ F = \sqrt{{F_x}^2 + {F_y}^2} \qquad \text{(II-01)}$$

Les composantes scalaires d'une force peuvent être positives ou négatives

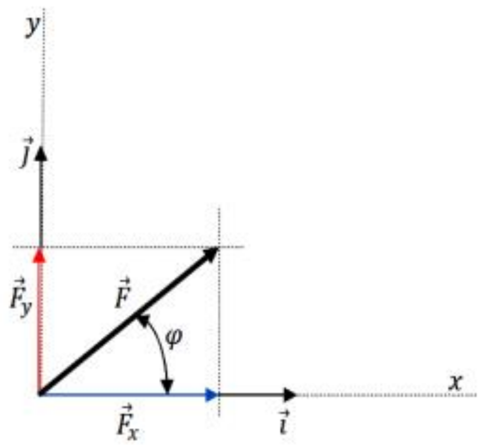
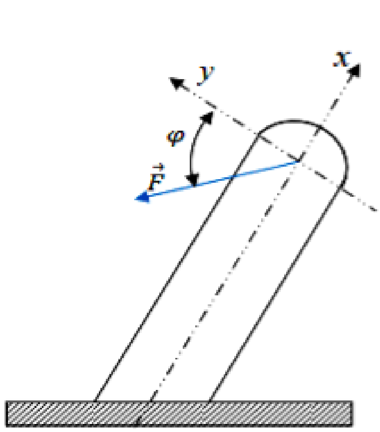
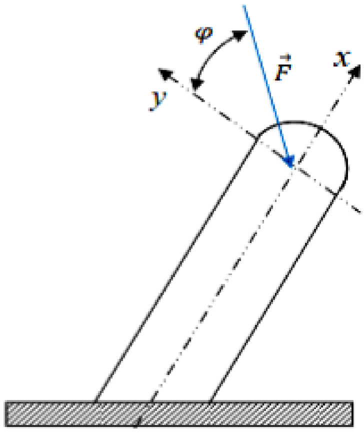


Fig. II.4. Composantes rectangulaires

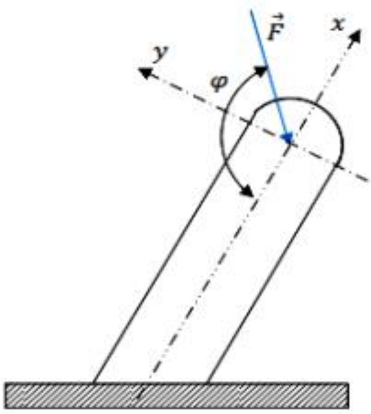
Exemples**:** (Fig. II.5)



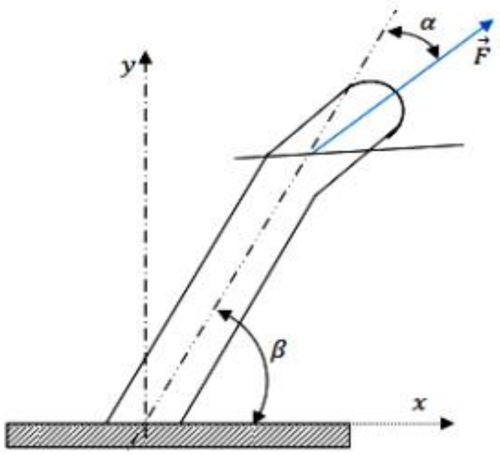
$$F_x = -F\ sin\varphi$$
$$F_y = +F\ cos\varphi$$



$$F_x = -F\ cos\varphi$$
$$F_y = -F\ sin\varphi$$



$$F_x = -F\ cos(\pi - \varphi)$$
$$F_y = -F\ sin(\pi - \varphi)$$



$$F_x = +F\ cos(\beta - \alpha)$$
$$F_y = +F\ sin(\beta - \alpha)$$

Fig. II.5. Composantes rectangulaires

Souvent il est commode d'obtenir la somme ou la résultante $\vec{R}$ de 2 forces concourantes coplanaires en utilisant leurs composantes rectangulaires (Fig. II.5.) .

