

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

Université Mohammed Boudiaf M'sila

Institut De Gestion Des Techniques  
Urbaines

Département : Architecture



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف المسيلة

معهد تسيير التقنيات الحضرية

قسم: الهندسة المعمارية

# PHYSIQUE DU BÂTIMENT

année universitaire  
2023 / 2024

# **PLAN DE COURS**

Contenu de la matière

- **Vecteurs**

- **Forces**

- **Equilibre**

- **Centres de gravité**

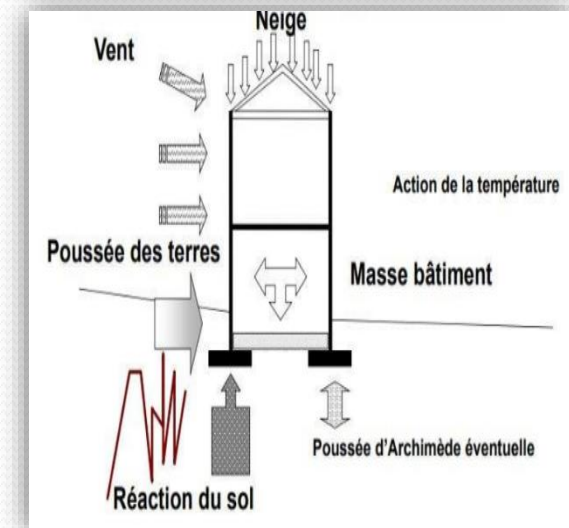
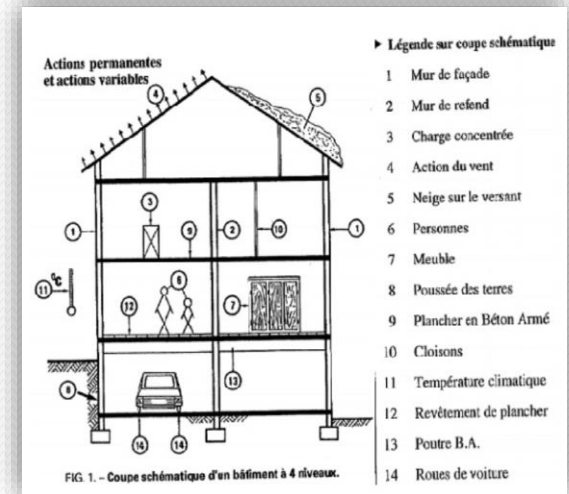
# CHAPITRE 02

## • LES FORCES

1. **Définition de force**
2. **Composition de forces coplanaires concourantes et non concourantes**
3. **Composante d'une force**
4. **Principe de glissement d'une force**
5. **Moment d'une force**
6. **Théorème de Varignon**
7. **Moment de plusieurs forces**
8. **Couple de force**
9. **Résultante de forces (solution graphique et analytique)**
10. **Forces réparties et forces concentrées**

# INTRODUCTION

Dans le domaine de l'architecture, la force se réfère généralement à la capacité d'un matériau ou d'une structure à supporter les charges qui lui sont appliquées. Cela implique de comprendre comment les différents éléments d'une construction, tels que les poutres, les colonnes et les fondations, peuvent résister aux forces gravitationnelles, aux vents, aux séismes et à d'autres contraintes. En d'autres termes, c'est la capacité d'une structure à rester stable et à maintenir son intégrité sous différentes conditions



# 1. Les forces

La force est une action qui peut pousser ou tirer sur un objet, le faisant bouger ou changer de forme. Elle est mesurée en newtons (N) et peut être causée par différentes choses comme la gravité, le magnétisme ou simplement le contact physique avec un autre objet ou sur lui-même. Elle est définie par une direction, une intensité ou une grandeur, un sens, et un point d'application. Les forces peuvent être aussi des actions réparties sur des lignes (poutre), des surfaces (plancher), des volumes (bâche à eau) : on parlera donc de densité de force.

## 1.1 Définition de force

C'est la ligne d'action de la force. Il existe une infinité de directions possibles. En pratique, et dans le bâtiment, l'on ne prend en compte que deux directions : l'horizontale et la verticale.

## 1.2. INTENSITÉ

C'est la grandeur de la force exprimée par une unité (figure 1) : le Newton : N.

