

# Matériaux de construction

الشد والضغط

Traction et compression



جسر القنطرة بالأندلس  
(إسبانيا)

Bridge Alcántara

**RESISTANCE OF  
MATERIALS**

مواد البناء

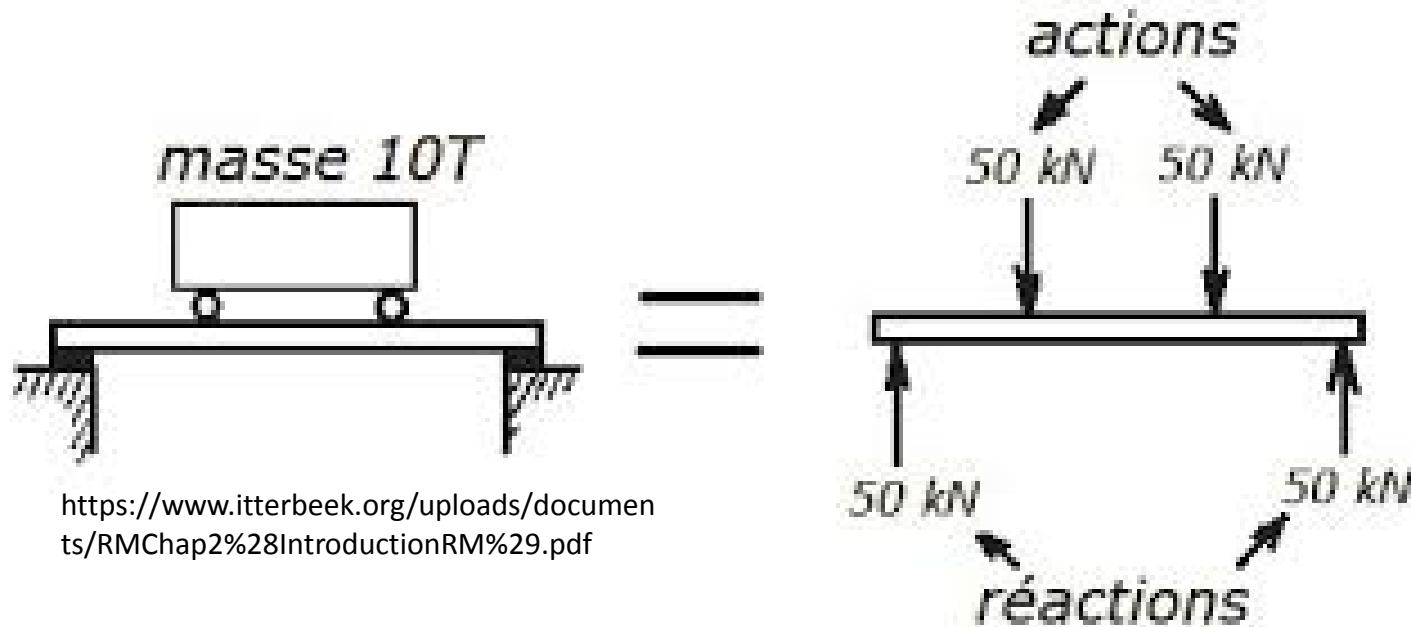
Matériaux de construction

T D MdC 5- Semestres 2

P.p.licence

نستمر في **مراجعة** بعض القوانين الأساسية ل**مقاومة المواد**

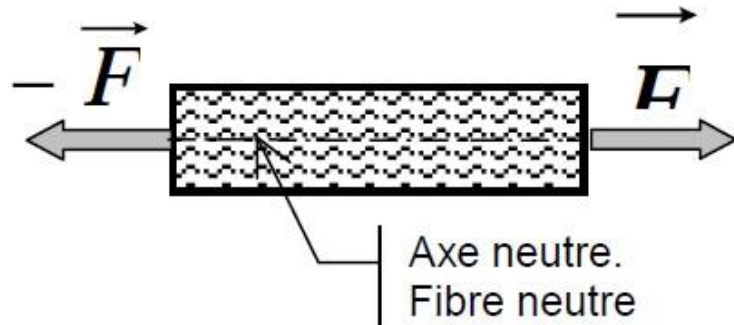
Nous continuons à revoir certaines lois fondamentales de la **résistance des matériaux**



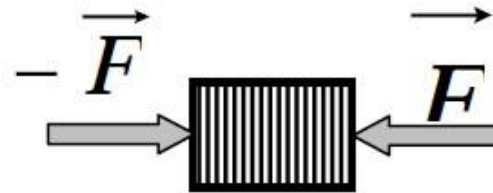


# الاجهادات المختلفة

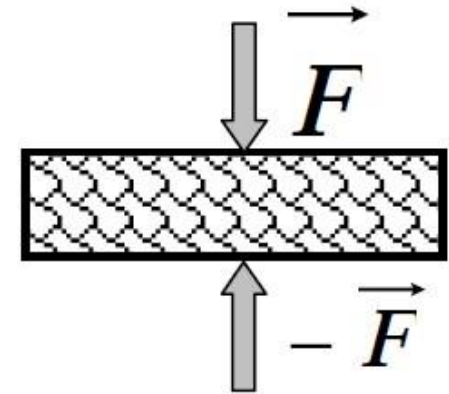
L'extension (traction) :



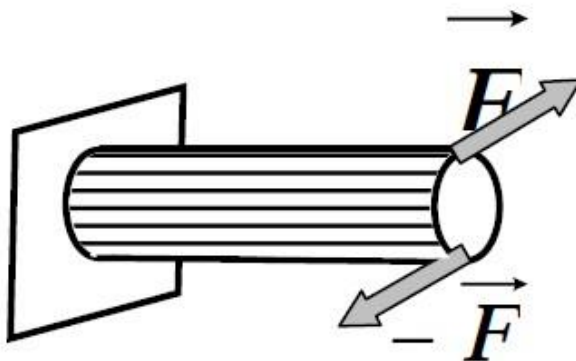
La compression (pièce courte) :



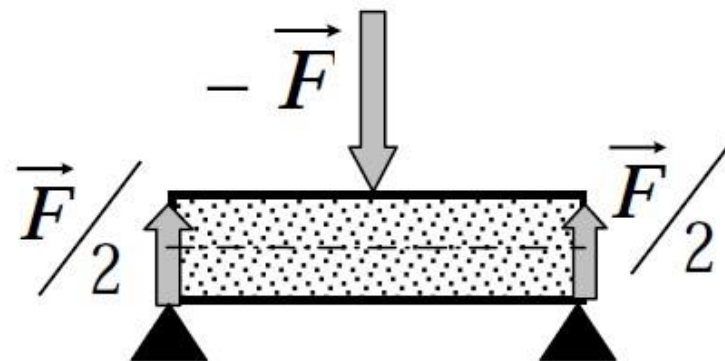
Le cisaillement :



La torsion :

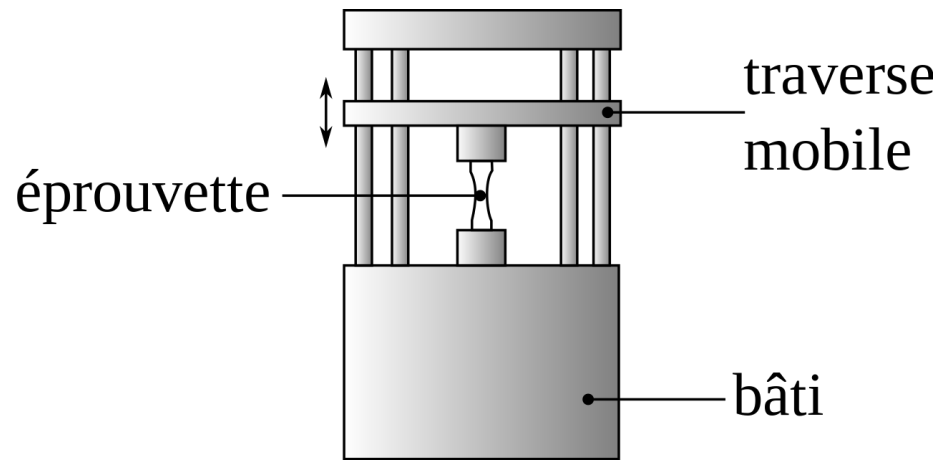


La flexion :

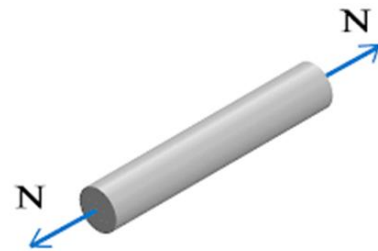


Le flambage (compression sur pièce longue) :

