

Chapitre 4

BARRES TENDUES

I. GENERALITES

11. Définition

Une barre est dite tendue lorsque ses sections transversales sont soumises à une seule sollicitation à savoir, un effort normal qui tend à allonger les fibres de la barre.

12. Comportement des barres tendues

Le comportement d'une barre tendue est simple et éprouvé. Théoriquement, il est identique à celui d'une éprouvette que l'on soumet à un essai de traction. Pratiquement, le comportement accuse des différences notables. Il présente quelques écarts par rapport à celui d'une éprouvette de traction, à cause de l'existence des contraintes résiduelles internes provenant du refroidissement différentiel dû aux opérations de laminage.

Dans les calculs de dimensionnement des barres tendues courantes, l'influence de ces contraintes internes est souvent négligée.

13. Conception des barres tendues

La conception d'une barre tendue est facile. La forme de la section n'a aucune influence sur sa capacité de résistance, car la traction n'engendre pas de phénomènes d'instabilité. Seule l'aire de la section transversale est importante pour la résistance de la barre.

Les barres tendues, présentant des perçages (trous pour boulons) sont le siège du phénomène de concentration de contraintes (figure 1).

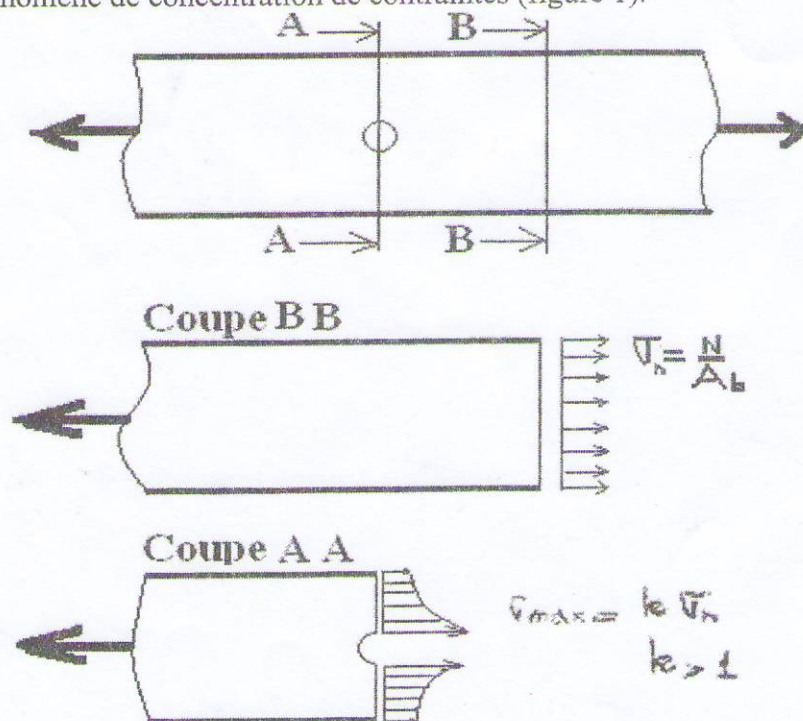


Figure 1 : Concentration de contraintes.

La présence des trous engendrent donc une diminution de l'aire des sections transversales à l'endroit des assemblages et, en plus, l'apparition du phénomène de concentration de contraintes lorsque la barre est en état de charge c'est-à-dire l'obtention

de contraintes ayant une distribution non uniforme à l'endroit des sections transversales passant par les trous et une valeur maximale de la contrainte de traction, au bord des trous, plus élevée que celle en section courante de la barre.

Pour les charpentes métalliques ordinaires, on néglige l'influence du phénomène de concentration de contraintes lors du dimensionnement grâce à la ductilité des aciers de construction employés qui permet une uniformisation des contraintes par adaptation plastique sans danger de rupture. Néanmoins, les mesures suivantes doivent être prises.

Il faut

- Eviter une variation importante des sections de la barre.

- Respecter le diamètre des boulons suivant les épaisseurs à assembler.

$d \geq e_{\min} + 2$ lorsque $e < 20$ mm

$d \geq 20$ mm lorsque $e \geq 20$ mm.

- Respecter les pinces transversales et longitudinales des assemblages.

a) $1,5 d < \delta t < 2,5 d$

b) $1,5 d < \delta l < 2,5 d$

c) $0,8 T / (e \cdot \sigma_e) < \delta l < 2,5 d$

d) $3 d < \delta < 7 d$ s'il y a risque d'oxydation,

ou $3 d < \delta < 10 d$ s'il n'y a pas de risque d'oxydation.