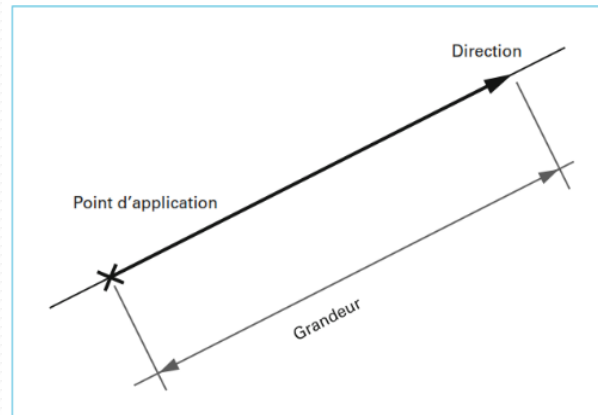


Figure 1 - Intensité des forces

## 1. – UNITÉS DE BASE

Grandeur	Désignation	Symbole
Longueur	Mètre	m
Masse	Kilogramme	kg
Temps	Seconde	s
Température	Degré Celsius	°C

## 2. – UNITÉS DÉRIVÉS DES UNITÉS DE BASE

Grandeur	Désignation ou définition	Symbole
Superficie ou surface	Mètre carré	m <sup>2</sup>
Volume	Mètre cube	m <sup>3</sup>
Masse Volumique	$\frac{\text{Masse}}{\text{Volume}}$	kg/m <sup>3</sup>
Force	Newton	N *
Pression	$\frac{\text{Force}}{\text{Surface}}$ en Newton Surface en mètre carré	N/m <sup>2</sup>

\* Nota : Un *Newton* (N) est la force qui, appliquée à un corps ayant une masse de 1 kg, lui communique une accélération de 1 mètre seconde par seconde (1 m/sec<sup>2</sup>).  
Le *décanewton* (symbole daN) vaut 10 Newtons.



## 1.3 SENS

Dans une direction donnée, il n'y a que deux sens possibles (figure 2), ce qui nous amène à définir une convention pour les directions verticales et horizontales (figure 3). Donc, par convention, on représente le sens des forces par le schéma de la figure 4

