

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**

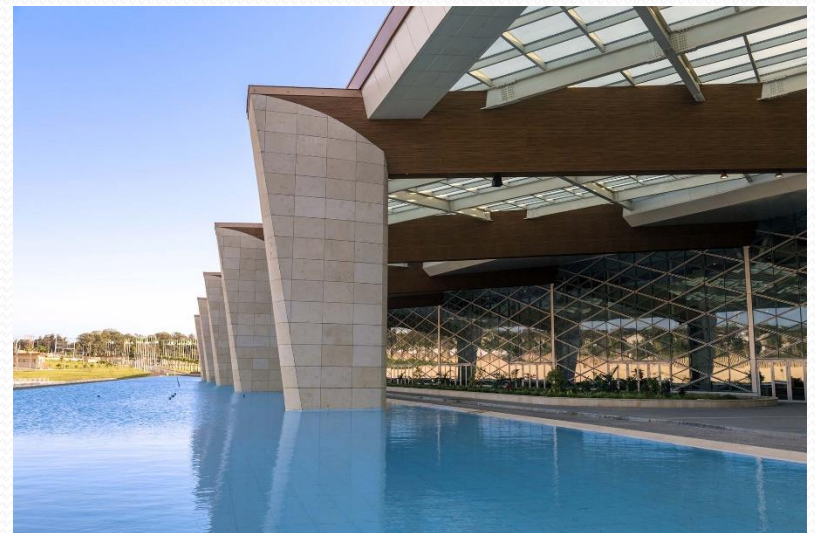
# CHAPITRE 03

## • EQUILIBRE

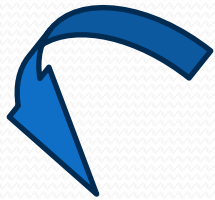
- 1. Équilibre d'une particule et d'un corps solide**
- 2. Équilibre des corps solides dans le plan**
- 3. Conditions générales d'équilibre dans le plan**
- 4. Équilibre des corps solides dans l'espace**
- 5. Conditions générales d'équilibre dans l'espace**
- 6. Les appuis : simples, articulations, encastremements**
- 7. Réactions d'appuis**

# INTRODUCTION

En architecture, l'équilibre structurel fait référence à la capacité d'un bâtiment ou d'une structure à résister aux charges qui lui sont appliquées de manière équilibrée et stable. Cela implique la conception et la disposition des éléments structuraux tels que les poteaux, les poutres, les murs et les fondations pour supporter les charges verticales et horizontales de manière adéquate. Un équilibre structurel efficace garantit la solidité, la durabilité et la sécurité du bâtiment, en évitant les déformations excessives, les ruptures ou les effondrements sous l'effet des forces externes telles que la gravité, les vents, les séismes, etc.



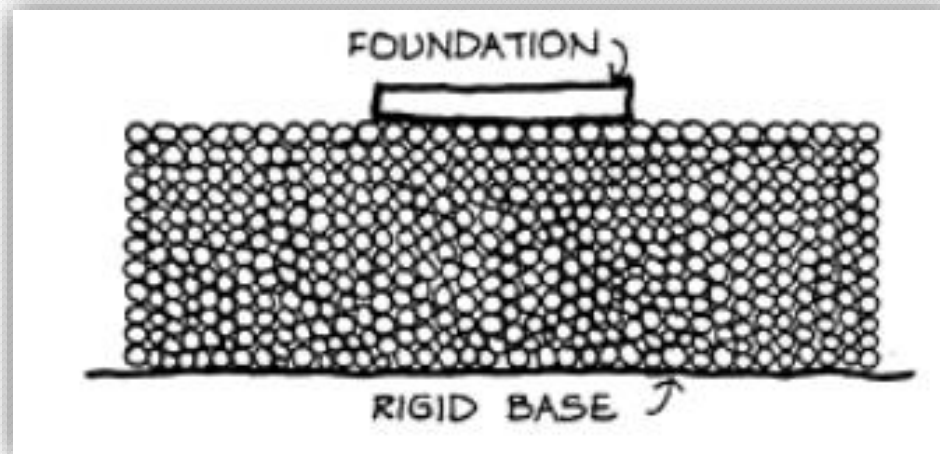




Le principe d'équilibre reste  
inchangé malgré le  
changement des techniques et  
matériaux de constructions

