



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

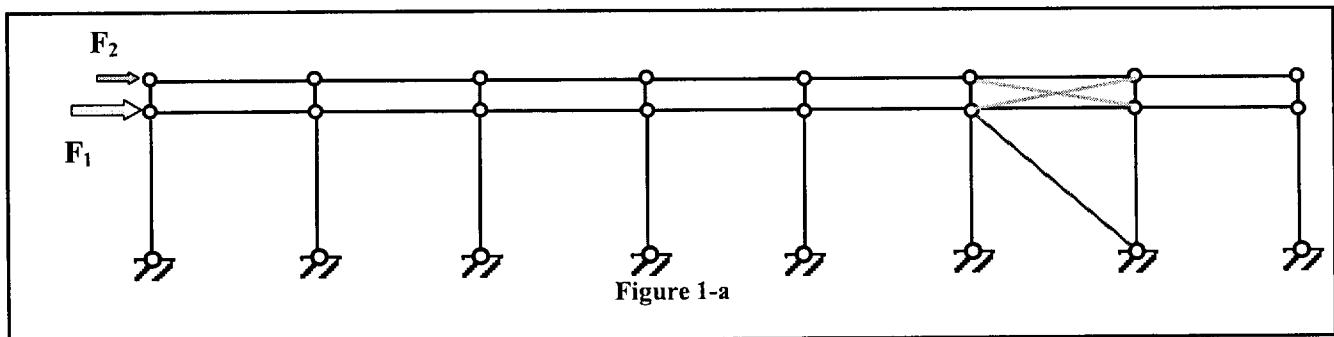
Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

**EXERCICE 1****ÉTUDE DE LA STABILITÉ DE LONG PAN**

La stabilité de long pan étudiée est celle de la **file 1** schématisée par la **figure 1-a** et la **figure 1-b**.



Les caractéristiques des sections droites sont les suivantes :

**Barre AB, BC, DE, EF :**

Rectangle creux - [80 x 40 x 3,2] en mm

Aire = 7,221 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques : IY = 19,127 cm<sup>4</sup>

IZ = 58,078 cm<sup>4</sup>

**Barre CD, BE, :**

Carré creux – c = 40.0 mm e = 3,2 mm

Aire = 4,661 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques : IY = 10.438 cm<sup>4</sup> -

IZ = 10.438 cm<sup>4</sup>

**Buton BF :**

Rond creux – d = 76,1 mm e = 2,9 mm

Aire = 6,669 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques : IY = 44,738 cm<sup>4</sup>

IZ = 44,738 cm<sup>4</sup>

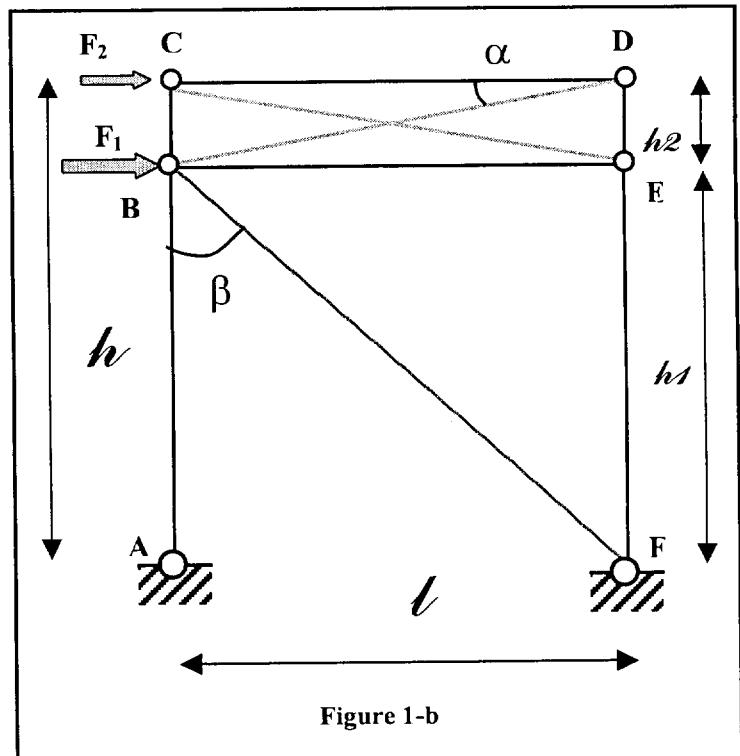
**Barre BD, CE :**

Rond creux – d = 26,9 mm e = 2,3 mm

Aire = 1,778 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques : IY = 1,356 cm<sup>4</sup>