Pour les notations; voir la figure 2.

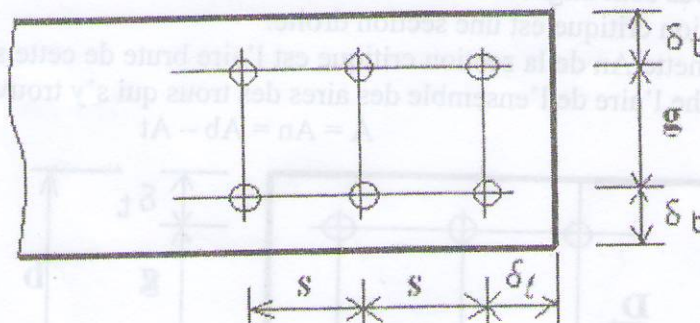


Figure 2. Notations

II VERIFICATION DES BARRES TENDUES

21. Condition de résistance

Si N désigne l'effort normal de traction pondéré et A l'aire critique de la section, la condition de résistance à vérifier, selon les règles CM66, pour les barres tendues est donnée par la relation suivante.

$$\sigma \leq \sigma_e$$

Avec $\sigma_c = \sigma$

Où $\sigma = N/A$

contrainte pondérée de traction,

σ_e

résistance limite d'élasticité du matériau constitutif de la barre.

22. Condition de déformation

Pour les barres courantes, les déformations de traction (allongements) sont très faibles, leur influence sur l'aptitude à l'exploitation des structures est négligeable. En conséquence, la vérification de la condition de déformation n'est pas nécessaire.

III CALCUL DES BARRES TENDUES

Le calcul des barres tendues revient essentiellement au calcul de l'aire de leurs sections transversales. Cette dernière dépend de la géométrie de ces sections et du mode d'assemblage de la barre.

31. Sections pleines (barres soudées)

Toutes les sections de la barre sont sans trous. C'est le cas des barres soudées. La section critique est une section droite.

L'aire de la section critique à prendre en compte est l'aire brute A_b de sa section droite.

$$A = A_b$$

32. Sections avec trous (barres boulonnées)

C'est le cas des barres assemblées par boulonnage. Les trous produisent une influence importante sur la résistance de la barre. Cette influence peut être :

- Un phénomène de concentration de contraintes (souvent négligeable si les dispositions constructives ont été respectées et si le matériau est ductile).
- Une réduction de l'aire brute de la section d'où une aire nette plus faible que l'aire brute.

Dans ce cas, l'aire de la section à prendre en compte est l'aire nette A_n

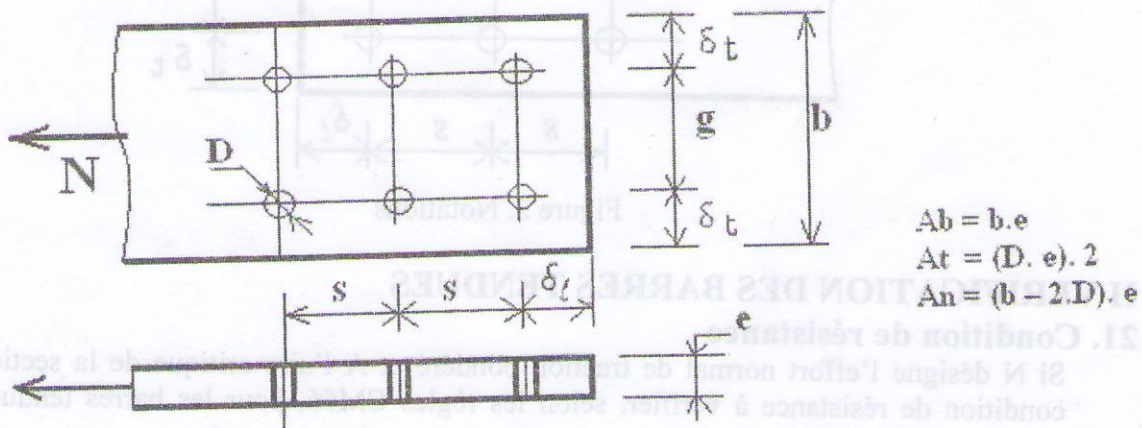
Méthode de calcul de l'aire nette A_n

1. Si les trous sont alignés

La section critique est une section droite.