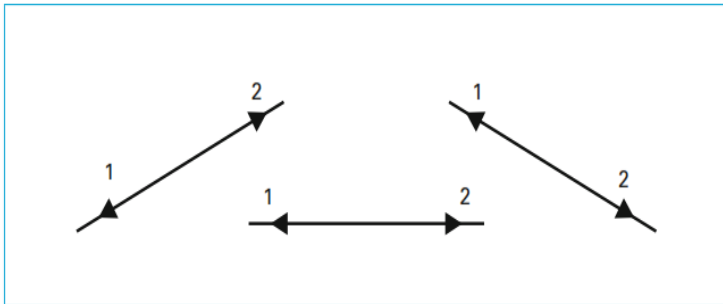


Figure 2 - Sens d'une force

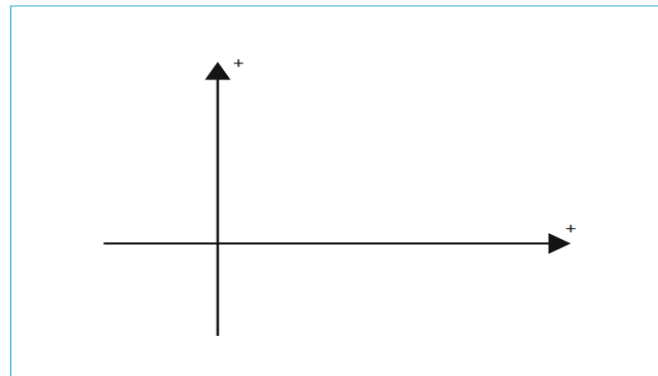


Figure 4 - Représentation conventionnelle du sens d'une force

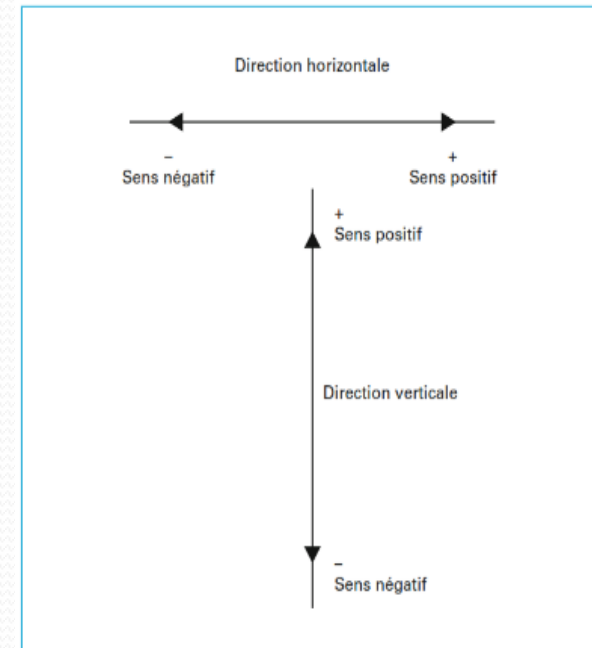


Figure 3 - Direction d'une force



## 1.4 Point D'application

Le point d'application d'une force sur un corps quelconque est le lieu fictif où cette force agit (figure 5).

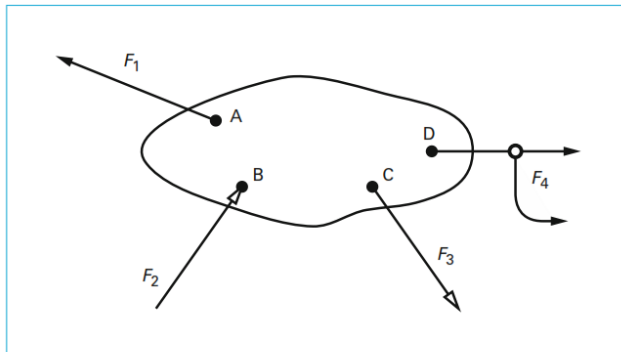


Figure 5 - Point d'application d'une force

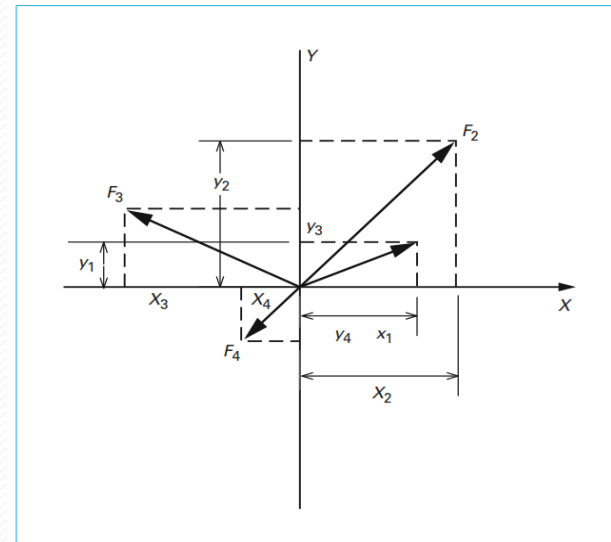
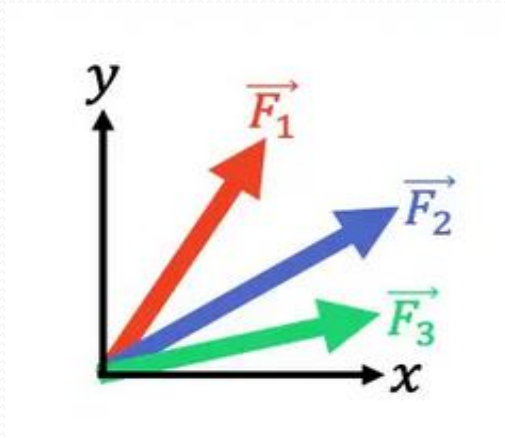
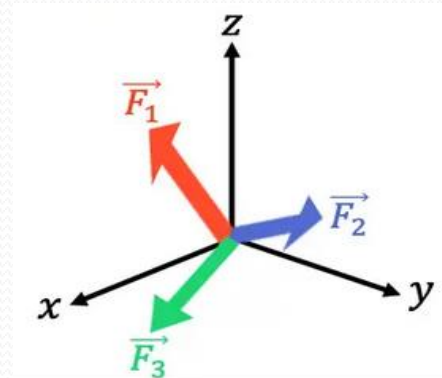


Figure - Décomposition de forces selon deux axes de coordonnées cartésiennes  $O_x$  et  $O_y$

