

Chapitre 1 : Principe de La Statique

Enseignant : Dr. Noui Abdelkader

Institut des Séances de la terre et de L'univers, Université Batna 2
Batna 05078, Algérie

1. Notions fondamentales de statique

1.1 Corps solide

On appelle corps solide tout corps dont la distance de deux de ses points reste inchangée quelque soit les sollicitations extérieures subites par ce dernier.

1.2 Force

On appelle force toute cause capable de créer, de modifier le mouvement d'un corps ou de maintenir l'équilibre.

Les forces (par exemple le poids d'un corps), sont, en résistance des matériaux comme en physique traditionnelle, des *grandeurs vectorielles*. Il faut donc, chaque fois que l'on considère une force, rechercher :

- le point d'application;
- la direction (la ligne d'action);
- le sens;
- l'intensité (le module).

1.2.1 Le point d'application

Si un solide est tiré par un fil ou poussé par une tige rigide, le point d'application est le point d'attache du fil ou le point de contact de la tige.

Dans le cas du poids d'un corps, le point d'application est le centre de gravité de ce corps.

1.2.2 la direction (la ligne d'action)

Si une force s'exerce, par exemple, par l'intermédiaire d'un fil tendu, la droite d'action de la force est celle que matérialise le fil. De même, si une force est transmise par une tige rigide, cette tige matérialise la droite d'action de la force.

1.2.3 le sens

Le sens d'une force est celui du mouvement qu'elle tend à produire ; si force et mouvement sont dans le même sens la force est dite *motrice* ; dans le cas contraire, la force est dite *résistante*. Par exemple, les forces de frottement sont des forces résistantes.

1.2.4 l'intensité (le module)

L'intensité mesure la grandeur de la force. Elle s'exprime en Newton (N).

1.2.5 Force concourante

Ce sont des forces dont les droites d'action passent par le même point. La résultante R de forces concourantes est représentée vectoriellement par la diagonale du parallélogramme construit sur les vecteurs figurant ces forces.

L'abscisse du vecteur résultant est égale à la somme des abscisses des vecteurs composants. Il en est de même en ce qui concerne les ordonnées (Fig. 1).

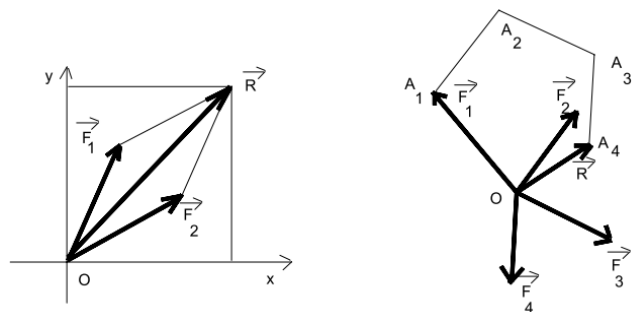


Fig. 1 Forces concourantes

Inversement, on peut décomposer une force F en deux forces composantes concourantes portées par deux axes OX et OY , en reconstituant le parallélogramme précédent.

Si un solide est soumis à plusieurs forces concourantes, on détermine la résultante de l'ensemble en construisant le *polygone des forces*. Par exemple, dans le cas de la Figure 1, à partir de l'extrémité A_1 du vecteur F_1 , on porte un vecteur $A_1 A_2$ à F_2 . À partir de A_2 , on porte un vecteur à F_3 , etc. Le vecteur OA_4 ainsi obtenu est la résultante des quatre forces F_1, F_2, F_3 et F_4 .

Nous considérerons successivement des forces opposées (supportées par le même axe), et des forces concourantes (dont les lignes d'action passent par un même point). En effet, les vecteurs qui les représentent sont des vecteurs glissants opposés, dont la somme est nulle.

L'équilibre des appuis ou des fixations amène ainsi à envisager l'existence de forces de liaison (ou de réaction) opposées aux forces de sollicitation. Par exemple, dans le cas du point d'attache B de la Figure 2, sollicité par la traction du fil, l'équilibre du système n'est possible que s'il existe, au point B , une réaction R égale, mais opposée, à la force de sollicitation F .

De la même façon, considérons un fil non pesant tendu grâce à l'action de deux forces F et F' , égales et opposées, appliquées respectivement en C et D , l'équilibre des points

C et D justifie l'existence, en ces points, de forces de liaison T et T' , égales et opposées à F et F' . L'intensité égale de ces forces T et T' mesure la *tension* du fil.