IZ = 1,356 cm<sup>4</sup>

**Données numériques :**

$$F_1 = 1250 \text{ daN}$$

$$F_2 = 225 \text{ daN}$$

$$l = 4 \text{ m}$$

$$h = 4,15 \text{ m}$$

$$h_1 = 3,4 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,75 \text{ m}$$

$$\alpha = 10,62^\circ$$

$$\beta = 49,635^\circ$$

**TRAVAIL DEMANDÉ :**

1-1 : Déterminer le degré d'hyperstatisme de la structure figure 1-b ?

Pour ce qui suit, on néglige la barre de contreventement CE de la croix de St André.

1-2 : Quelle en est la conséquence sur l'hyperstatisme de la structure figure 1-b ?

1-3 : Calculer les efforts dans toutes les barres en précisant si elles sont en compression ou en traction. Indiquer les résultats dans le tableau du doc. DR1.

1-4 : Calculer les actions aux appuis.

1-5 : Calculer le déplacement horizontal du nœud D à l'aide du tableau sur doc. DR1.

Détailler méthode et calculs sur copie.

**EXERCICE 2****ÉTUDE DE LA TRAVERSE PORTIQUE – PILOTIS**

L' étude ci dessous porte sur la traverse portique pilotis de la file B

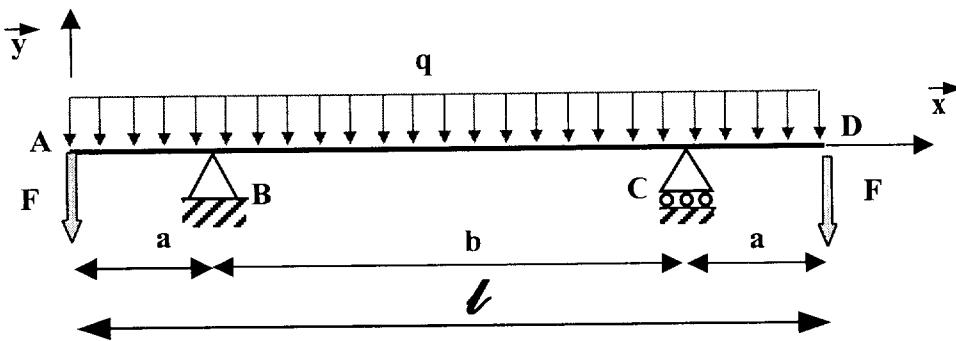


Figure 2

Cette traverse est constitué d'un **IPE 300** et est soumise à une charge répartie  $q$ ..

**Données numériques :**  $F = 10 \text{ kN}$   $q = 10 \text{ kN/m}$

$$l = 10 \text{ m} \quad a = 1.5 \text{ m} \quad b = 7 \text{ m}$$

**Section droite**

IPE – 300 en acier S235.

Aire =  $53.812 \text{ cm}^2$

Moments quadratiques :  $I_Y = 604 \text{ cm}^4$  -  $I_Z = 8356. \text{ cm}^4$

**TRAVAIL DEMANDÉ :**

2-1 : Calculer les actions aux appuis

**2-2 Effort tranchant.**

221 : Etablir les équations de l'effort tranchant  $V(x)$  dans le repère (A, x, y).

222 : Tracer le graphe en indiquant les valeurs numériques pour les points caractéristiques.  
échelles : force :  $1 \text{ cm} = 10 \text{ kN}$  longueur :  $1 \text{ cm} = 1 \text{ m}$

remarque : On veillera si possible à faire correspondre l'axe des x pour les graphes  $V(x)$  et  $M(x)$ .