## 2. COMPOSITION DE FORCES COPLANAIRES CONCOURANTES ET NON CONCOURANTES



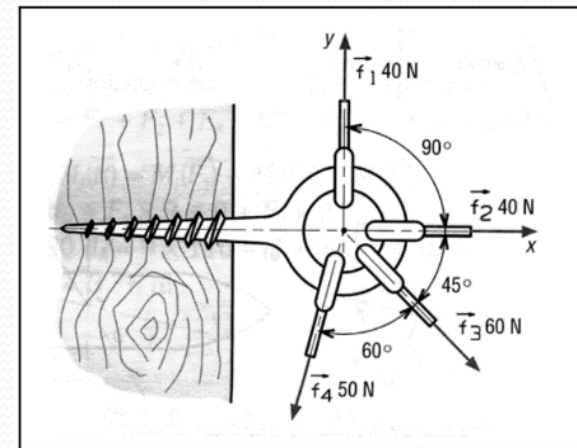
Forces coplanaires



Forces non coplanaires

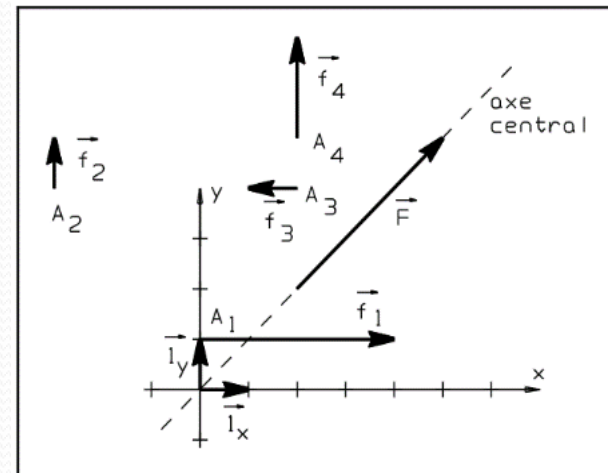
## 2.a Forces coplanaires concourantes

Ce sont des forces qui agissent dans le même plan et convergent vers un point commun. En d'autres termes, toutes ces forces se rejoignent en un seul point.



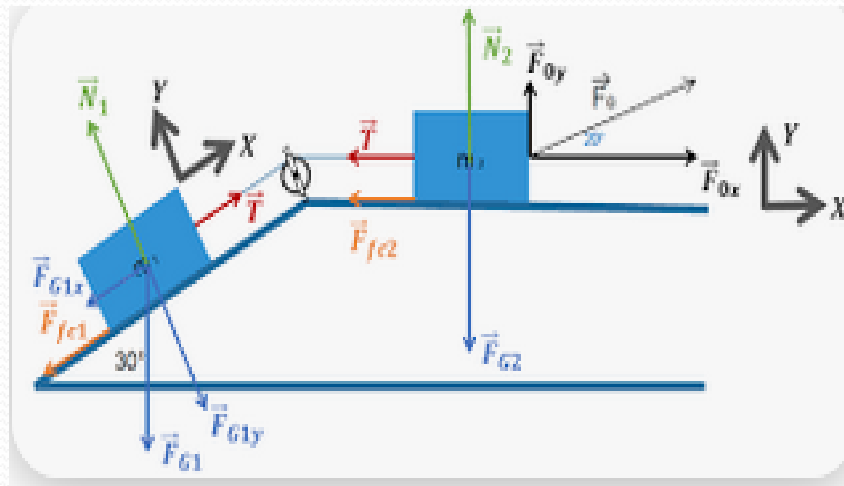
## 2.a Forces coplanaires non concourantes

Ce sont des forces qui agissent dans le même plan mais qui n'ont pas de point d'application commun. Ces forces peuvent être parallèles ou non parallèles, mais elles n'ont pas de point où elles se rejoignent



### 3. Composante d'une force

La composante d'une force est tout simplement la partie de la force qui agit dans une direction particulière. Par exemple, si vous poussez un objet incliné, la composante de votre force dans la direction vers le haut ou vers le bas est différente de celle dans la direction horizontale. C'est une façon de décomposer une force pour comprendre comment elle agit dans différentes directions.