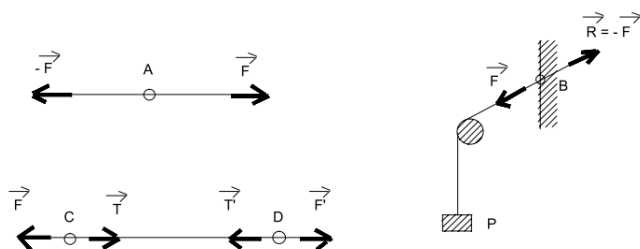


Fig. 2 Forces opposées

1.2.6 Forces parallèles

. Forces de même sens

La résultante de deux forces F_A et F_B parallèles et de même sens est une force parallèle à ces deux forces, de même sens qu'elles, et d'intensité égale à la somme de leurs intensités (Fig. 3).

$$\vec{R} = \vec{F}_A + F_B \quad (1)$$

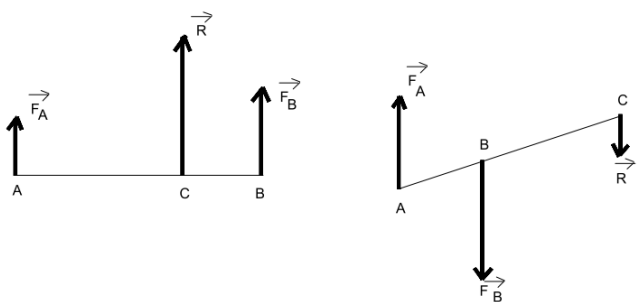


Fig. 3 Forces parallèles de même sens (à gauche) et de sens contraires (à droite)

D'autre part, le point d'application de la résultante R est un point C situé sur le segment AB , entre A et B , tel que :

$$\vec{F}_A . CA = F_B . CE \quad (2)$$

. Forces de sens contraires

Deux forces FA et FB parallèles et de sens contraires (Fig. 3) admettent une résultante R parallèle à ces forces, du sens de la plus grande, et d'intensité égale à la différence de leurs intensités :

$$\vec{R} = \vec{F}_B - F_A \quad (3)$$

D'autre part, le point d'application de la résultante R est un point C situé sur la droite AB , à l'extérieur du segment AB , du côté de la plus grande composante, et tel que :

$$\left| \vec{F}_A . CA = F_B . CB \right| \quad (4)$$

. Composition de forces parallèles

Pour composer un nombre quelconque de forces parallèles, il faut d'abord considérer toutes les forces de même sens, et on les compose deux par deux jusqu'à

trouver leur résultante en appliquant l'équation (1). Puis il faut réitérer la même opération pour toutes les forces de l'autre sens en appliquant également l'équation (1). On obtient ainsi deux résultantes partielles, parallèles et de sens contraires, auxquelles on applique l'équation (3). La résultante générale passe par un point appelé *centre des forces parallèles*.

Si les deux résultantes partielles ont la même intensité, elles constituent un *couple* de forces.

1.2.7 Types des forces selon le point d'application

Les forces appliquées aux matériaux ou construction peuvent être :

- soit des forces dites concentrées (par exemple, la réaction donnée par une articulation, ou encore l'action d'une roue d'un véhicule). Ces forces sont appliquées en réalité sur une petite surface, mais sont assimilées, le plus souvent pour le calcul, à des forces ponctuelles (Fig. 4) ;
- soit des forces dites réparties (par exemple, le poids propre d'une poutre ou la surcharge correspondant à une couche de neige) (Fig. 5).

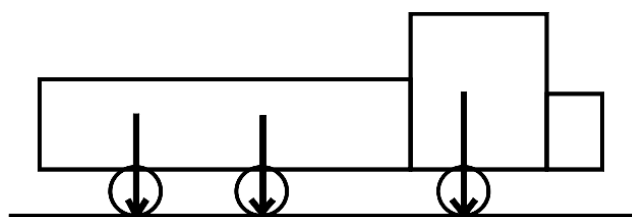


Fig. 4 Charges concentrées (ponctuelle)

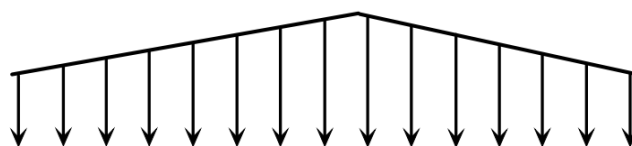


Fig. 5 Charges réparties linéaire

1.3 Moments de forces

Le moment d'une force par rapport à un point du corps mesure l'intensité de l'effet que provoque cette dernière à faire tourner le corps autour de ce point.