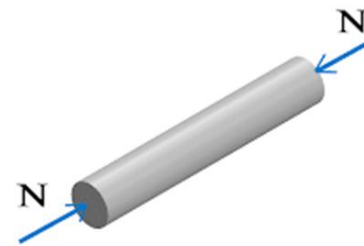




## الأجهزة المستخدمة في الاختبارات



Traction



Compression

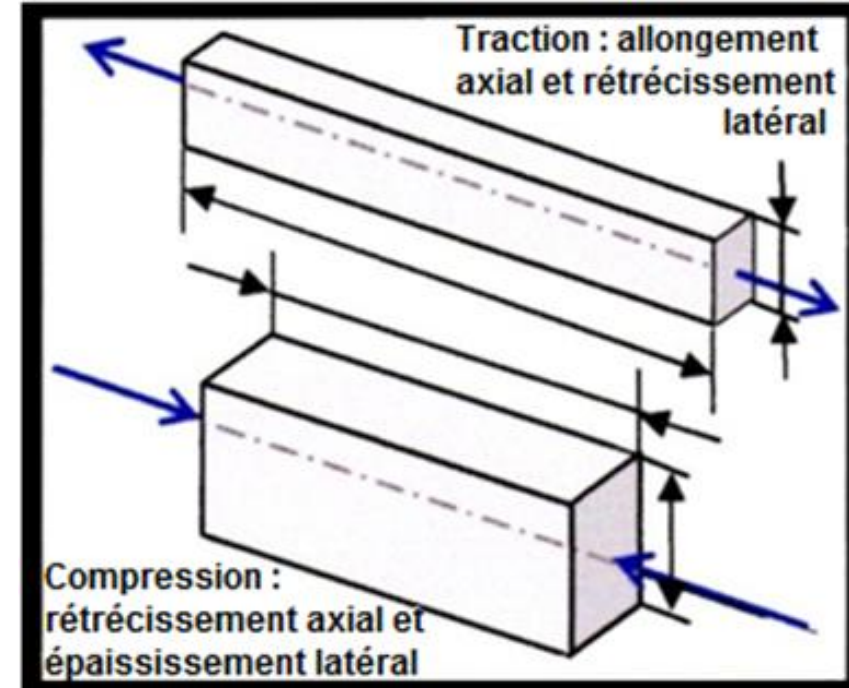
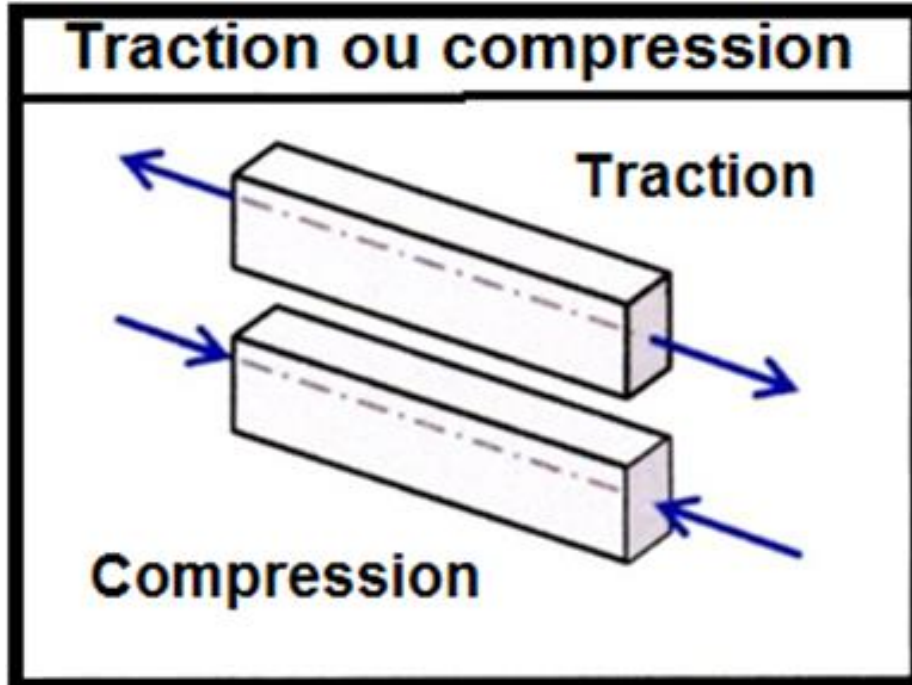


# الشّد والضّغط - Traction et compression

La traction-compression est un type de contrainte dans laquelle se produit que l'effort normal (N) dans la section transversale de la tige.

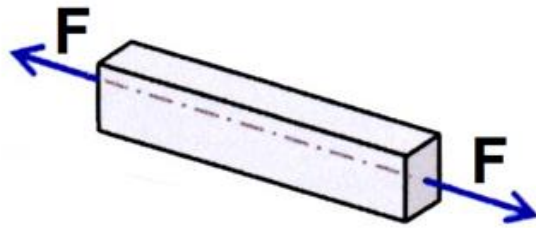
Toutes les autres forces internes sont égales à zéro.

الإجهاد في حالتي الشّد والضّغط هو نوع من التشوّه بحيث تظهر في المقاطع العرضية للعارضة القوة الناضمية فقط. جميع القوى الأخرى الداخلية معدومة.

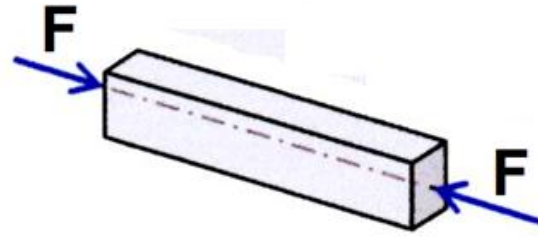


## Résistance

La résistance est la force maximale que peut supporter une pièce par unité de surface sans casser.



a : traction ou extension



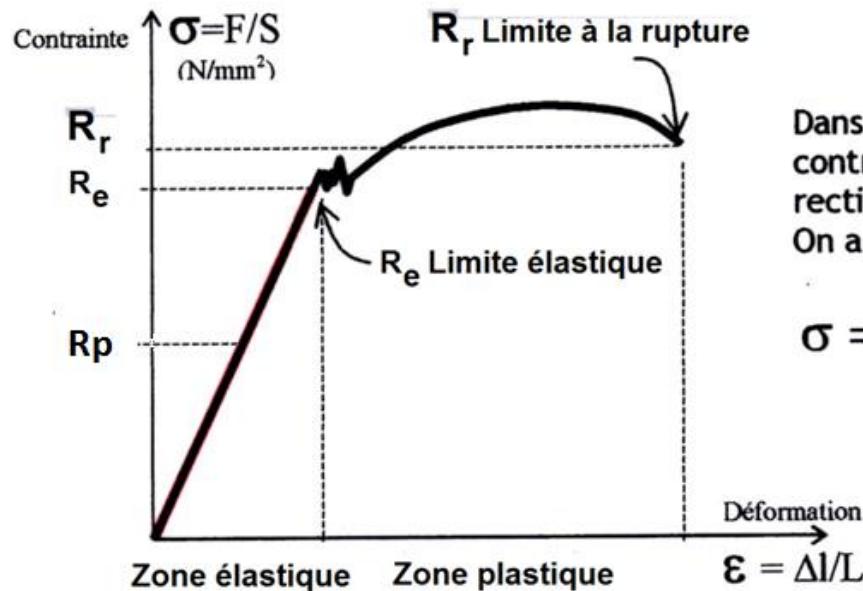
b : compression

Type de contraintes : Normales :  $\sigma$

$\sigma > 0 \rightarrow$  traction

$\sigma < 0 \rightarrow$  compression

Relation contrainte - déformation :



Dans la zone élastique la courbe contrainte / déformation est rectiligne.

On a donc :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{\Delta L}{L}$$

Avec E - module d'élasticité longitudinal ou module de YOUNG — exemple :  $E = 2,1 \times 10^5$  MPa

## Module d'YOUNG

Aciers	17 000 à 28 000 daN/mm <sup>2</sup>
Cuivre	12 600 daN/mm <sup>2</sup>
Aciers de construction	20 000 à 22 000 daN/mm <sup>2</sup>
Titane	10 500 daN/mm <sup>2</sup>
Bronze	10 000 à 12 000 daN/mm <sup>2</sup>
Fonte	10 000 daN/mm <sup>2</sup>
Verre	7 000 à 7 500 daN/mm <sup>2</sup>
Laiton	9 200 daN/mm <sup>2</sup>
Zinc	8 000 daN/mm <sup>2</sup>
Alliage d'aluminium	7 000 à 7 500 daN/mm <sup>2</sup>
Magnésium	4 500 daN/mm <sup>2</sup>
Béton	2 000 daN/mm <sup>2</sup>
Bois	1 000 à 3 000 daN/mm <sup>2</sup>
Caoutchouc	0.75 daN/mm <sup>2</sup>
Cuir	25 daN/mm <sup>2</sup>
Etain	4 000 daN/mm <sup>2</sup>
Elastomère	0.3 daN/mm <sup>2</sup>

## بعض الأمثلة لمعايير المرونة ( E )

Quelques exemples de  
module d'élasticité  
longitudinal (E)



$$\text{Contrainte} = \frac{\text{Force}}{\text{Aire (surface)}}$$

force en newton N  
surface en mm<sup>2</sup>  
contrainte en N/mm<sup>2</sup> ou MPa

A : aire

1.  $\sigma = \frac{F}{A}$

2.  $\sigma = E \cdot \varepsilon$   
Loi de Hooke

3.  $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

4.  $\sigma = E \cdot \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow \frac{F}{A} = E \cdot \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow \Delta L = \frac{F \cdot L}{A \cdot E}$

$\sigma_{\max} \leq R_p$

$R_p = \frac{R_e}{e}$

**Limite à ne pas dépasser : « Condition de résistance »**

**R<sub>p</sub> - résistance pratique**

**R<sub>pe</sub> - résistance pratique à l'extension en N/mm<sup>2</sup> ou MPa (R<sub>pc</sub> dans le cas de la compression).**