## 1. Équilibre d'une particule et d'un corps solide

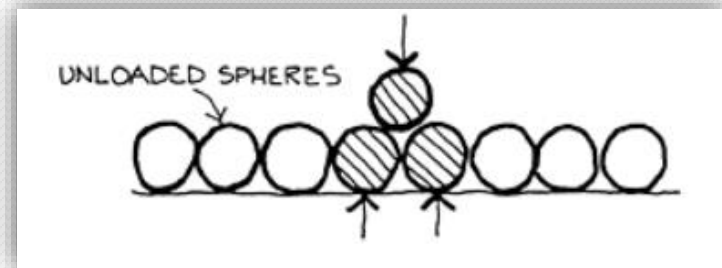
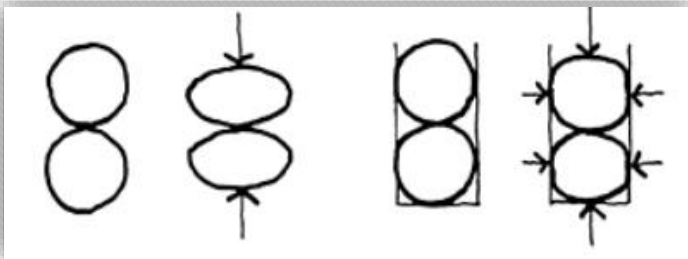
L'équilibre d'une particule et d'un corps solide fait référence à la condition dans laquelle les forces agissant sur la particule ou le corps sont équilibrées, ce qui signifie qu'il n'y a ni mouvement de translation ni mouvement de rotation. Voici les principes généraux :



## a. Équilibre d'une particule

Pour qu'une particule soit en équilibre, la somme des forces appliquées sur elle doit être nulle.

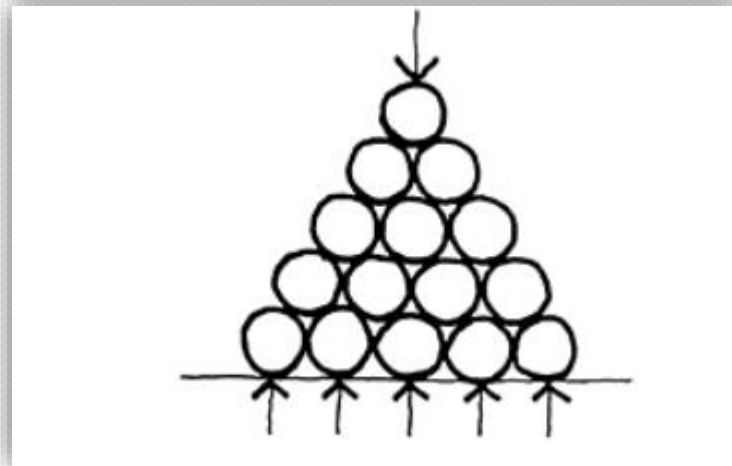
- Mathématiquement, cela se traduit par :  $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{0}$ .
- Cela signifie que les forces agissant sur la particule se compensent mutuellement, assurant qu'elle reste immobile.



## b. Équilibre d'un corps solide

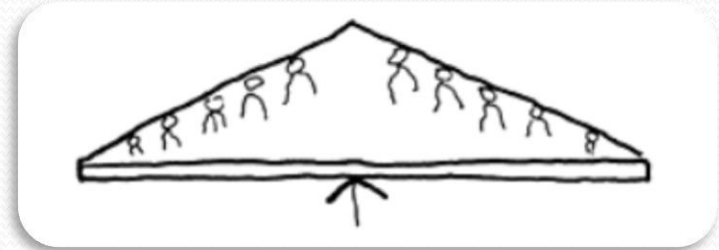
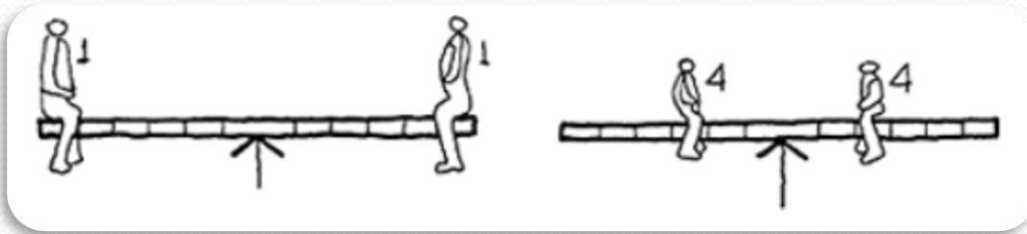
Pour qu'un corps solide soit en équilibre, il doit satisfaire deux conditions :

- La somme des forces appliquées sur lui doit être nulle, de la même manière que pour une particule.
- La somme des moments (ou torques) appliqués sur le corps par rapport à un point fixe doit également être nulle.
  - Mathématiquement, cela se traduit par :  $\Sigma F = 0$  et  $\Sigma M = 0$ .
  - Cela garantit que le corps solide reste en place et ne tourne pas autour d'un point fixe.