L'aire nette A_n de la section critique est l'aire brute de cette section de laquelle on retranche l'aire de l'ensemble des aires des trous qui s'y trouvent.

$$A = A_n = A_b - A_t$$



2. Si les trous sont en quinconce

Pour déterminer l'aire nette à prendre en compte, on envisage différentes sections (droites, obliques ou brisées) passant par les trous et on détermine l'aire nette de chacune de ces sections en faisant la somme des surfaces de métal traversées par la section considérée. On adopte ensuite comme aire nette la plus faible des valeurs trouvées. En pratique, on utilise souvent la méthode de Cochrane :

Dans les cas courants, les barres ont une épaisseur e constante, l'aire nette est fonction de la largeur nette b_n . On procède comme suit

- a) On considère des sections droites

$$A_n = A_b - A_t$$

b) On considère des sections brisées

$$A_n = b_n \cdot e$$

La largeur nette est calculée comme suit

$$b_n = b_b - \sum D_{tr} + \sum s^2 / 4g$$

$\sum D_{tr}$: somme des diamètres des trous traversés par la section brisée considérée

$\sum s^2 / 4g$: quantités à ajouter à la largeur brute, correspondant à l'influence de la disposition en quinconce, en prenant en compte l'orientation des différents segments de la section brisée considérée.

s : pas ou distance longitudinale entre rangées consécutives de boulons (voir figure 3)

g : écartement ou distance transversale entre files consécutives de boulons (voir figure 3)

c) On adopte souvent comme section critique, celle dont la valeur de l'aire nette est la plus faible parmi les valeurs trouvées en a) et b). La contrainte y est ainsi maximale.

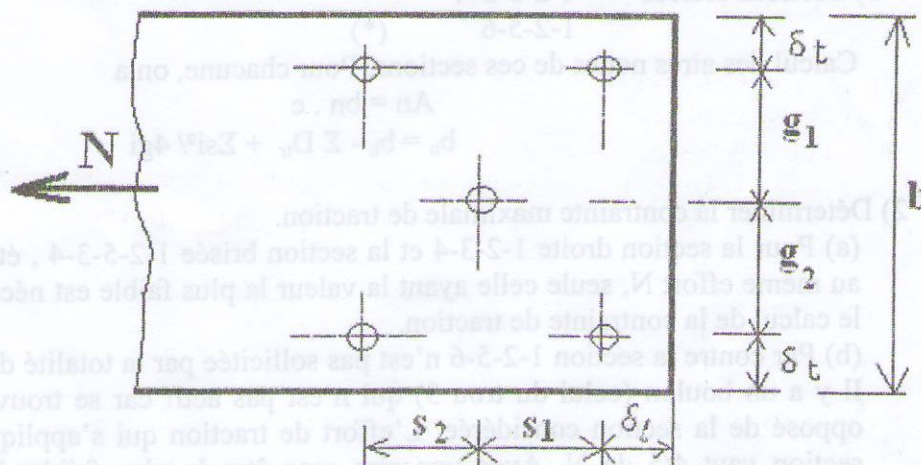


Figure 3 : Pas et écartement des boulons d'un assemblage en quinconce.

Exemple :

Soit une barre tendue (celle de droite sur la figure 4), assemblée sur une autre barre au moyen de 5 boulons disposés en quinconce. Les pinces, pas et écartement des boulons sont représentés symboliquement sur la figure. La barre a une épaisseur constante e et une largeur b . Les sections transversales sont sollicitées par un effort normal N .

Déterminer littéralement, la (ou les) section critique et la contrainte maximale de traction.