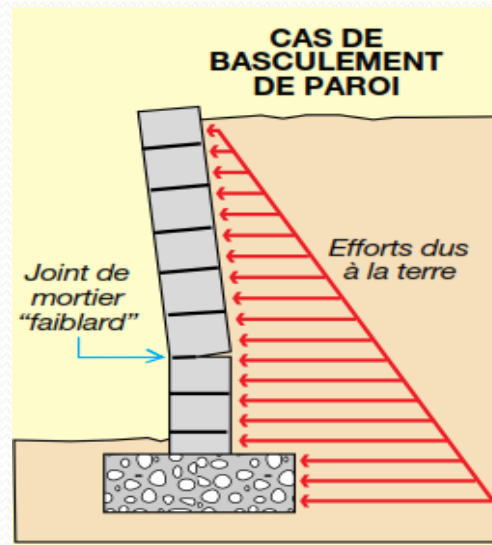
## 4. Principe de glissement d'une force

Le principe de glissement d'une force, ou principe de Coulomb, nous dit que pour qu'un objet commence à bouger (ou glisser) sur une surface, la force de frottement entre l'objet et la surface doit être égale ou inférieure à la force appliquée pour le faire bouger. Une fois que l'objet est en mouvement, la force de frottement peut être moindre, mais elle doit toujours être suffisante pour ralentir ou arrêter l'objet. En résumé, tant que la force de frottement est suffisamment grande, l'objet reste immobile ou continue de bouger à vitesse constante.

Autrement dit, si un objet est immobile ou en mouvement avec une vitesse constante, la somme de toutes les forces qui lui sont appliquées doit être égale à zéro dans toutes les directions.

Mathématiquement, cela peut être exprimé comme suit :  $\sum \vec{F} = 0$

Avec  $F$  représente la somme vectorielle de toutes les forces agissant sur l'objet.

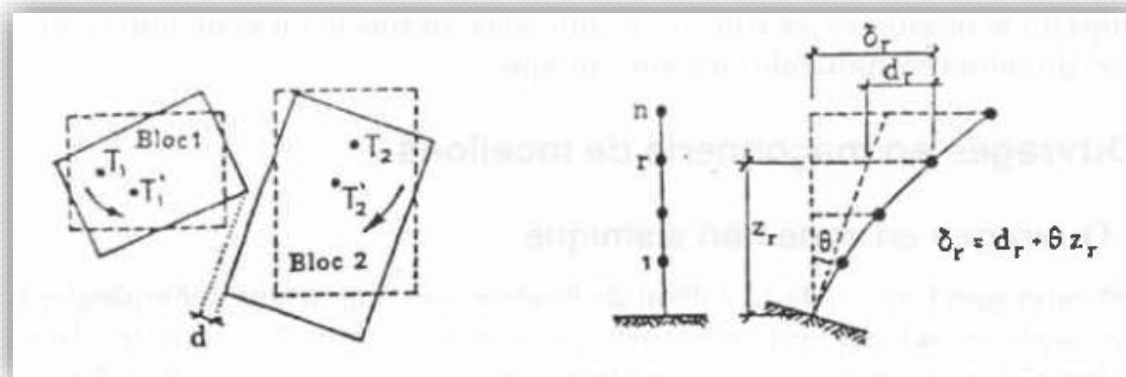




## 5. Moment d'une force

En architecture, le moment d'une force se réfère à la tendance d'une force à faire tourner une partie de la structure autour d'un point fixe. Par exemple, lorsque du vent souffle sur un bâtiment, cela crée des moments qui peuvent exercer une pression sur les murs ou les fondations. Comprendre ces moments est essentiel pour concevoir des structures stables et sécurisées.

Lors d'un séisme, le moment d'une force en architecture fait référence à la façon dont les secousses peuvent pousser ou tirer sur les parties d'un bâtiment, créant ainsi des torsions ou des rotations. Il est crucial de concevoir les bâtiments pour résister à ces forces sismiques afin de garantir leur stabilité et leur sécurité pendant et après un tremblement de terre.