**231** : Etablir les équations du moment fléchissant  $M(x)$  dans le repère (A, x, y).

**232** : Tracer le graphe en indiquant les valeurs numériques pour les points caractéristiques.  
échelles : moment : 1 cm = 10 kN .m      longueur : 1 cm = 1m

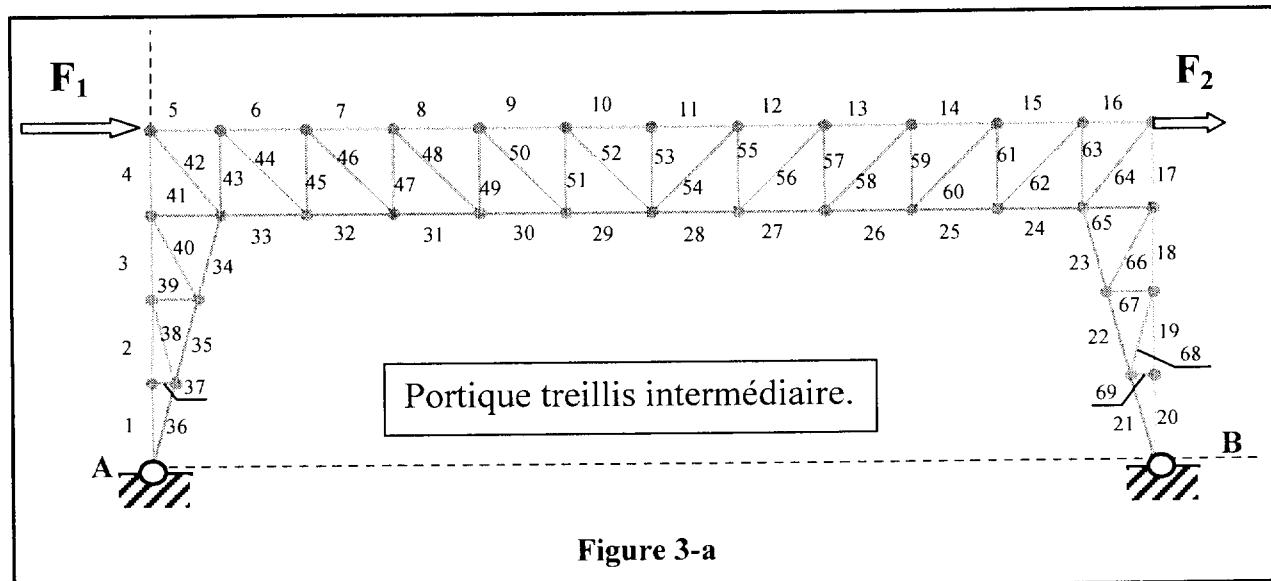
**2-4** : En déduire la valeur maximale de la contrainte normale de flexion dans la barre :  $\sigma_{\max}$

**2-5** : La barre est-elle vérifiée en résistance en élasticité ?

### EXERCICE 3

### ÉTUDE DES PORTIQUES TREILLIS

L'objectif est de déterminer les actions de liaisons entre le treillis et la poutre en IPE 300 du plancher.



#### hypothèses :

le treillis est articulé sur la poutre IPE aux nœuds A et B, toutes les barres sont articulées entre elles.

#### données numériques :

Les charges considérées sont  $F_1 = 1200$  daN et  $F_2 = 200$  daN.

Les sections des différentes barres sont les suivantes :

**Barres 1 à 20** tube rectangulaire 80 x 40 x 3.2       $S_1 = 722.1 \text{ mm}^2$

**Barres 21 à 36 + 41+ 65** tube rectangulaire 75 x 35 x 3.2       $S_2 = 626.1 \text{ mm}^2$

**Barres 37 à 69** tube carré 40 x 40 x 2.5       $S_3 = 385.7 \text{ mm}^2$

**TRAVAIL DEMANDÉ :**

**3-1 :** Quel est le degré d'hyperstatisme de la structure ?

**3-2 :** Calcul des actions aux appuis A et B.

**321 :** Calculer l'action d'appui en A en isolant le poteau de portique défini sur la figure 3b du doc. réponse DR2. Les sollicitations dans les barres 5, 33 et 43 sont données dans le tableau du doc. réponse DR2.