**En résumé**, l'équilibre d'une particule et d'un corps solide implique que les forces et les moments appliqués sur eux soient équilibrés, assurant ainsi qu'ils restent immobiles, sans mouvement de translation ou de rotation. Ces principes sont fondamentaux en physique et en ingénierie pour comprendre le comportement des objets au repos et concevoir des structures stables



## 2.Équilibre des corps solides dans le plan

L'équilibre des corps solides dans le plan signifie que les objets restent immobiles ou se déplacent en ligne droite dans un espace plat. Pour qu'un objet soit en équilibre dans ce contexte :

- La force totale agissant sur l'objet doit être nulle dans chaque direction du plan. Cela signifie que les forces qui poussent dans une direction sont équilibrées par des forces opposées dans une autre direction, maintenant l'objet en place.
- De plus, la rotation de l'objet autour d'un point spécifique dans le plan doit être empêchée. Cela garantit que l'objet ne tourne pas sur lui-même.

En respectant ces deux conditions, les architectes peuvent concevoir des structures qui maintiennent leur stabilité et leur position dans un environnement en deux dimensions.

### 3. Conditions générales d'équilibre dans le plan

les conditions générales d'équilibre dans le plan sont essentielles pour comprendre comment les objets restent stables dans un espace bidimensionnel. Voici deux principes fondamentaux :

#### **Équilibre des forces :**

- Pour qu'un objet soit en équilibre dans le plan, la somme de toutes les forces agissant sur lui doit être nulle dans chaque direction.
- Cela signifie que les forces qui poussent ou tirent dans une direction sont équilibrées par des forces opposées dans d'autres directions, empêchant ainsi tout mouvement.

#### **Équilibre des moments :**

- En plus de l'équilibre des forces, l'objet doit être stable contre la rotation autour d'un point spécifique dans le plan.
- Cela est assuré en veillant à ce que la somme des moments (ou torques) autour de ce point soit également nulle.

## 4.Équilibre des corps solides dans l'espace

Cela signifie que les bâtiments et les structures restent en place sans basculer ni se déplacer dans toutes les directions. Pour qu'un bâtiment soit en équilibre.

En comprenant et en appliquant ces principes, les étudiants en architecture peuvent concevoir des bâtiments qui sont à la fois esthétiquement plaisants et structurellement solides, créant ainsi des espaces fonctionnels et durables.



## 5. Conditions générales d'équilibre dans l'espace

Pour qu'un objet soit en équilibre dans l'espace, la somme de toutes les forces qui lui sont appliquées dans chaque direction (x, y et z) doit être égale à zéro.

En plus de l'équilibre des forces, l'objet doit être stable contre la rotation autour de chaque axe (x, y et z).

$$[T]_O = \begin{cases} \sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \\ \sum \vec{M}_{\vec{F}_{\text{ext}}/O} = \vec{0} \end{cases}$$

O est un point quelconque



## 6.LES APPUIS

Les appuis, qu'ils soient simples, articulés ou encastremements, sont des éléments fondamentaux dans la conception et l'analyse des structures. Voici une explication de chacun de ces types d'appuis :



## Appui simple:

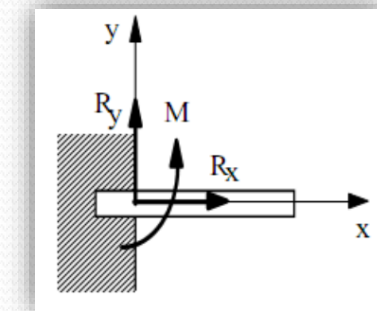
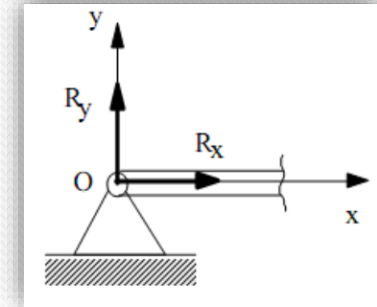
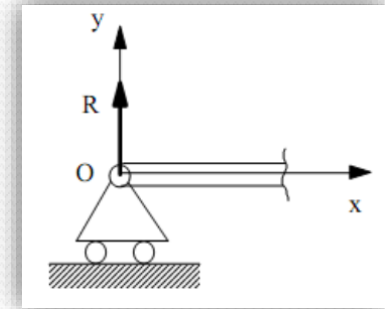
L'appui simple offre à la structure la liberté de pivoter librement autour de son point d'ancrage, souvent noté  $O$ , et de se déplacer perpendiculairement à la ligne reliant les points de contact.