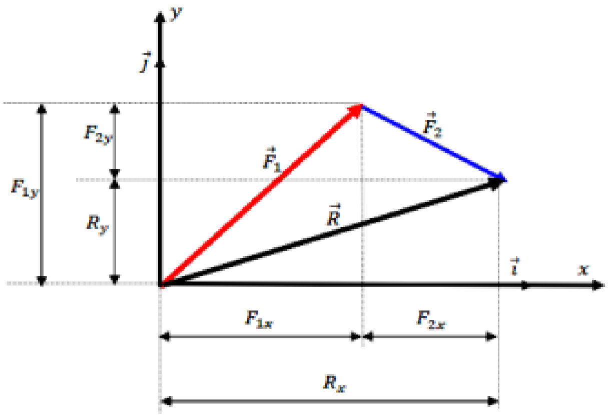


Fig. II.6. résultante de deux forces concourantes coplanaires

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (F_{1x}\vec{i} + F_{1y}\vec{j}) + (F_{2x}\vec{i} + F_{2y}\vec{j}) \qquad \text{(II-02)}$$

$$R_x\vec{i} + R_y\vec{j} = (F_{1x} + F_{1y}F)\vec{i} + (F_{2x} + F_{2y})\vec{j} \qquad \text{(II-03)}$$

d'où $R_x = F_{1x} + F_{2x} = \sum F_x$ (II-04)

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} = \sum F_y \qquad \text{(II-05)}$$

$\sum F_x$: Somme algébrique des composantes scalaires selon l'axe 2

$\sum F_y$: Somme algébrique des composantes scalaires selon l'axe 3

II.4.3. Systèmes de forces à trois dimensions

II.4.3.1.Composantes rectangulaires

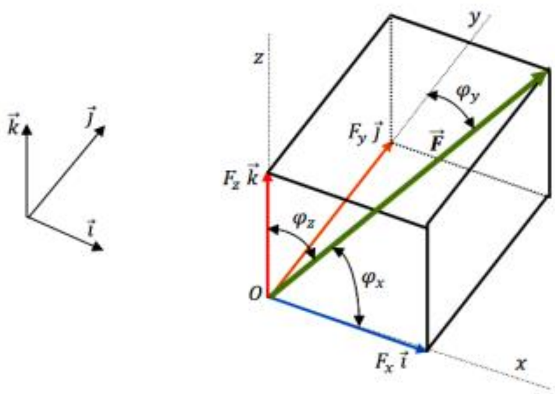


Fig. II.7.composantes rectangulaires

Très souvent les problèmes rencontrés en mécanique sont définis dans un système a 3 dimensions, d'où la nécessité de décomposer une force en trois composantes perpendiculaires les unes par rapport aux autres.

$\vec{F}$ ayant son point d'application en 9 a comme composantes rectangulaires $\vec{F}_x$,$\vec{F}_y$,et $\vec{F}_z$

ou : $$\begin{cases} F_X = F\cos\varphi_x \\ F_y = F\cos\varphi_y \\ F_z = F\cos\varphi_z \end{cases} \qquad \text{(II-06)}$$

$$\begin{cases} F = \sqrt{{F_x}^2 + {F_y}^2 + {F_z}^2} \\ \vec{F} = F_x\,\vec{i} + F_y\,\vec{j} + F_z\,\vec{k} \\ \vec{F} = F\cos\varphi_x\,\vec{i} + F\cos\varphi_y\,\vec{j} + F\cos\varphi_z\,\vec{k} \end{cases} \qquad \text{(II-07)}$$

Posons $l = \cos\varphi_x$, $m = \cos\varphi_y$, $n = \cos\varphi_z$ ou $(l^2 + m^2 + n^2) = 1$ (II-08)

$$\vec{F} = F\,\vec{n}_F \qquad \text{(II-09)}$$

$\vec{n}_F$:Vecteur unitaire qui caractérise la direction de $\vec{F}$

$$\vec{n}_F = l\,\vec{i} + m\,\vec{j} + n\,\vec{k} \qquad \text{(II-10)}$$

Quand on résout des problèmes en trois dimensions, on doit généralement trouver les

composantes scalaires x, y ,et z d'une force donnée ou inconnue.