**R<sub>e</sub> - résistance élastique à l'extension en N/mm<sup>2</sup> ou MPa**

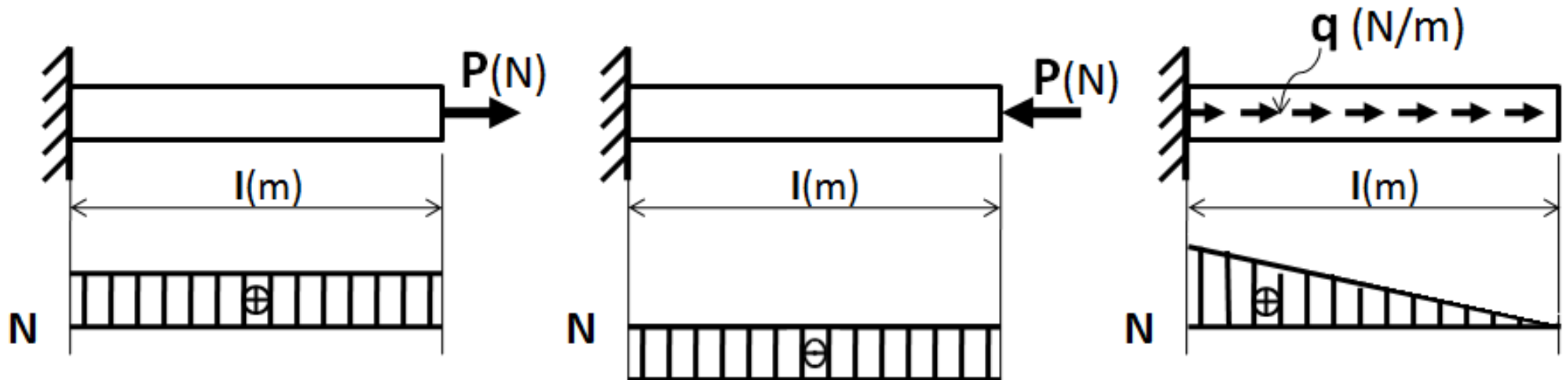
**e - coefficient de sécurité sans unité**



# الرسوم البيانية للإجهادات الداخلية في حالة الشد - الضغط

## Les diagrammes des efforts internes traction-compression

- الرد الفعل  $R$  يحدد ويعطى باتجاهه على طول المحور  $X$ .
  - إنشاء مخططات للقوة الناعمية (الطولية)  $N$ .
- La réaction  $R$  de soutien, est donnée par sa direction le long de l'axe  $x$ .
- Construction des diagrammes des efforts longitudinaux  $N$ .



# Exercices d'applications : 1.

المقطع I  
 $\sum Z = 0$   
 $-N_1 + 6P = 0$   
 $N_1 = 6P$

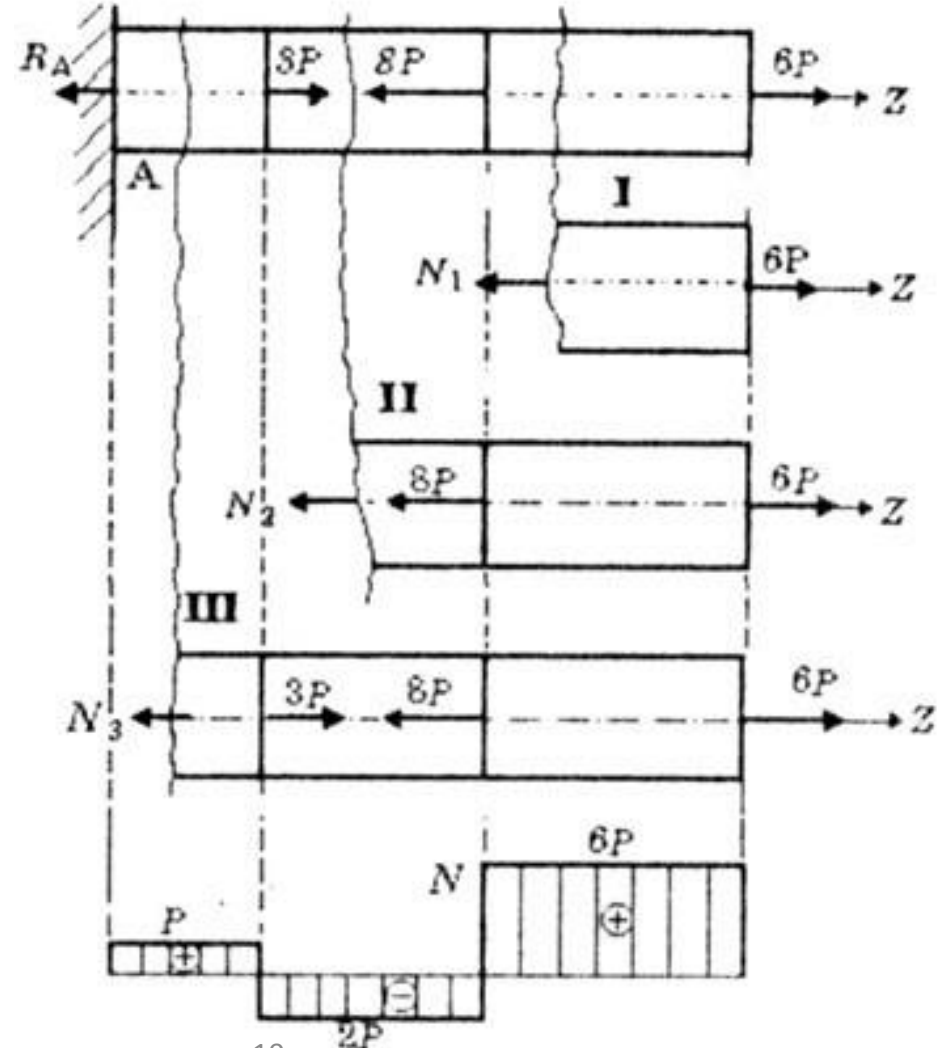
المقطع II  
 $\sum Z = 0 \quad -N_2 - 8P + 6P = 0$   
 $N_2 = -2P$   
 $-N_2$  في الاتجاه المعاكس

المقطع III  
 $\sum Z = 0 \quad -N_3 + 3P - 8P + 6P = 0 \quad N_3 = P$

• من الأسهل حل التمرين من جهة الطرف الحر، ثم العثور على رد فعل  $R_A$  في المسند الموثوق.

- Il est plus facile de choisir les sections du côté de l'extrémité libre, et ensuite trouver la réaction.  $R_A = P$ .