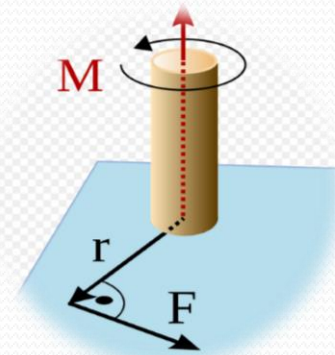


C'est le produit de l'intensité de la force par la distance du point O à la ligne d'action de la force. ( **Moment = Force × Bras de levier** )

Le moment :  $M = F \times r \times \sin(\theta)$

$$M/d = F \times r$$

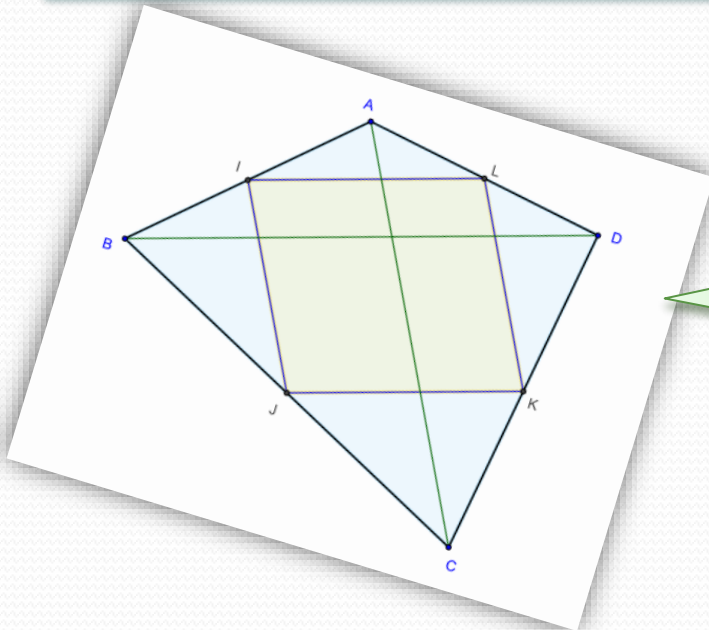
- **F** : est la force appliquée.
- **R** : est la distance entre le point d'application de la force et le point de rotation.
- **Θ** : est l'angle entre la direction de la force et le bras de levier (le bras de levier étant la distance perpendiculaire entre la ligne d'action de la force et le point de rotation).
  - ❖ L'unité SI du moment est le newton-mètre (Nm).



**Convention de signe** : on considérera comme positif le moment d'une force qui tend à faire tourner le corps auquel elle s'applique dans le sens des aiguilles d'une montre, autour du point O

## 6. Théorème de Varignon

Le théorème de Varignon (**français Pierre Varignon**) est un résultat de géométrie plane qui énonce que si vous joignez les milieux des côtés consécutifs d'un quadrilatère quelconque, vous obtenez un parallélogramme. Plus précisément, en reliant les milieux des côtés opposés d'un quadrilatère quelconque, vous obtenez un parallélogramme dont les côtés sont parallèles aux diagonales du quadrilatère initial. Il est souvent utilisé pour démontrer d'autres propriétés et théorèmes concernant les quadrilatères.



Si ABCD est un quadrilatère quelconque et I, J, K, L les milieux de ses côtés, alors IJKL est un parallélogramme

## 6.a) Moment de force et théorème de Varignon

Le théorème de Varignon dit que si vous reliez les milieux des côtés adjacents d'un quadrilatère, vous obtenez un parallélogramme. En relation avec le moment de force, cela signifie que vous pouvez utiliser les milieux des côtés d'un quadrilatère formé par des forces pour calculer le moment total de ces forces par rapport à un point. C'est une méthode pratique pour calculer les moments dans des problèmes de mécanique ou de physique.

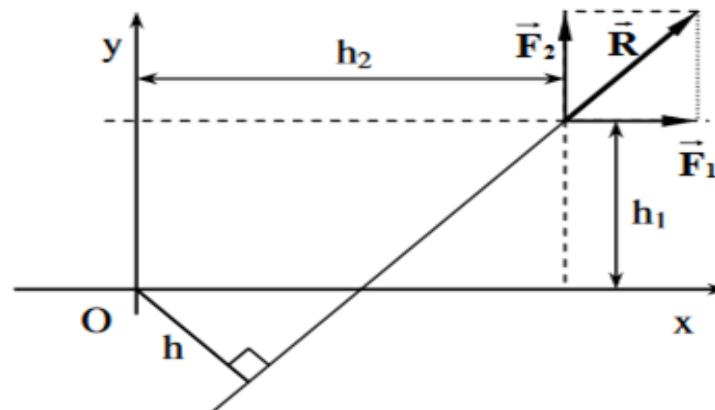
Le moment de la résultante de plusieurs forces situées dans un même plan, par rapport à un point de ce plan, est égal à la somme des moments de ces forces par rapport à ce point.