**322 :** Calculer l'action d'appui en B.

**3-3 :** Calculer les sollicitations dans les barres du poteau figure 3b.

Compléter le tableau du document réponse DR2

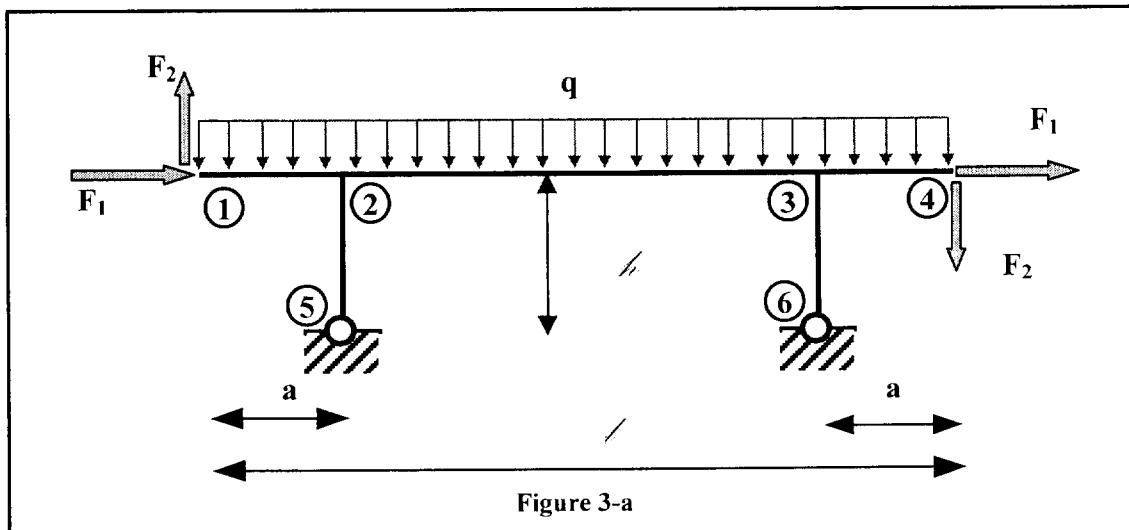
**L longueur des barres en mm, S section en mm<sup>2</sup>**

**Tableau 3-a**

| POUTRE | L mm  | S mm <sup>2</sup> | POUTRE | L      | S mm <sup>2</sup> | POUTRE | L      | S mm <sup>2</sup> |
|--------|-------|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|-------------------|
| 1      | 850   | 722.1             | 24     | 860    | 626.1             | 47     | 850    | 385.7             |
| 2      | 850   | 722.1             | 25     | 860    | 626.1             | 48     | 1101   | 385.7             |
| 3      | 850   | 722.1             | 26     | 860    | 626.1             | 49     | 850    | 385.7             |
| 4      | 850   | 722.1             | 27     | 860    | 626.1             | 50     | 1101   | 385.7             |
| 5      | 700   | 722.1             | 28     | 860    | 626.1             | 51     | 850    | 385.7             |
| 6      | 860   | 722.1             | 29     | 860    | 626.1             | 52     | 1101   | 385.7             |
| 7      | 860   | 722.1             | 30     | 860    | 626.1             | 53     | 850    | 385.7             |
| 8      | 860   | 722.1             | 31     | 860    | 626.1             | 54     | 1101   | 385.7             |
| 9      | 860   | 722.1             | 32     | 860    | 626.1             | 55     | 850    | 385.7             |
| 10     | 860   | 722.1             | 33     | 860    | 626.1             | 56     | 1101   | 385.7             |
| 11     | 860   | 722.1             | 34     | 881.5  | 626.1             | 57     | 850    | 385.7             |
| 12     | 860   | 722.1             | 35     | 881.5  | 626.1             | 58     | 1101   | 385.7             |
| 13     | 860   | 722.1             | 36     | 881.5  | 626.1             | 59     | 850    | 385.7             |
| 14     | 860   | 722.1             | 37     | 233.33 | 385.7             | 60     | 1101   | 385.7             |
| 15     | 860   | 722.1             | 38     | 881.5  | 385.7             | 61     | 850    | 385.7             |
| 16     | 700   | 722.1             | 39     | 466.67 | 385.7             | 62     | 1101   | 385.7             |
| 17     | 850   | 722.1             | 40     | 969.68 | 385.7             | 63     | 850    | 385.7             |
| 18     | 850   | 722.1             | 41     | 700    | 626.1             | 64     | 1101   | 385.7             |
| 19     | 850   | 722.1             | 42     | 1101   | 385.7             | 65     | 700    | 626.1             |
| 20     | 850   | 722.1             | 43     | 850    | 385.7             | 66     | 969.68 | 385.7             |
| 21     | 881.5 | 626.1             | 44     | 1101   | 385.7             | 67     | 466.67 | 385.7             |
| 22     | 881.5 | 626.1             | 45     | 850    | 385.7             | 68     | 881.5  | 385.7             |
| 23     | 881.5 | 626.1             | 46     | 1101   | 385.7             | 69     | 233.33 | 385.7             |