## Appui double (articulation)

L'appui double, symbolisé par une rotule, permet les rotations d'une extrémité de la poutre ou d'un élément de la structure. Bien que la direction de la réaction  $R$  soit indéterminée, il est connu que sa ligne d'action passe par le centre de l'articulation.

## Encastrement

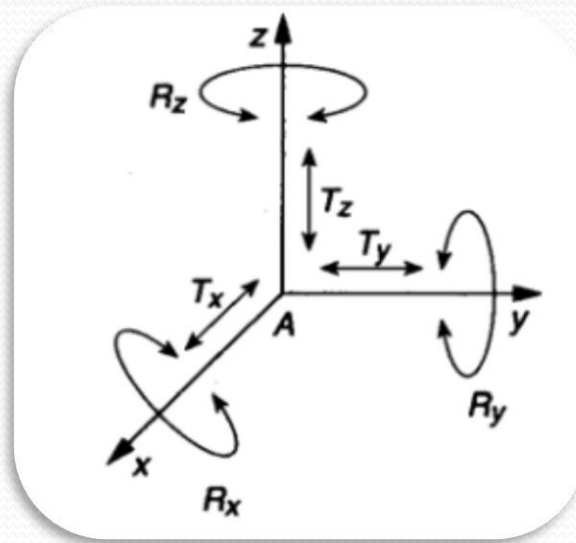
L'encastrement désigne une condition où tout déplacement de la section droite de l'appui est interdit.



# Notion de degré de liberté

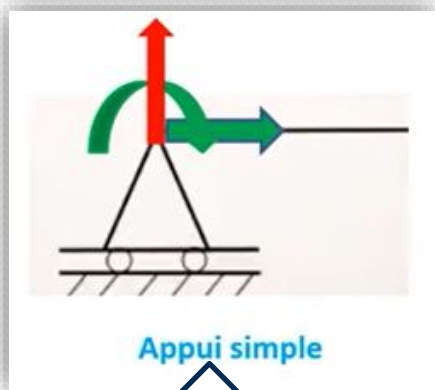
Dans l'espace, il y a 6 mouvements indépendants :

- $T_x$ , translation selon l'axe (A, x)
- $T_y$ , translation selon l'axe (A, y)
- $T_z$ , translation selon l'axe (A, z)
- $R_x$ , rotation autour de l'axe (A, x)
- $R_y$ , rotation autour de l'axe (A, y)
- $R_z$ , rotation autour de l'axe (A, z)



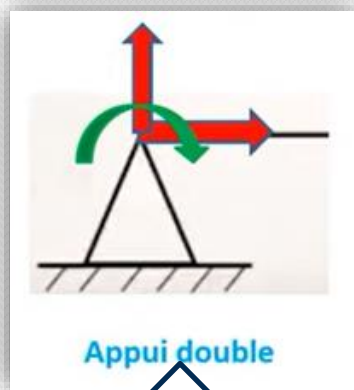
*Définition :*

*Le nombre de degré de liberté d'une liaison est le nombre de mouvements relatifs indépendants que la liaison autorise entre les deux solides*