$$\sum Z = 0 \quad (-R_A + 3P - 8P + 6P = 0; R_A = P)$$



## Exercices d'applications : 2.

Traction-  
compression  
الشّد والضّغط

$$\sum P_{ix} = R + ql - P = 0$$

$$R = P - ql = 2ql - ql = ql$$

$$1. \sum P_{ix} = N_1 + R = 0$$

$$N_1 = -R = -ql$$

$$l \leq x_2 \leq 2l$$

$$2. \sum P_{ix} = N_2 + R - P + q(x_2 - l) = 0$$

$$N_2 = P - R - q(x_2 - l)$$

$$N_2(l) = P - R = 2ql - ql = ql$$

$$N_2(2l) = P - R - ql = 2ql - ql - ql = 0$$

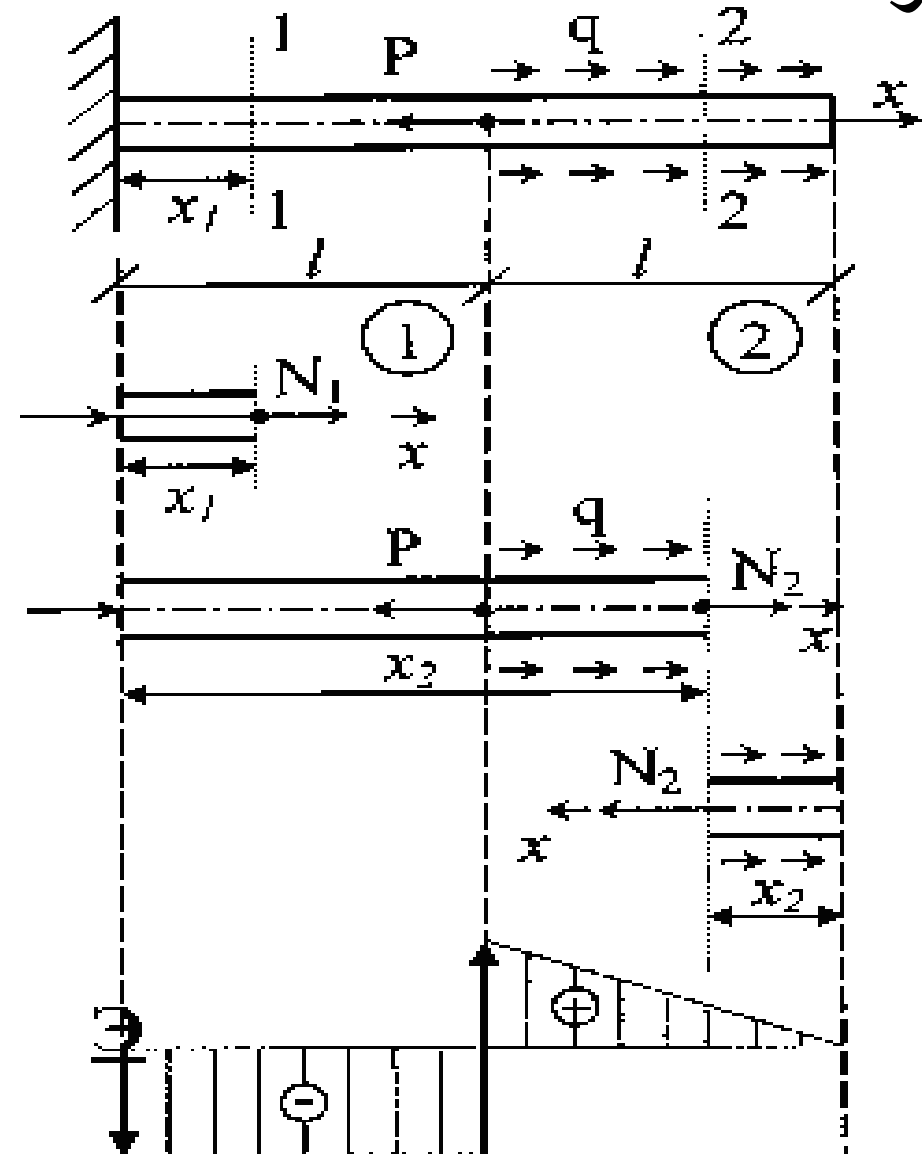
$$3. \sum P_{ix} = N_2 - qx_2 = 0$$

$$N_2 = qx_2$$

$$0 \leq x_2 \leq l$$

$$N_2(0) = 0$$

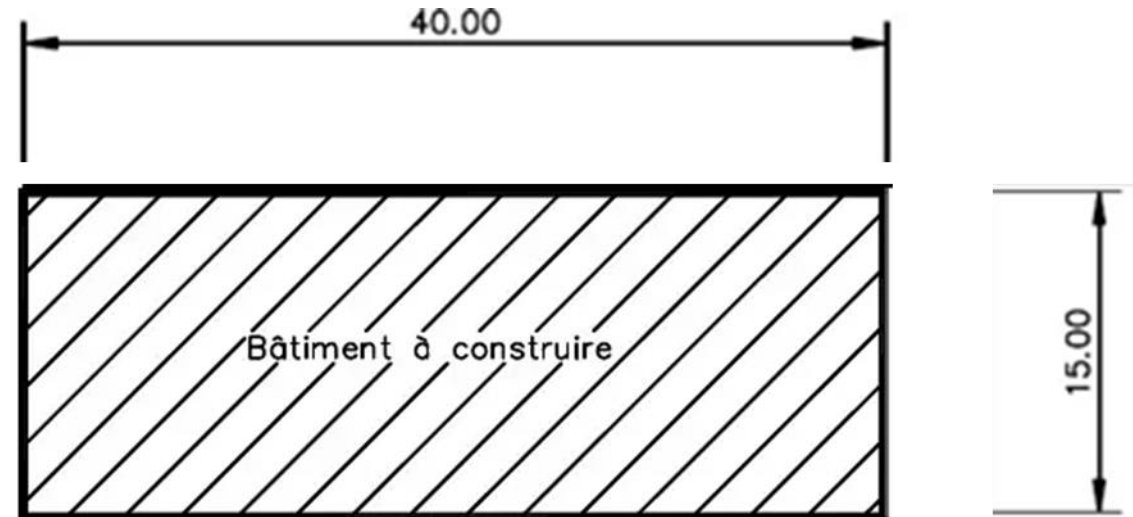
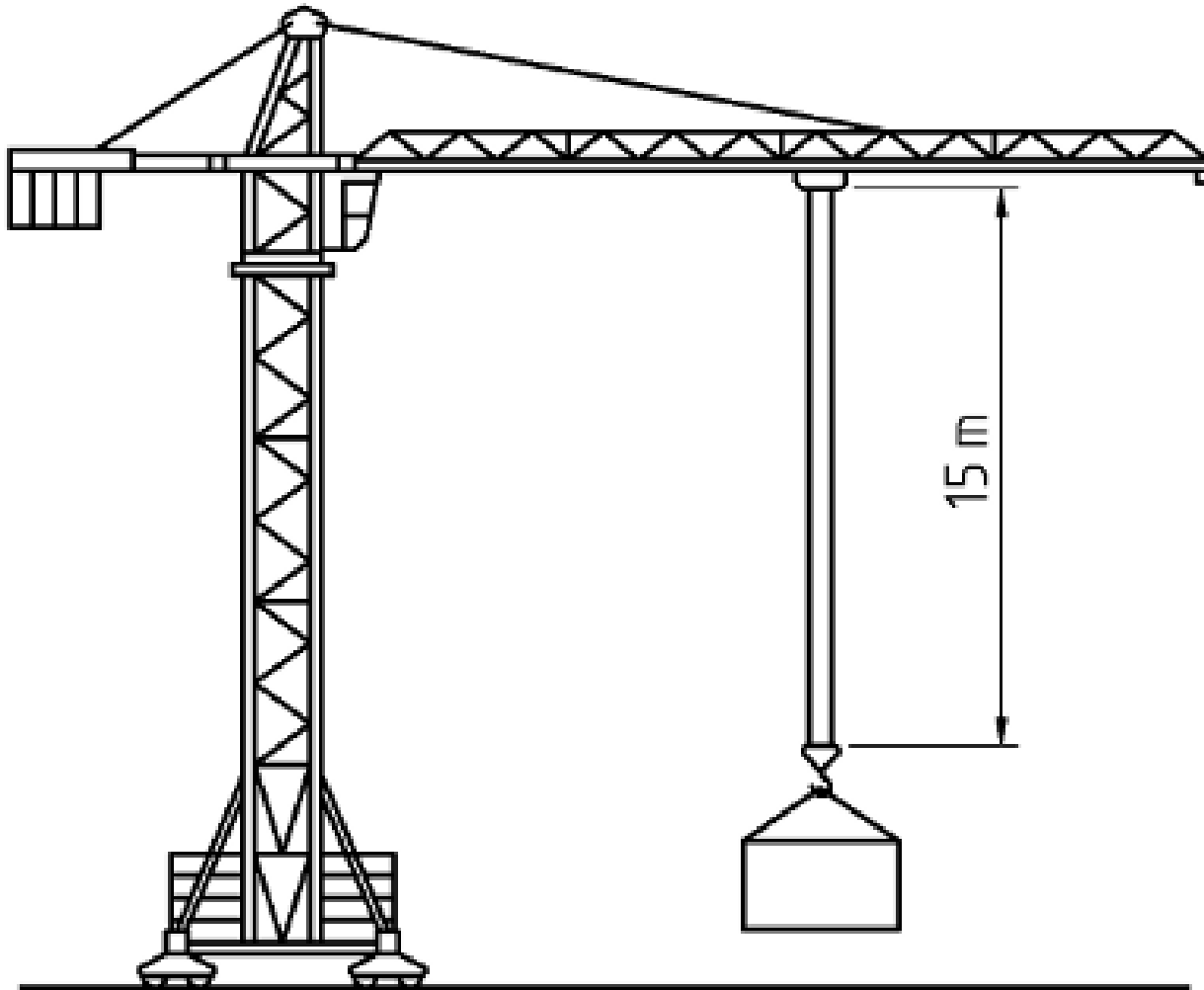
$$N_2(l) = ql$$



**Exercices:**

تمارين في موقع البناء

## Exercices en installation chantier



Caractéristiques de la grue utilisée :

Puissance du moteur de levage : 10 kW

Longueur de la flèche : 20 m

Hauteur de la flèche : 25 m

Moment maximal de la charge en bout de flèche : 157 kNm





جسر في شرق البوسنة والهرسك  
Bridge in eastern Bosnia and Herzegovina

شكرا لاهتمامكم



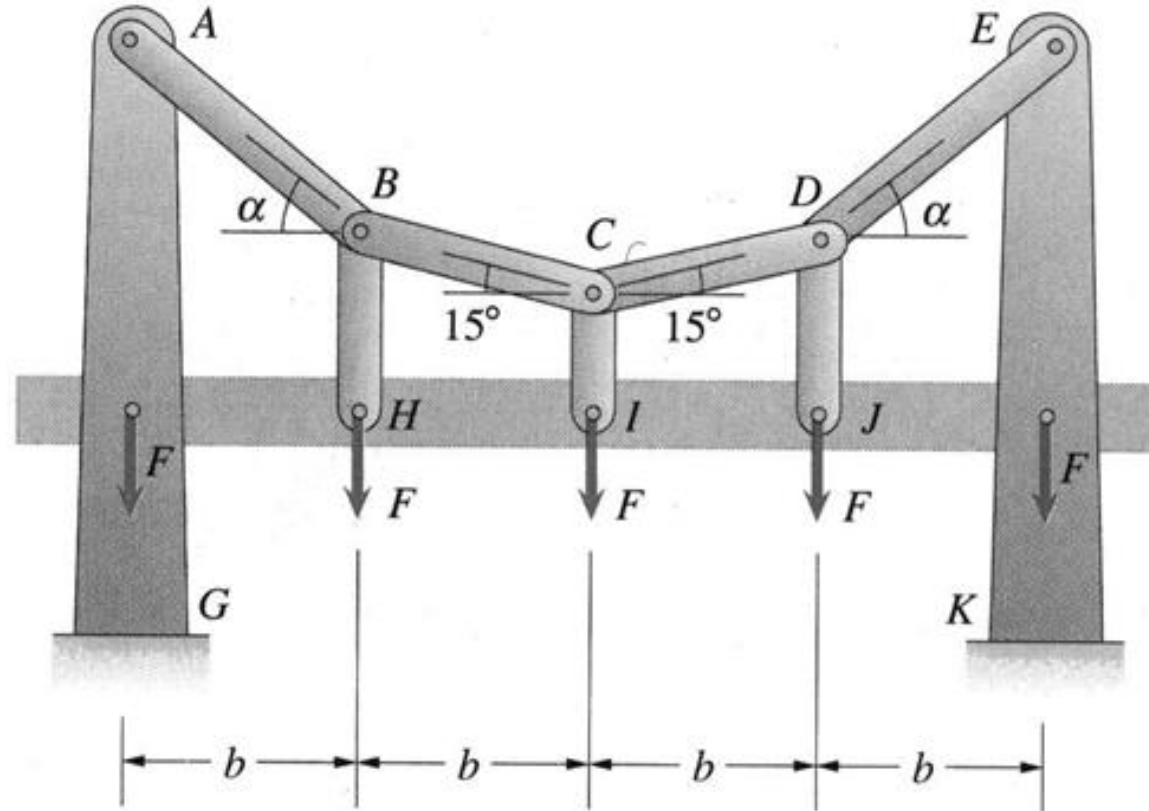
# RESISTANCE OF MATERIALS

Résistance à la flexion des poutres.