La détermination de direction d'une force se fait au moyen:

a) de deux (02) points sur la ligne d'action de la force.

b) De deux (02) angles qui orientent la ligne d'action.

a) **2 points sur la ligne d'action de la force sont connus:**

Si les coordonnées de A et B sont connues, on écrit $\vec{F}$ ainsi:

$$\vec{F} = F\,.\,\vec{u}_F = F\frac{\overrightarrow{AB}}{AB} = F\frac{(x_2-x_1)\vec{i}+(y_2-y_1)\vec{j}+(z_2-z_1)\,\vec{k}}{\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y)^2+(z_2-z_1)^2}} \qquad \text{(II-11)}$$

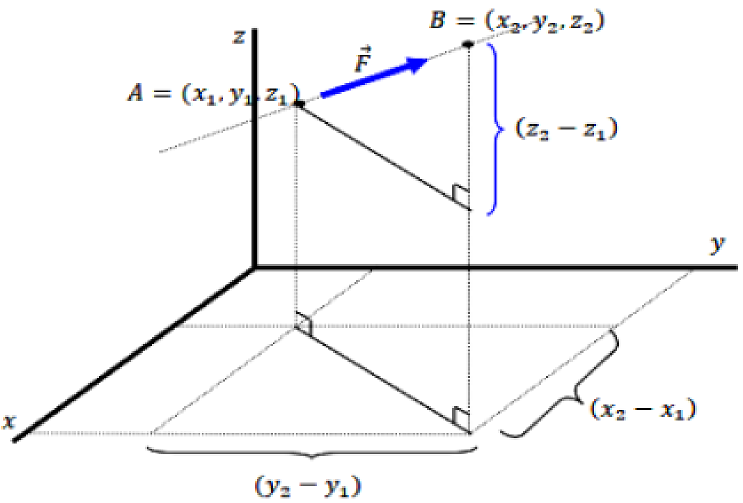


Fig.II.8. deux points sur la ligne d'action de la force.

b) **2 angles qui orientent la ligne d'action sont connues:**

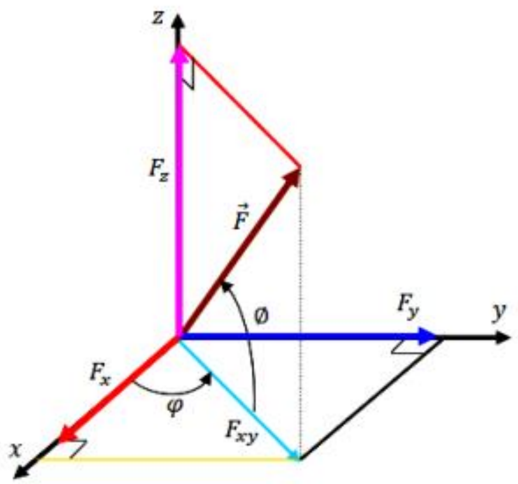


Fig.II.9. deux angles qui orientent la ligne d'action sont connues:

$$\begin{cases} F_{xy} = F\cos\emptyset \\ F_z = F\sin\emptyset \end{cases} \qquad \text{(II- 12)}$$

$$\begin{aligned} F_x &= F_{xy}\cos\varphi = F\cos\emptyset\cos\varphi \\ F_y &= F_{xy}\sin\varphi = F_{xy}\cos\emptyset\sin\varphi \end{aligned} \qquad \text{(II-13)}$$

II.6.Modèles mécanique

II.6.1.Point matériel

On appelle un point matériel, une particule matérielle dont les dimensions sont négligeables dans les conditions du problème considéré. La différence par rapport au point géométrique, réside en le fait que le point matériel est supposé contenir une certaine quantité de matière concentrée. Un point matériel jouit donc de la propriété d'inertie, et d'interactions avec d'autres points matériels.

II.6.2.Corps solide parfait

Tout corps physique se présente en mécanique comme un système de points matériels : on entend par-là un ensemble de particules matérielles qui agissent les unes sur les autres conformément au principe d'égalité de l'action et de la réaction. Par corps solide, on entend un corps dont deux points quelconques restent en toutes circonstances séparés par une distance inchangée. Autrement, le corps solide conserve une forme géométrique constante il reste indéformable.