$$\text{Si } \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

$$\text{On a : } M_0^t \vec{R} = M_0^t \vec{F}_1 + M_0^t \vec{F}_2 + \dots + M_0^t \vec{F}_n$$

## Exemple

Si un système de forces plan admet une résultante unique  $\vec{R}$ , le moment de cette résultante par rapport à un point quelconque est égal à la somme algébrique des moments de toutes les forces de ce système par rapport à ce même point



$$\vec{M}_o(\vec{R}) = \sum M_o(\vec{F}_i)$$

$$M_o(\vec{R}) = M_o(\vec{F}_1) + M_o(\vec{F}_2)$$

Soit :

$$R \cdot h = F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot h_2$$

## 7. Moment de plusieurs forces

le moment de plusieurs forces est une notion importante lors de la conception de structures architecturales. Cela fait référence à la façon dont plusieurs forces appliquées sur une structure peuvent influencer sa stabilité et sa résistance.

Supposons que vous ayez  $n$  forces agissant sur un objet, notées  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , avec des distances perpendiculaires respectives  $d_1, d_2, \dots, d_n$  entre chaque force et le point de rotation. Le moment total ( $M_{\text{total}}$ ) est calculé en additionnant les moments individuels créés par chaque force :

$$M_{\text{total}} = F_1 \times d_1 + F_2 \times d_2 + \dots + F_n \times d_n$$

$$= \sum_{i=1}^n (F_i \times d_i)$$

$F_i$  : représente la valeur de chaque force.

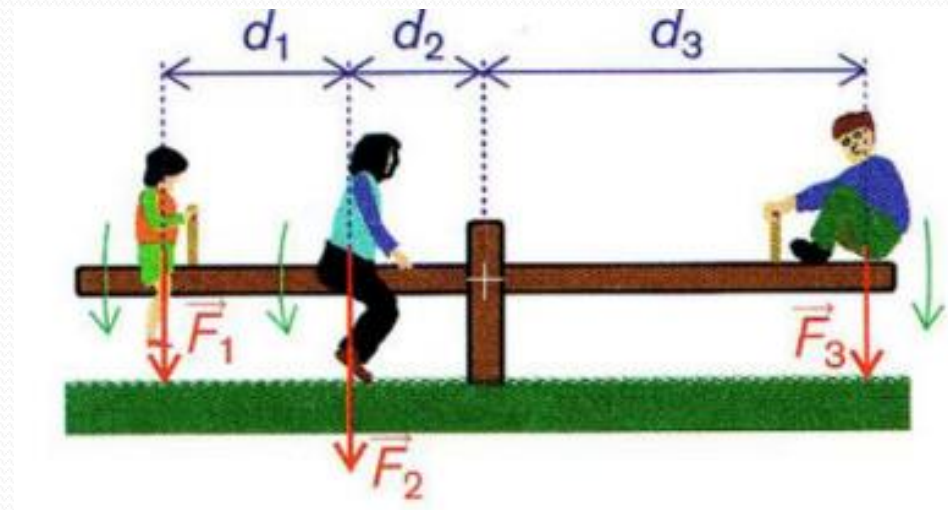
$d_i$  : représente la distance perpendiculaire entre chaque force et le point de rotation.

$n$  : est le nombre total de forces.

## 7.A Exemple

Calculez le moment du poids de chaque enfant par rapport à 'O' et vérifiez l'équilibre de la balançoire ?

Donné : Alla = (10kg,  $d_1 = 40\text{cm}$ ) ; Meryem = (20kg,  $d_2 = 20\text{cm}$ ) ; Idris = (20kg,  $d_3 = 50\text{cm}$ )