مواد البناء

Matériaux de construction  
TD MdC 5- Semestres 2  
P.p.licence

نتابع الدراسة الموجزة لبعض القوانين الأساسية لمقاومة المواد (RDM) اللازمة للتدريب العملي في مقياس مواد البناء..



# احد أشهر الحوادث الكبيرة في الهندسة الفنية.

## L'un des accidents les plus célèbres en ouvrage d'art

Le **pont suspendu** « Tacoma Narrows Bridge », **Washington** États-Unis. Inauguré le **1er juillet 1940**, il s'effondre le **7 novembre 1940**. Lors de la rupture de l'ouvrage, la vitesse du **vent** était d'environ **65 km/h**. Des oscillations de grande amplitude en torsion sont apparues à 10 h, menant à l'effondrement du pont à 11 h 10. Le pont avait été dimensionné pour résister au vent, mais en ne tenant compte que des **effets statiques**<sup>1</sup>. En raison du couplage aéroélastique, si la vitesse moyenne du **vent** est suffisamment élevée, au-dessus de ce que l'on appelle la « **vitesse critique** », le pont est instable, et l'oscillation initiale s'amplifie. L'**énergie se transfère** alors du vent **vers le pont**. Ce mécanisme n'était connu en 1940 que pour les ailes d'avion pas pour la conception des ponts suspendus...