Le moment d'une force par rapport à un point est par définition égale au produit de l'intensité de la force F par la plus petite distance séparant le point de la ligne d'action de la force (bras de levier) (Fig. 6)

Le moment d'un système de force ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$) par rapport à un point "O" est égale au moment de leur résultante par rapport au même point.

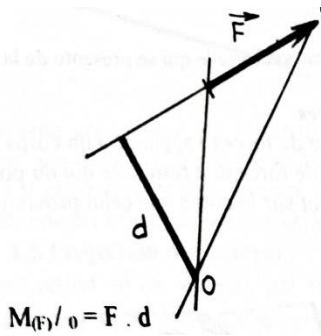


Fig. 6 Moment d'une force

2. Conditions d'équilibre d'un corps solide

2.1 Théorème

Pour qu'un corps solide soit en équilibre il faut et il suffit que la somme vectorielle de toutes les forces qui lui sont appliquées (résultante) (Fig. 7) ainsi que la somme vectorielle des moments de ces forces par rapport à un point (moment de la résultante) soient égaux à zéro.

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = 0 \quad (5)$$

$$\vec{M}_{R/O} = \sum_{i=1}^n \vec{m}_{F_i/O} = \vec{m}_{F_1/O} + \vec{m}_{F_2/O} + \dots + \vec{m}_{F_n/O} = 0 \quad (6)$$

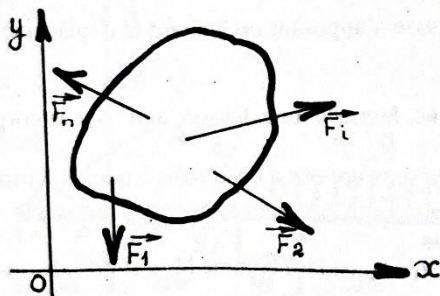


Fig. 7 Système de forces

2.2 Equation d'équilibre d'un système de forces

Pour qu'un corps sous l'action d'un système arbitraire de forces soit en équilibre, il faut et il suffit que la somme algébrique de toutes les forces sur les deux axes de coordonnées ainsi que la somme de leurs moments par rapport à ces deux axes soient égales à zéro (Eq. 7 et 8).

$$\sum F_{i/x} = \sum F_{i/y} \quad (7)$$

$$\sum M_{F_i/x} = \sum M_{F_i/y} = 0 \quad (8)$$

3. Liaisons

On appelle liaison toute cause s'opposant ou limitant le déplacement du corps.

On distingue deux types de corps : libre et lié (géné).

- Les corps libres peuvent se mouvoir dans toutes les directions ;
- Les corps liés ne peuvent se mouvoir que dans les directions bien définies.

3.1 Réaction

La réaction est la force avec laquelle une liaison agit sur le corps limitant son déplacement. La réaction est dirigée dans le sens opposé à celui dans lequel la liaison limite le déplacement du corps.

3.2 Les différents types d'appui

3.2.1 Appui simple mobile (rouleau)

Cet appui est également appelé appui glissant, appui à rouleau. Sa représentation graphique schématique peut varier mais il est plus commode d'utiliser la représentation de triangle avec un rouleau (Fig. 8). La pointe du triangle schématise le caractère ponctuel de la connexion et le rouleau matérialise la capacité de translation permise dans la direction souhaitée.

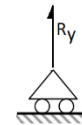


Fig. 8 Appui simple (rouleau)

3.2.2 Appui double (rotulé)

Cet appui est également appelé appui articulé offre la possibilité de rotation mais la translation est bloquée dans deux directions (Fig. 9), ce qui a pour conséquence de créer deux réactions d'appuis (selon x et y).

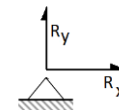


Fig. 9 Appui double (rotulé)

3.2.3 Encastrement

Cet appui ne permet aucun mouvement ou degré de liberté. Il y a donc l'apparition d'une réaction d'appui et d'un moment dit d'encastrement « M » bloquant la rotation (Fig. 10).

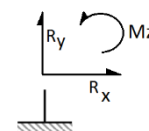


Fig. 10 Appui double (rotulé)

Chapitre 1 : Principe de La Statique