**EXERCICE 4****ÉTUDE DU PORTIQUE - PILOTIS**

L'étude ci-dessous porte sur le portique pilotis de la file B



Ce portique est constitué d'une traverse en IPE 300 et de deux pilotis en tube Ø 273 x 5.

**Données numériques :**  $F_1 = 700 \text{ daN}$        $F_2 = 476 \text{ daN}$        $q = 1000 \text{ daN / m}$   
 $\lambda = 1,95 \text{ m}$        $\lambda = 10 \text{ m}$        $a = 1.84 \text{ m}$

#### Sections droites

IPE – 300      Aire = 53.812 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques :  $I_Y = 603.778 \text{ cm}^4$  -  $I_Z = 8356.109 \text{ cm}^4$

Rond creux –  $d=273.0$   $e=5.0$       Aire = 42.097 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques :  $I_Y = 3780.815 \text{ cm}^4$  -  $I_Z = 3780.815 \text{ cm}^4$

#### TRAVAIL DEMANDÉ :

**4-1** : Quel est le degré d'hyperstatisme de la structure figure 3-a ?

**4-2** : Décomposer la structure en une structure symétrique symétriquement chargée nommée SSSC et une structure symétrique antisymétriquement chargée nommée SSAC.

La réponse sera donnée sous forme de schéma.

**4-3** : Étude de la structure symétrique symétriquement chargée nommée SSSC

- 431** : Résoudre le système par la méthode des forces (on gardera la structure complète). On choisira l'inconnue hyperstatique  $X = X_6$ .

Les déformations dues à l'effort normal et à l'effort tranchant sont négligées.

- 432** : Dessiner la structure isolée en équilibre.

**4-4** : Étude de la structure symétrique antisymétriquement chargée nommée SSAC

- 441** : Calculer les actions aux appuis dans la demi structure associée à SSAC.
- 442** : Dessiner la structure isolée en équilibre.

**4-5** : On donne l'équilibre de la structure sur le document DR3.

Tracer sur ce même document le diagramme **M** du moment fléchissant.

## DOCUMENT REPONSE DR1

question 1-3 :