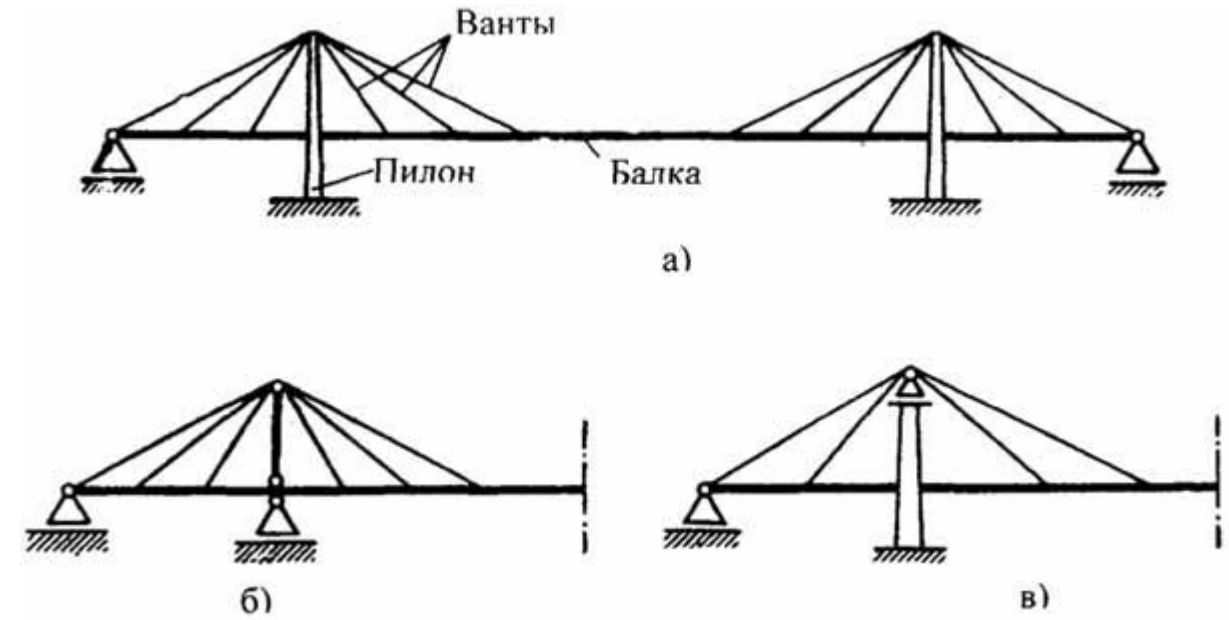


# ouvrage d'art / المنشآت الفنية

بشكل عام ، يتم تعليق هذه الجسور بكابلات (أحبال) فولاذية

pont suspendu

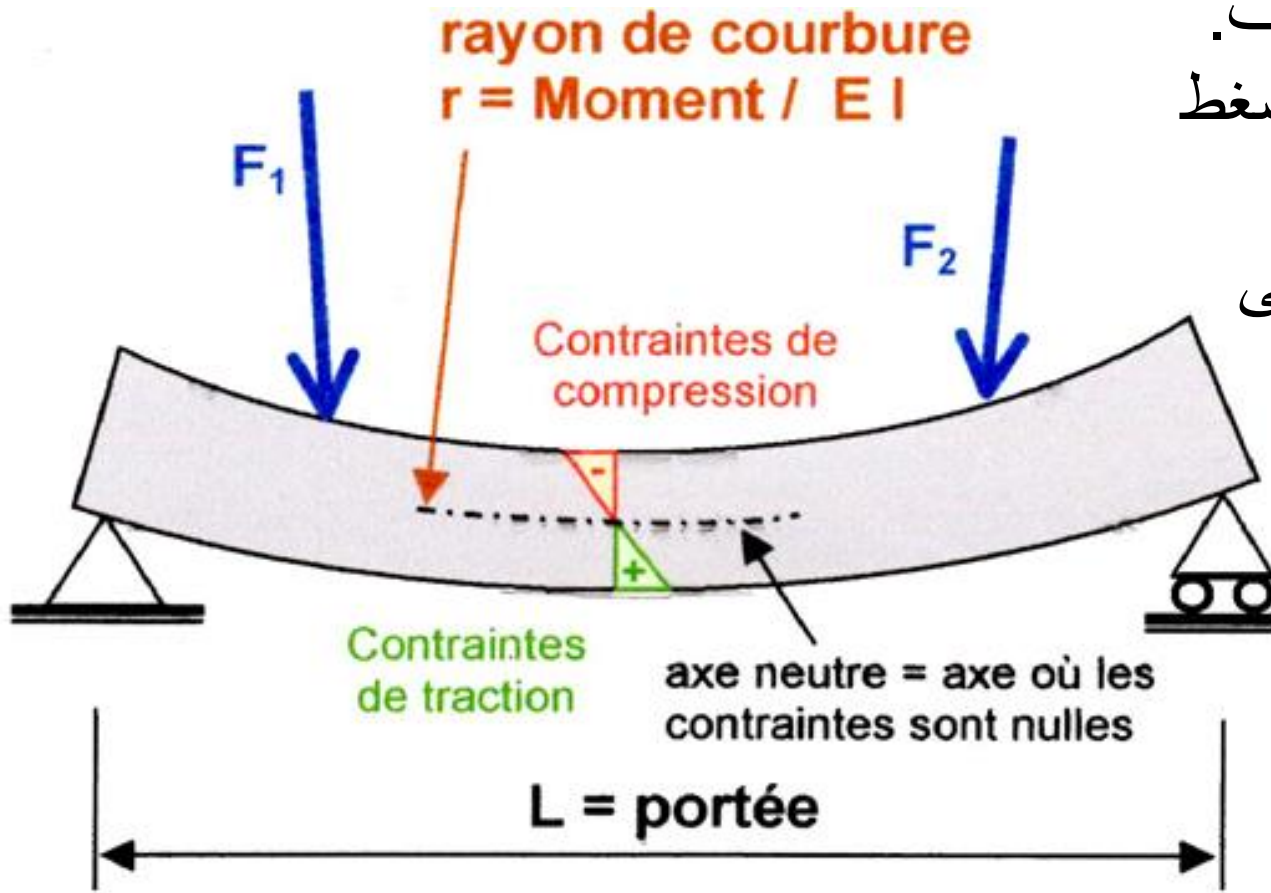
Pont à haubans



Cable-stayed bridge    جسر معلق بأسلاك فولاذية

# اجهادات عمودية بسبب قوى او عزم الانحناء

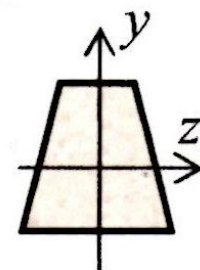
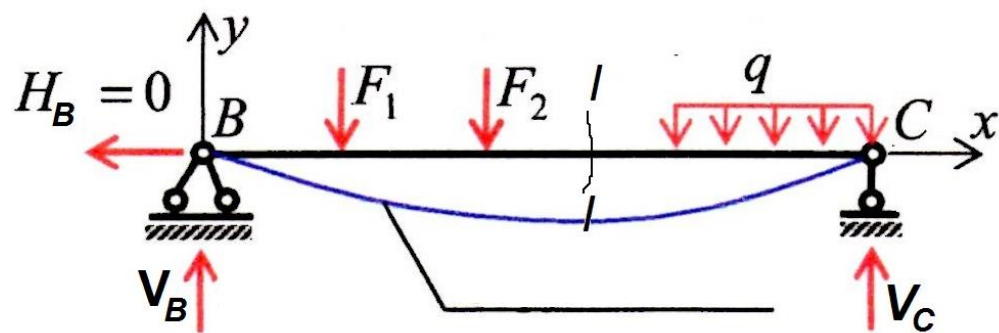
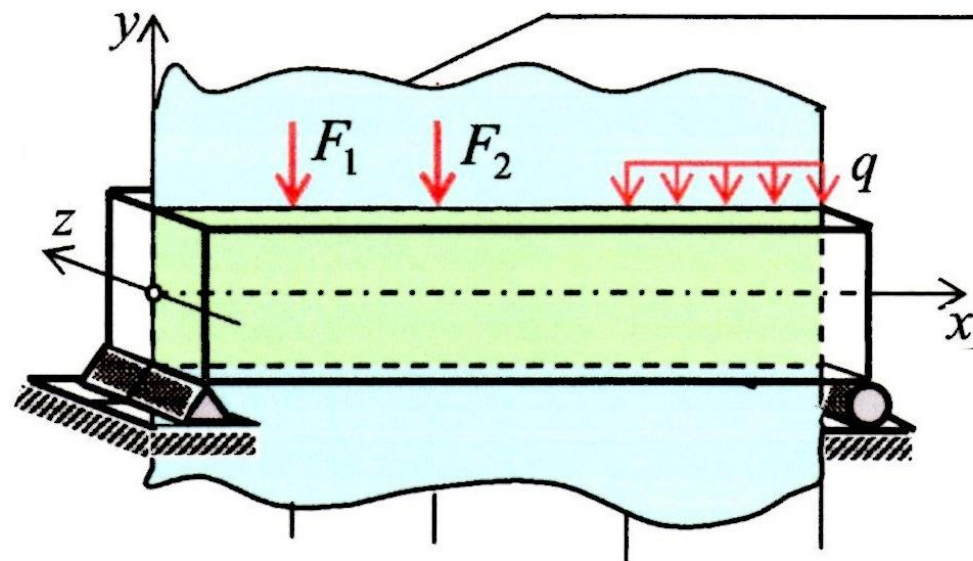
## Contraintes normales dues à un effort ou moment de flexion



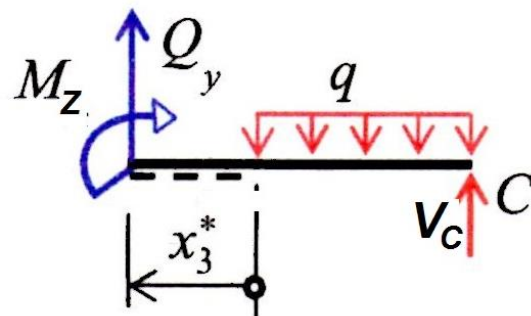
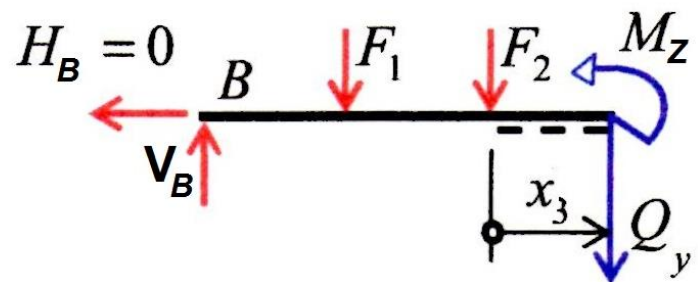
عندما تتعرض عارضة لقوى الانحناء ، فإنها تنعطف .  
يخضع الجزء العلوي من المقطع العرضي لقوة الضغط  
الجزء السفلي يخضع لقوة الشد .  
النقطة المعينة حيث تكون الاجهادات منعدمة ؛ تسمى  
المحور المحايد

Lorsqu'une poutre est soumise à un effort de flexion ,elle fléchit .  
La partie supérieure de la section de coupe est soumise à un effort de compression  
La partie inférieure est soumise à un effort de traction .  
Le point particulier où les contraintes sont nulles ; appelé axe neutre

Plan de forces



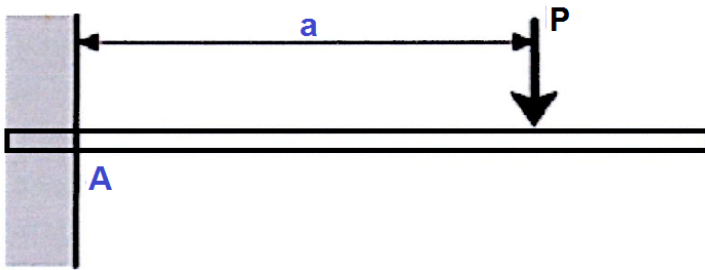
I - I



## Formulaire de RDM

Le formulaire de RDM ci-dessous sera utilisé pour réaliser la descente de charges.

CROQUIS

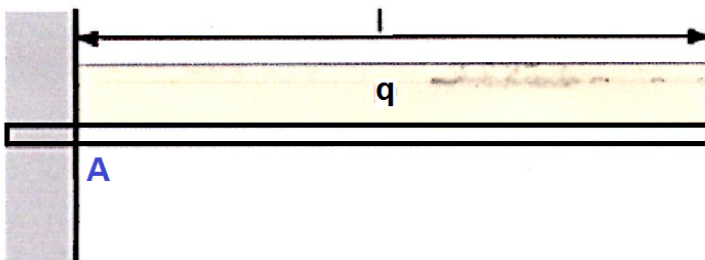


Réaction d'appuis

- $R_A = P$

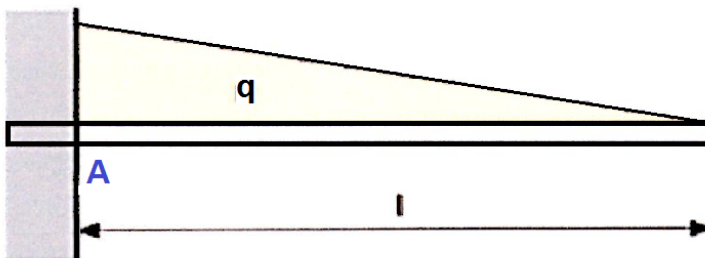
Moment maxi.

- $M_A = - P.a$



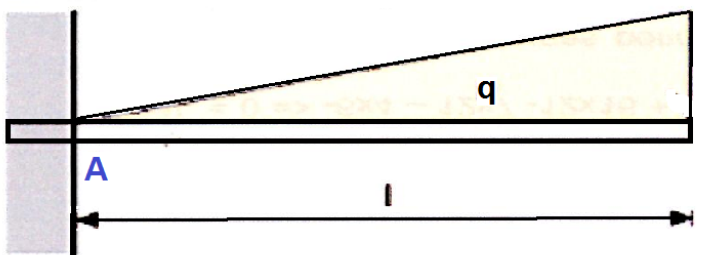
- $R_A = q.l$

- $M_A = - (q.l^2) / 2$



- $R_A = (q.l) / 2$

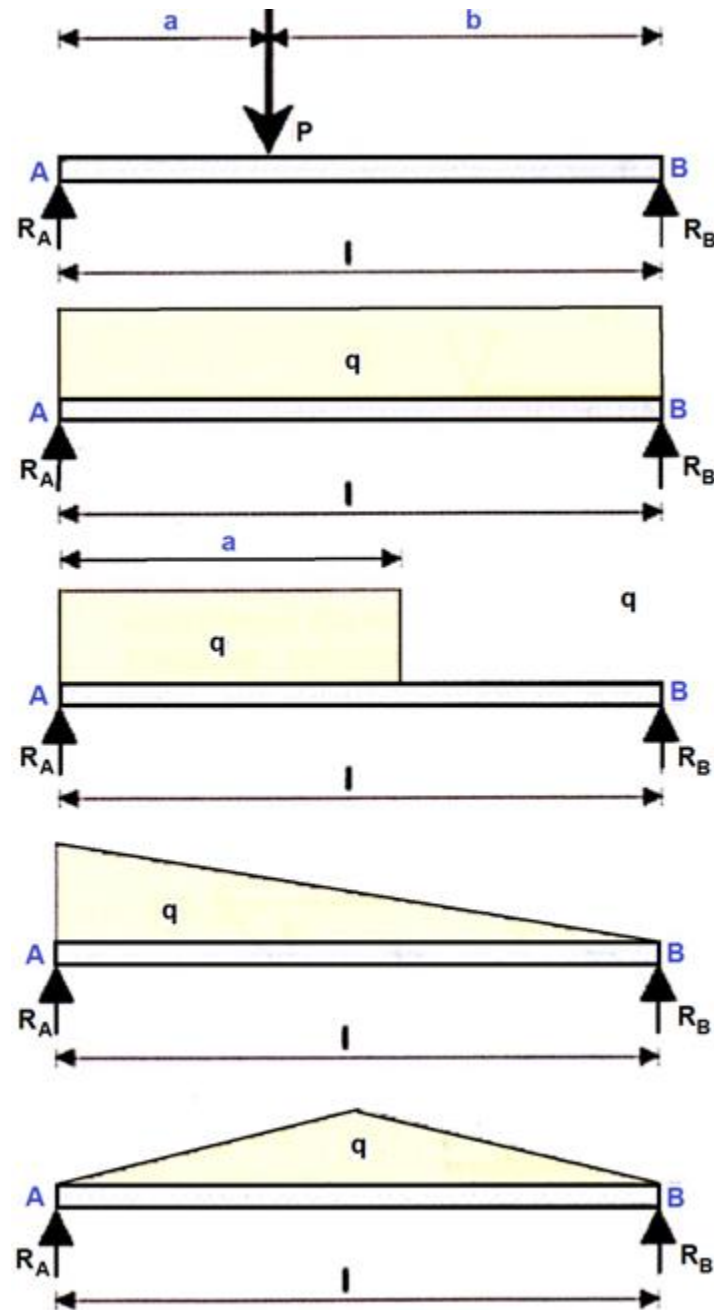
- $M_A = - (q.l^2) / 6$



- $R_A = (q.l) / 2$

- $M_A = - (q.l^2) / 3$





### Réaction d'appuis

- $R_A = (P.b) / l$

- $R_B = (P.a) / l$

- $R_A = (q.l) / 2$

- $R_B = (q.l) / 2$

- $R_A = (q.a / l) \cdot (l - a/2)$

- $R_B = (q.a^2) / (2.l)$

- $R_A = (q.l) / 3$

- $R_B = (q.l) / 6$

- $R_A = (q.l) / 4$

- $R_B = (q.l) / 4$

### Moment maxi.

- $Mt_{max.} = (P.a.b) / l$

- $xMt_{max.} = a$

$xMt_{max.}$  : position du moment maxi.