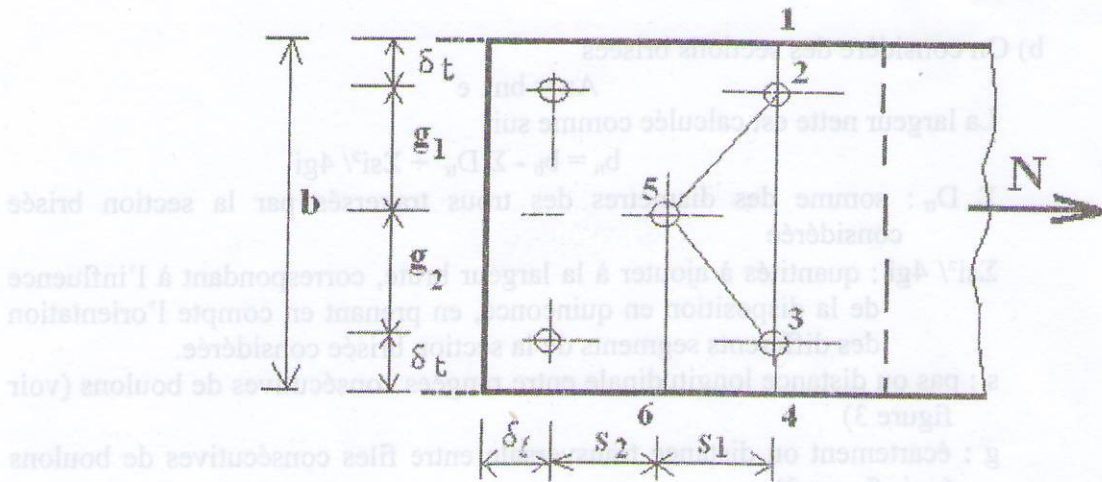


Figure 4

1) Sections à considérer

a) Section droite : 1-2-3-4

Calcul de l'aire nette de cette : $A_n = A_b - A_t$

b) Sections brisées 1-2-5-3-4

1-2-5-6 (*)

Calcul des aires nettes de ces sections. Pour chacune, on a

$$A_n = b_n \cdot e$$

$$b_n = b_b - \sum D_{tr} + \sum s_i^2 / 4g_i$$

2) Déterminer la contrainte maximale de traction.

(a) Pour la section droite 1-2-3-4 et la section brisée 1-2-5-3-4, étant soumise au même effort N, seule celle ayant la valeur la plus faible est nécessaire pour le calcul de la contrainte de traction.

(b) Par contre la section 1-2-5-6 n'est pas sollicitée par la totalité de l'effort N. Il y a un boulon (celui du trou 3) qui n'est pas actif car se trouvant du côté opposé de la section considérée. L'effort de traction qui s'applique sur cette section vaut 4/5 de N. Avec une aire sans être la plus faible de toutes, la contrainte peut être maximale à l'endroit de cette section. Il faut donc effectuer son calcul séparément.

La contrainte maximale est donnée par le maximum de celle trouvée (a) et de celle trouvée en (b).

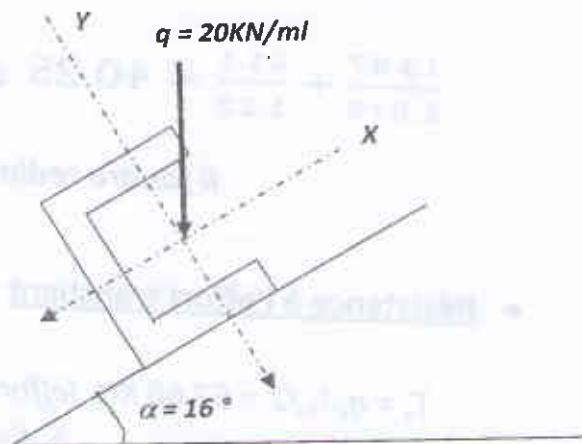
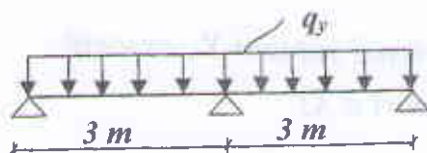
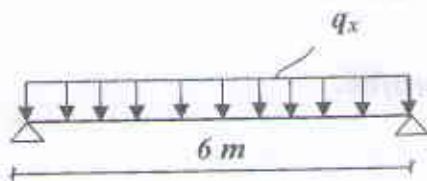
3) Vérifier la condition de résistance de la barre.

$$\sigma \leq \sigma_e$$

σ : Contrainte maximale pondérée de traction (§2).

σ_e : Résistance limite d'élasticité du matériau de la barre.