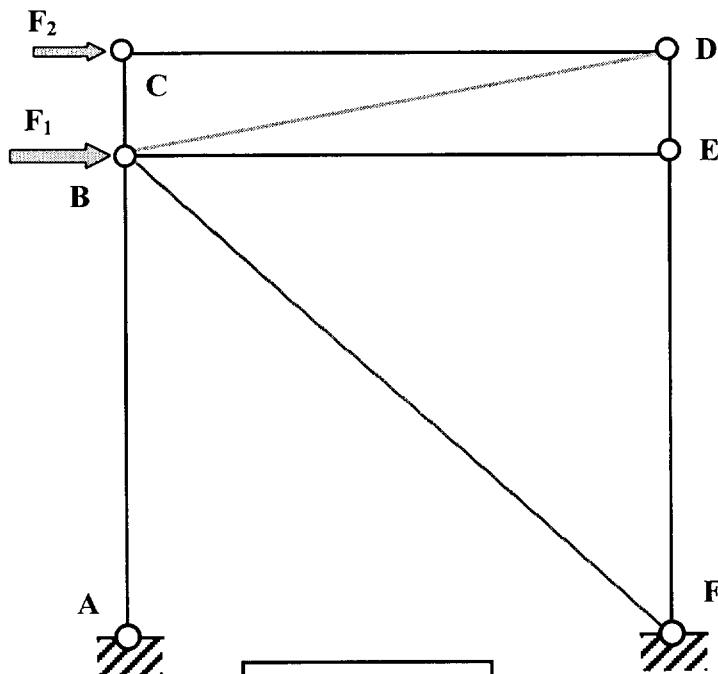


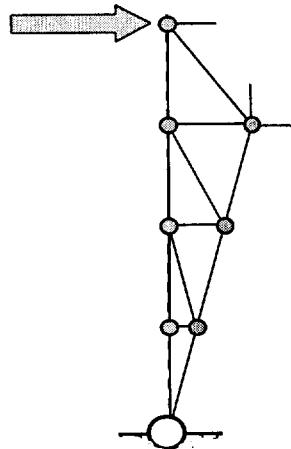
Figure 1-3

| barre | Traction | Compression |
|-------|----------|-------------|
| AB    |          |             |
| BC    |          |             |
| CD    |          |             |
| DE    |          |             |
| EF    |          |             |
| BF    |          |             |
| BE    |          |             |
| BD    |          |             |

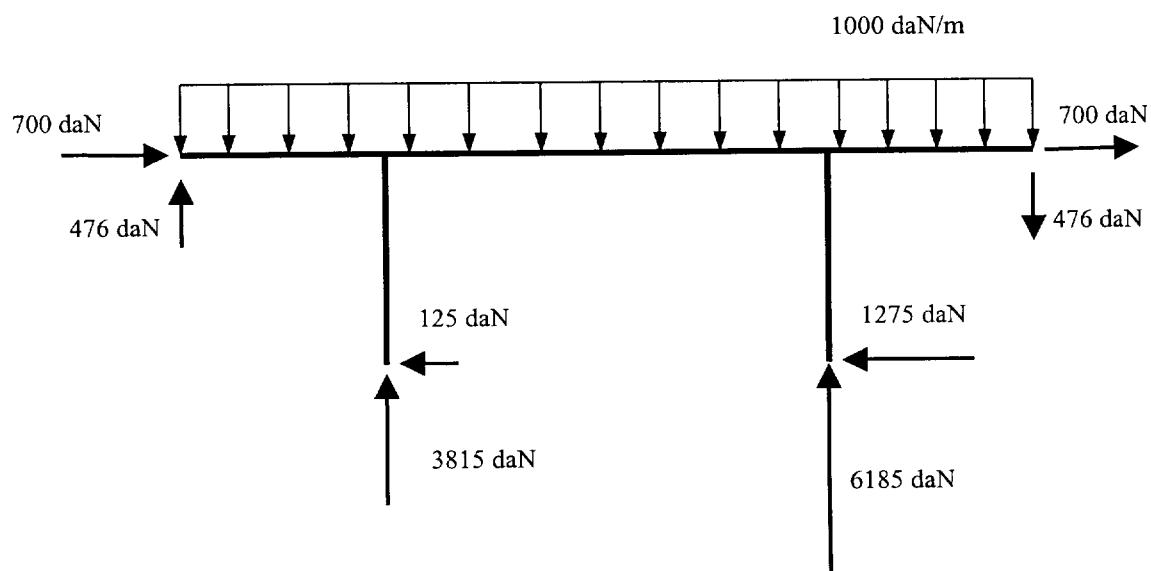
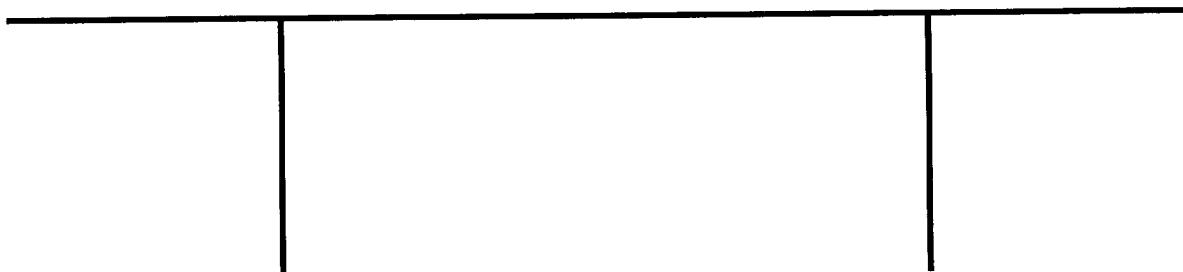
question 1-5 : Déplacement horizontal du nœud D.