- $Mt_{max.} = (q.l^2) / 8$

- $xMt_{max.} = l/2$

$xMt_{max.}$  : position du moment maxi.

- $Mt_{max.} = (q.a^2 \cdot (2.l - a)^2) / 8.l^2$

- $xMt_{max.} = a \leq l/2$  et  $a$

$xMt_{max.}$  : position du moment maxi

- $Mt_{max.} = (q.l^2) / (9\sqrt{3})$

- $xMt_{max.} = l/\sqrt{3}$

$V = \text{racine carré}$

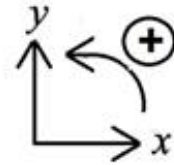
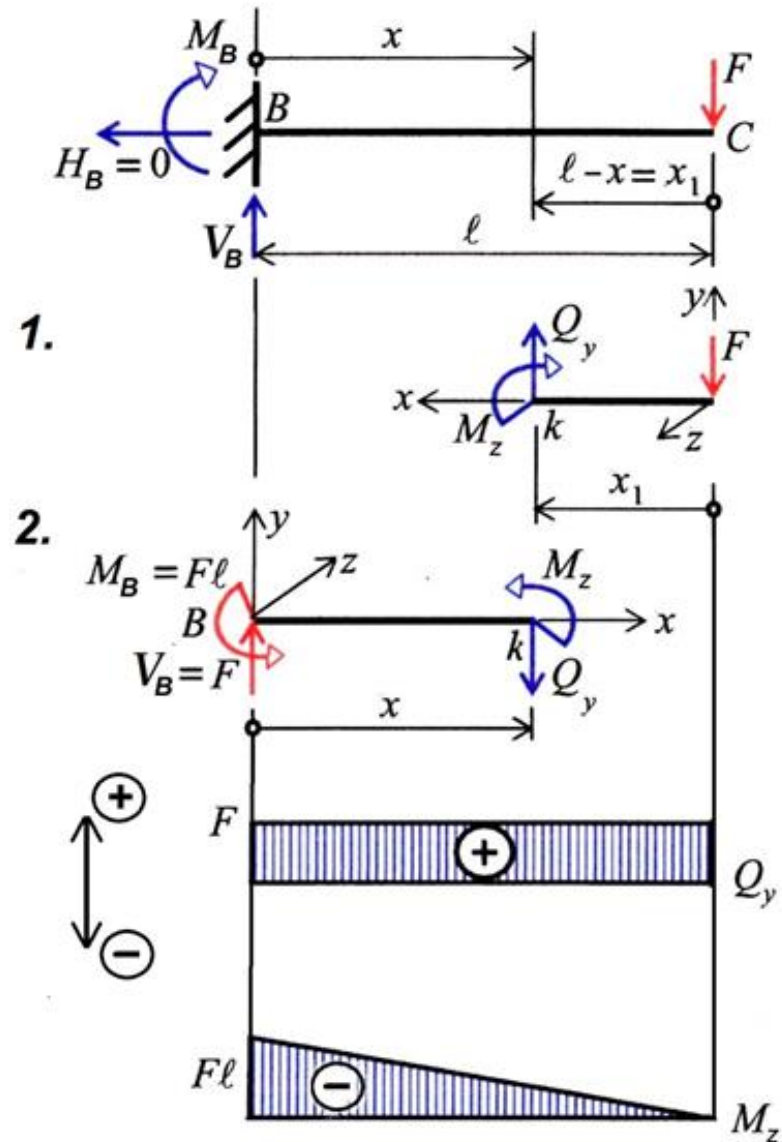
$xMt_{max.}$  : position du moment maxi.

- $Mt_{max.} = (q.l^2) / 12$

- $xMt_{max.} = l/2$

$xMt_{max.}$  : position du moment maxi.

# Exercices d'applications : 1.



1.

$$\begin{aligned} \Sigma F_y = 0 & & \Sigma M_B = 0 \\ V_B - F = 0 & & M_B + F \cdot \ell = 0 \\ V_B = F & & M_B = -F \cdot \ell \end{aligned}$$

المقطع الاول

$$\begin{aligned} \Sigma F_y = 0 \\ Q_y - F = 0 \Rightarrow \\ Q_y = F \\ \boxed{Q_y = F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_k = 0 \\ -M_z - F \cdot x_1 = 0 \\ \boxed{M_z = -F \cdot x_1} \end{aligned}$$

$(0 \leq x_1 \leq \ell)$

$$\begin{aligned} M_z(x_1 = 0) = 0 \\ M_z(x_1 = \ell) = -F \cdot \ell. \end{aligned}$$

المقطع الثاني

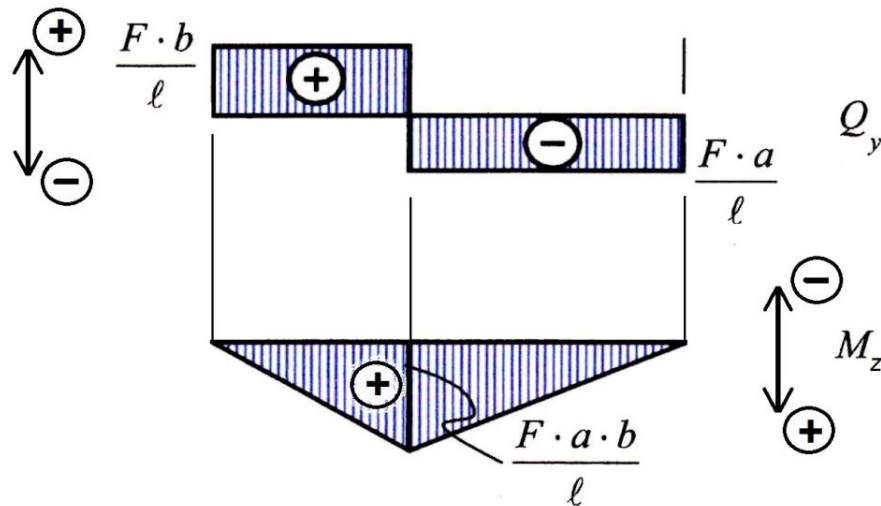
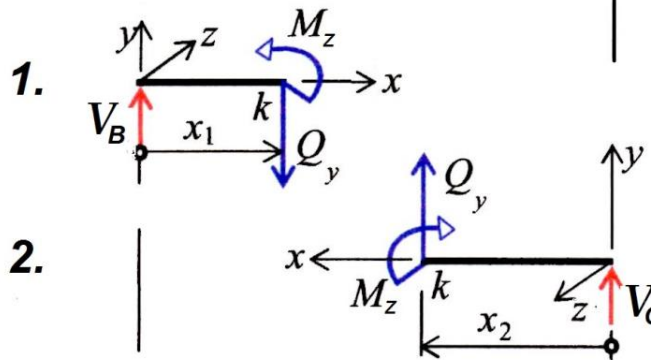
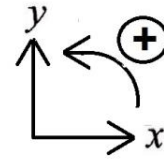
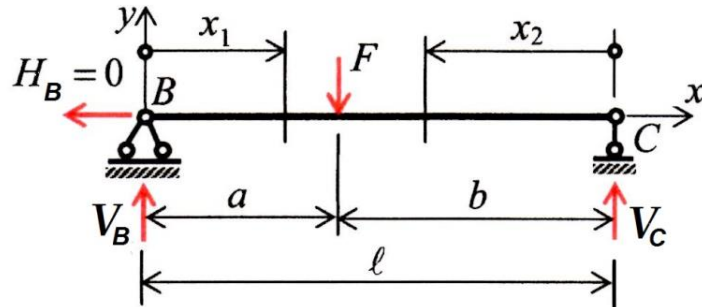
$$\begin{aligned} \Sigma F_y = 0 \\ -Q_y + F = 0 \Rightarrow \\ Q_y = F = V_B \\ \boxed{Q_y = F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_k = 0 \\ M_z - V_B \cdot x + M_B = 0 \\ \boxed{M_z = F \cdot x - F \cdot \ell} \end{aligned}$$

$(0 \leq x \leq \ell)$

$$\begin{aligned} M_z(x = 0) = -F \cdot \ell \\ M_z(x = \ell) = 0. \end{aligned}$$

# Exercices d'applications : 2.



1.