$$M(F1) = mg. (d1+d2) = 58,86 \text{ N.m,}$$

$$M(F2) = mg. (d2) = 39,24 \text{ N.m}$$

$$M(F3) = mg. (d3) = 98,10 \text{ N.m}$$

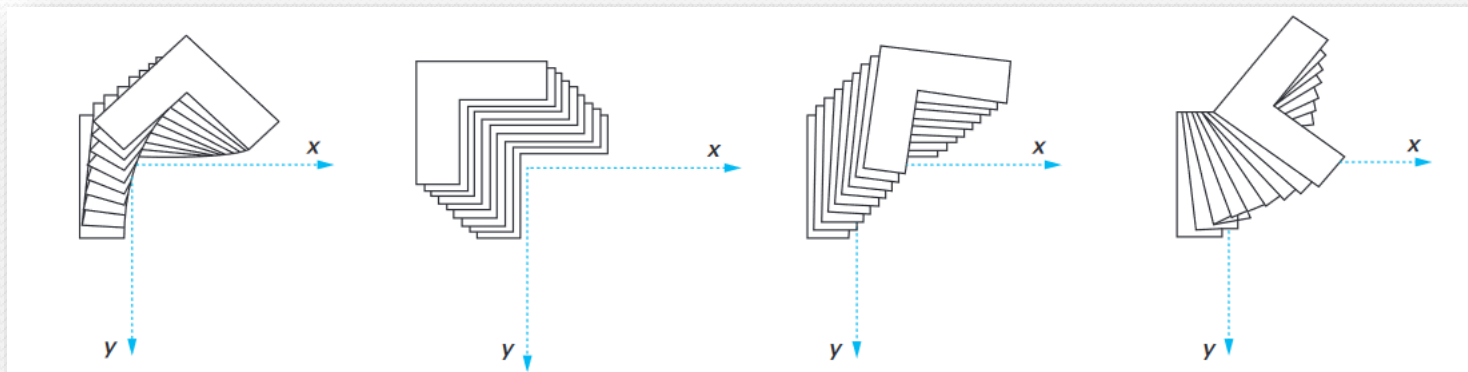
L'équilibre est assuré par

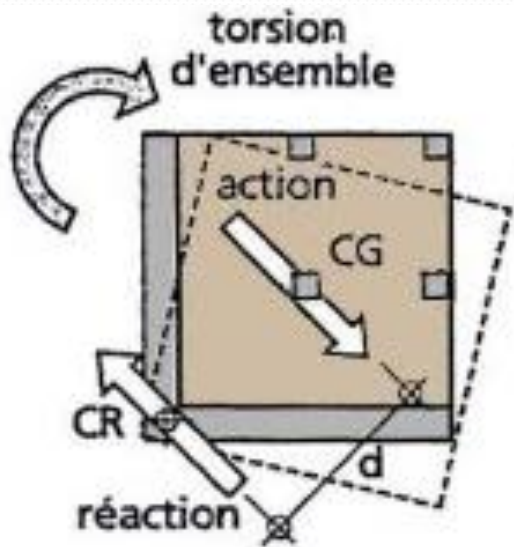
$$M1 (F1) + M2(F2) = M3(F3)$$

$$AN : 58,86 + 39,24 = 98,10 \text{ N.m}$$

## 8. Couple de force

En architecture, le concept de "couple des forces" fait référence à une paire de forces égales mais opposées agissant à des distances différentes d'un point donné. Cela crée un moment de torsion ou de rotation autour de cet axe. Comprendre ces couples est essentiel pour concevoir des structures stables et résistantes, car ils influencent la façon dont les charges externes sont supportées et réparties. Les architectes doivent tenir compte des couples des forces lors de la conception de bâtiments pour garantir leur stabilité et leur durabilité face aux diverses contraintes auxquelles ils seront exposés, telles que le vent, les charges sismiques, ou les mouvements du sol.





## 09. Résultante de forces (solution graphique et analytique)

**Solution graphique** : Dessinez chaque force à l'échelle sur un diagramme et summez-les bout à bout pour obtenir la résultante.

**Solution analytique** : Décomposez chaque force en composantes horizontales et verticales, puis summez ces composantes pour obtenir la résultante.

Ces deux méthodes permettent de trouver rapidement la résultante de forces, essentielle pour comprendre l'effet global des forces agissant sur un objet ou un système.

## 10. Forces réparties et forces concentrées

Les forces réparties et les forces concentrées sont deux types de charges rencontrées dans les applications d'ingénierie. Les forces réparties s'étendent uniformément le long d'une surface, tandis que les forces concentrées agissent en un seul point spécifique sur une structure. Comprendre ces différences est essentiel pour concevoir des structures capables de résister aux charges appliquées, que ce soit sur une étendue de surface ou en un point précis.