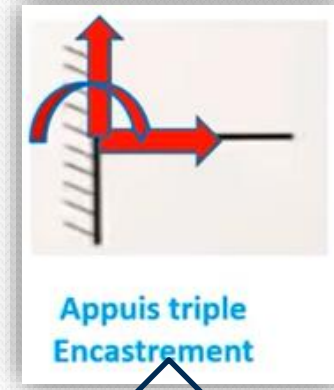
Appui simple

**Ry**  
Degré de liberté  
DDL=2



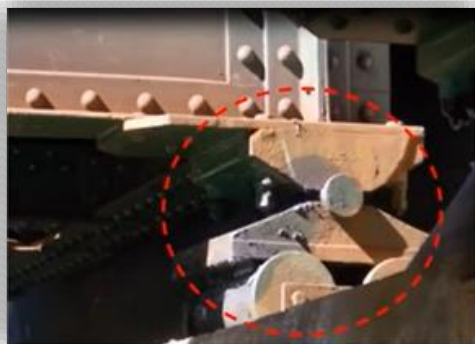
Appui double

**Rx & Ry**  
Degré de liberté  
DDL=1

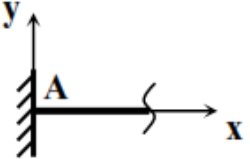
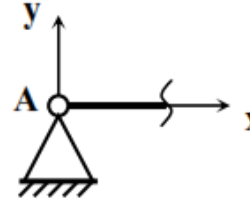
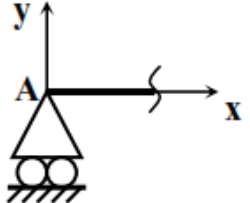
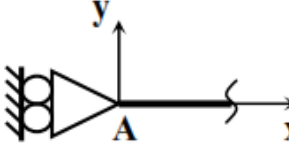


Appuis triple  
Encastrement

**Rx & Ry et M**  
Degré de liberté  
DDL=0



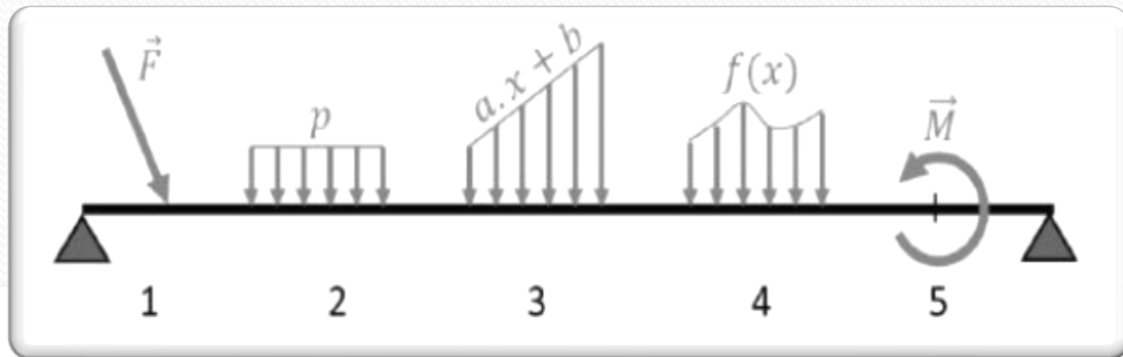
Trois liaisons sont utilisées : l'encastrement, l'articulation et l'appui simple.

Liaison	Modélisation	Mouvement(s) autorisé(s)	Nombre de degrés de liberté	Mouvement(s) empêché(s)
<b>Encastrement</b>		- - -	0	$T_x$ $T_y$ $R_z$
<b>Articulation</b>		- - $R_z$	1	$T_x$ $T_y$ -
<b>Appui simple</b>		$T_x$ - $R_z$	2	- $T_y$ -
		- $T_y$ $R_z$	2	$T_x$ - -



## 7. Réactions d'appuis

La réaction des appuis correspond aux forces et moments générés par les appuis pour contrebalancer les charges appliquées sur la structure. Ces réactions sont essentielles pour maintenir l'équilibre statique de la structure. Elles peuvent inclure des forces verticales, horizontales et latérales, ainsi que des moments de torsion ou de flexion, en fonction des conditions d'appui et des charges appliquées.



1. Force ponctuelle (en  $N$ )
2. Charge uniformément répartie  $p$  (en  $N/m$ )
3. Charge linéairement répartie  $p = a \cdot x + b$
4. Charge répartie décrite par une fonction quelconque  $f(x)$
5. Moment pur (en  $N \cdot m$ )

❖ **Force de réaction verticale (N)** : C'est la force exercée par l'appui dans la direction verticale, généralement vers le haut, pour contrebalancer le poids de la structure et des charges appliquées.

❖ **Force de réaction horizontale (N)** : Cette force agit dans la direction horizontale, souvent perpendiculaire à la surface d'appui, pour empêcher le glissement ou le déplacement latéral de la structure.

❖ **Moment de réaction (Nm)** : C'est le moment résultant de la force de réaction appliquée à une distance spécifique par rapport au point d'appui. Il peut être nécessaire pour prévenir la rotation de la structure autour de l'appui.

## ACTIONS À NE PAS OUBLIER SUR LES STRUCTURES

- charges permanentes : poids propre
- charges d'exploitation : foule, neige, vent, ...
- charges dynamiques : vent, machines, ...
- charges exceptionnelles : inondations, chocs, séismes, ...

### Exemple d'application