$$\sum M_C = 0$$

$$-V_B \cdot l + F \cdot b = 0 \Rightarrow V_B = F \cdot b / l$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_C \cdot l - F \cdot a = 0 \Rightarrow V_C = F \cdot a / l.$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V_B + V_C - F = 0 \Rightarrow$$

$$F \cdot b / l + F \cdot a / l - F = 0$$

$$F(a + b) / l - F = 0$$

$$0 = 0$$

المقطع الاول

$$\sum F_y = 0$$

$$-Q_y + V_B = 0$$

$$Q_y = V_B = \underline{F \cdot b / l}$$

$$\sum M_k = 0$$

$$M_z - V_B \cdot x_1 = 0 \Rightarrow$$

$$M_z = V_B \cdot x_1 = \underline{F \cdot b \cdot x_1 / l}$$

$$(0 \leq x_1 \leq a)$$

$$M_z(0) = 0$$

$$M_z(a) = F \cdot a \cdot b / l$$

المقطع الثاني

$$\sum F_y = 0$$

$$Q_y + V_C = 0 \Rightarrow$$

$$Q_y = -V_C = \underline{-F \cdot a / l}$$

$$\sum M_k = 0$$

$$-M_z + V_C \cdot x_2 = 0 \Rightarrow$$

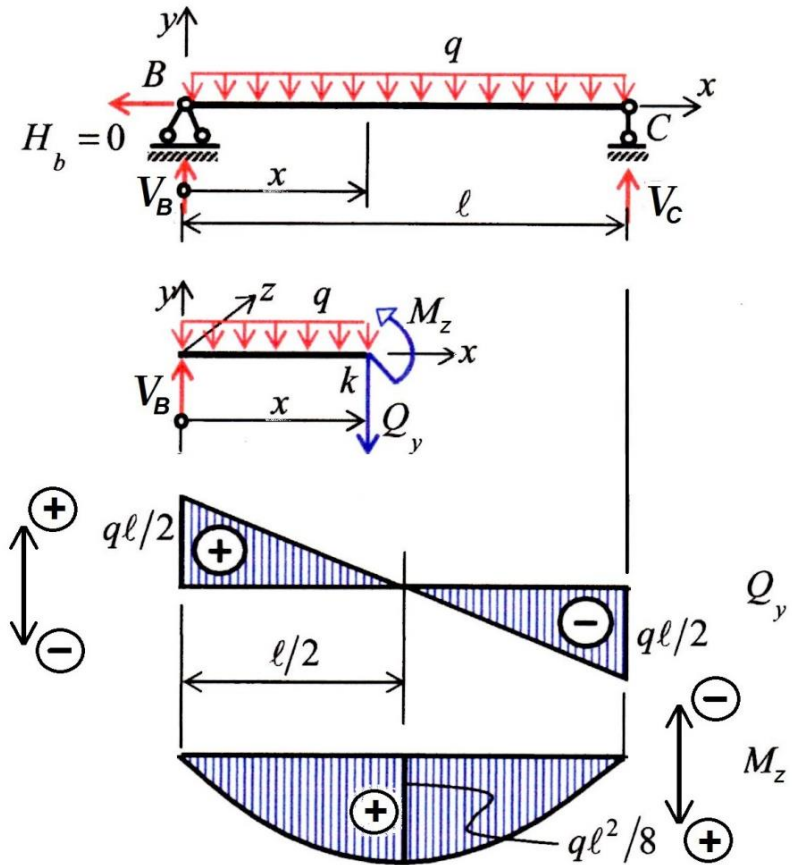
$$\underline{M_z = V_C \cdot x_2}$$

$$(0 \leq x_2 \leq b)$$

$$M_z(0) = 0$$

$$M_z(b) = F \cdot a \cdot b / l$$

# Exercices d'applications : 3.



**1.**

$$\sum M_C = 0$$

$$V_B \cdot l - q \cdot l \cdot l/2 = 0 \Rightarrow$$

$$\underline{V_B = q \cdot l/2}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_C \cdot l - q \cdot l \cdot l/2 = 0 \Rightarrow$$

$$\underline{V_C = q \cdot l/2}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V_B + V_C - q \cdot l = 0 \Rightarrow$$

$$q \cdot l/2 + q \cdot l/2 - q \cdot l = 0$$

$$0 = 0$$

**المقطع**

$$\sum F_y = 0$$

$$-Q_y + V_B - q \cdot x = 0 \Rightarrow$$

$$\underline{Q_y = q \cdot l/2 - q \cdot x}$$

$(0 \leq x \leq l).$

$$Q_y(0) = q \cdot l/2$$

$$Q_y(l) = -q \cdot l/2$$

$$\sum M_k = 0$$

$$-V_B \cdot x + q \cdot x \cdot x/2 + M_z = 0 \Rightarrow$$

$$\underline{M_z = q \cdot l \cdot x/2 - q \cdot x^2/2}$$

$(0 \leq x \leq l)$

$$M_z(0) = 0$$

$$M_z(l/2) = q \cdot l^2/8$$

$$M_z(l) = 0$$



# SERIE D' EXERCICES

Sollicitations dans une section  
Diagrammes d'efforts normal,  
Tranchant et de moment de  
Flexion.

N ? T ? M ?

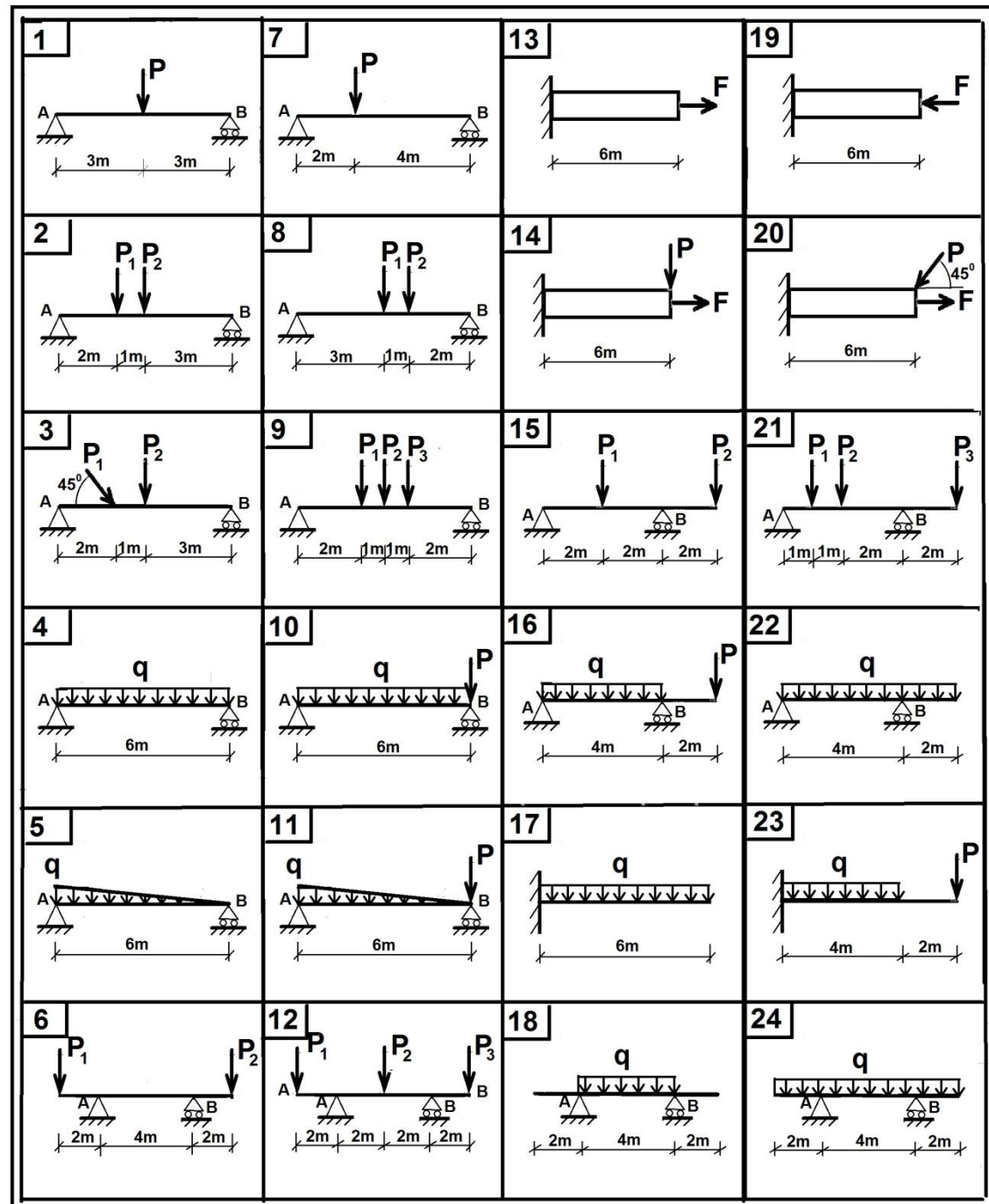
$$P = P_1 = 8\text{KN}$$

$$P_2 = 10\text{KN}$$

$$P_3 = 12\text{KN}$$

$$Q = 2\text{KN/m}$$

$$F = 6\text{KN}$$



# ***REFERENCES***

[https://www.iau.edu.sa/sites/default/files/resources/strength\\_of\\_materials\\_laboratory\\_manual\\_-.pdf](https://www.iau.edu.sa/sites/default/files/resources/strength_of_materials_laboratory_manual_-.pdf)



شكرا لاهتمامكم