EXERCICE 3



- **Condition de résistance :** $\sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_e$

$$\sigma_x = M_x / W_x, \quad M_x = q_x l_x^2 / 8$$

$$\sigma_y = M_y / W_y, \quad M_y = q_y l_y^2 / 8$$

$q_x = q \cos \alpha$ (charge orientée suivant Y, induisant la flexion par rapport à X)

$q_y = q \sin \alpha$ (charge orientée suivant X, induisant la flexion par rapport à Y)

- **A.N :** $l_x = 6 \text{ m}, l_y = 3 \text{ m}$

$$q_x = 19.22 \text{ kN/m}, \quad M_x = 86.51 \text{ kN.m}, \quad \sigma_x = 15.87 \text{ daN/mm}^2$$

$$q_y = 5.51 \text{ kN/m}, \quad M_y = 6.2 \text{ kN.m}, \quad \sigma_y = 7.77 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_x + \sigma_y = 23.64 \text{ daN/mm}^2 < \sigma_e = 24 \text{ daN/mm}^2$$

- **Remarque :** Si on n'avait pas de liaisons par rapport à Y (plan XX ou XZ) :

$$l_y = 6 \text{ m}, \quad M_y = 24.81 \text{ kN.m}, \quad \sigma_y = 31.1 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_x + \sigma_y = 47 \text{ daN/mm}^2 > \sigma_e = 24 \text{ daN/mm}^2$$

- **En utilisant l'adaptation plastique :** $\psi_x = 1.075, \quad \psi_y = 1.22$

$$\frac{\sigma_x}{\psi_x} + \frac{\sigma_y}{\psi_y} \leq \sigma_e$$

T.D – CONSTRUCTION MÉTALLIQUE
SÉRIE 4 – FLEXION SIMPLE – FLEXION DÉVIÉE

$$\frac{15.87}{1.075} + \frac{31.1}{1.22} = 40.25 \text{ daN/mm}^2 > \sigma_e = 24 \text{ daN/mm}^2$$

Il faudra redimensionner le profilé.

- **Résistance à l'effort tranchant :**

$$T_x = q_x l_x / 2 = 57.68 \text{ KN (effort tranchant orienté suivant } Y, \text{ associé à flexion par rapport à } X)$$

$$\tau = T_x S_x / I_x e_a = 2.38 \text{ daN/mm}^2$$

$$1.54 \tau = 3.7 \text{ daN/mm}^2 < \sigma_e = 24 \text{ daN/mm}^2$$

- **Condition de flèche :**

$$f_x = 5 q_x l_x^4 / 384 E I_x < f_{adm} = l_x / 200 \text{ (élément de couverture)}$$

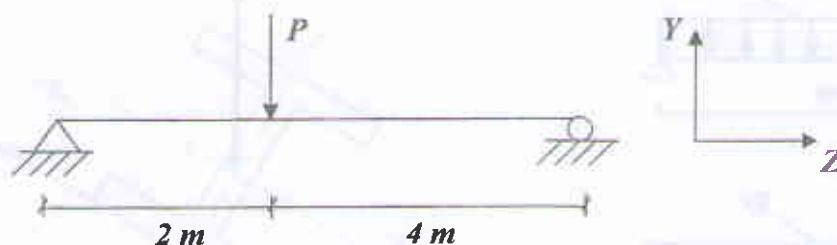
$$f_x = 1.26 \text{ cm} < f_{adm} = 3 \text{ cm}$$

Exercice 1

Soit la poutre en acier E24 représentée en figure 1

1. Dimensionner la poutre IPE si la charge déjà majorée est de 3 tonnes.
2. Vérifier les contraintes normales et la flèche en tenant compte du poids propre.
3. Vérifier les contraintes tangentielles en utilisant les deux formules (générale et simplifiée).

Figure 1



Exercice 2

Soit la poutre en acier E24 assurée représentée en figure 2.

- Vérifier la résistance et la stabilité de la poutre.

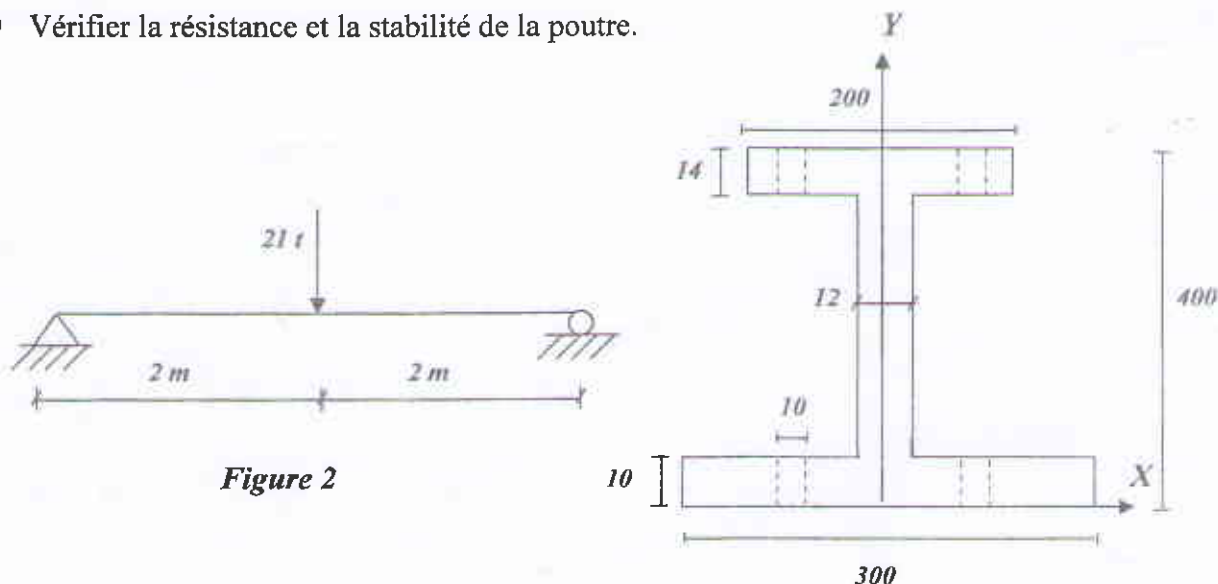


Figure 2

Exercice 3

Vérifier la résistance et la stabilité à la flexion de la panne de 6 m de longueur composée d'un UAP300 (E24) soumise à une charge d'exploitation pondérée de 20 KN/m.

La pente du versant est de 16° et une lierne est disposée à mi-travée.

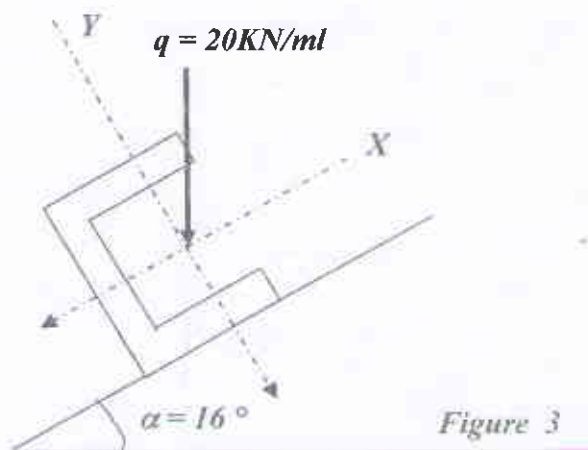


Figure 3

Exercice 4

Soit à dimensionner la panne en profilé IPE réalisé dans un acier E24. (figure 4)

- Vérifier sa résistance et sa stabilité à la flexion et au cisaillement.

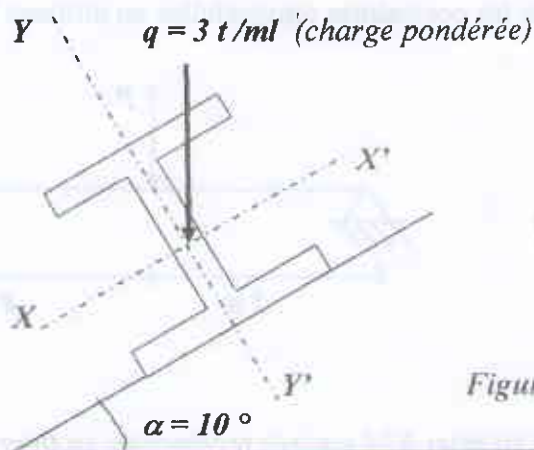
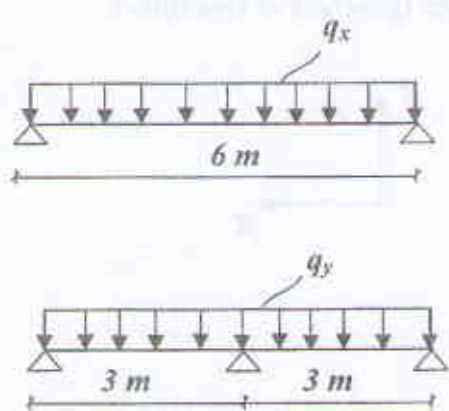


Figure 4