| barre | N | n | l | S |  |
|-------|---|---|---|---|--|
| AB    |   |   |   |   |  |
| BC    |   |   |   |   |  |
| CD    |   |   |   |   |  |
| DE    |   |   |   |   |  |
| EF    |   |   |   |   |  |
| BF    |   |   |   |   |  |
| BE    |   |   |   |   |  |
| BD    |   |   |   |   |  |

$$\delta_{D_x} = \text{mm.}$$

**DOCUMENT REPONSE DR2****question 321 :****Figure 3-b****question 3-3 :****Tableau 3-b**

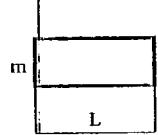
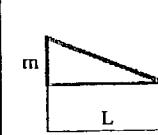
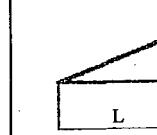
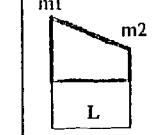
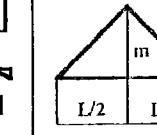
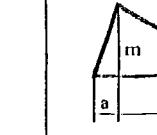
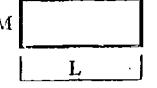
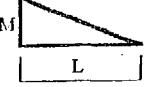
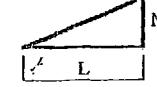
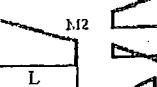
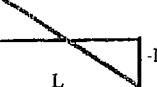
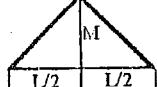
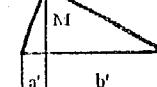
| POUTRE | N daN |
|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1      |       | 19     | -476  | 37     |       | 55     | -476  |
| 2      |       | 20     | -476  | 38     |       | 56     | 677   |
| 3      |       | 21     | -2754 | 39     |       | 57     | -476  |
| 4      |       | 22     | -2754 | 40     |       | 58     | 677   |
| 5      | -2821 | 23     | -2754 | 41     |       | 59     | -476  |
| 6      | -2339 | 24     | -2524 | 42     | 2550  | 60     | 677   |
| 7      | -1858 | 25     | -2042 | 43     | 476   | 61     | -476  |
| 8      | -1376 | 26     | -1561 | 44     | -677  | 62     | 677   |
| 9      | -895  | 27     | -1079 | 45     | 476   | 63     | -476  |
| 10     | -413  | 28     | -597  | 46     | -677  | 64     | -2823 |
| 11     | -413  | 29     | 366   | 47     | 476   | 65     |       |
| 12     | -2118 | 30     | 847   | 48     | -677  | 66     |       |
| 13     | -1637 | 31     | 1329  | 49     | 476   | 67     |       |
| 14     | -1155 | 32     | 1810  | 50     | -677  | 68     |       |
| 15     | -674  | 33     | 2292  | 51     | 476   | 69     |       |
| 16     | -192  | 34     |       | 52     | -677  |        |       |
| 17     | -476  | 35     |       | 53     | 0     |        |       |
| 18     | -476  | 36     |       | 54     | 677   |        |       |

**DOCUMENT REONSE DR3****question 4-5 :****Equilibre de la structure****Graphe du moment fléchissant :**

Intégrales de Mohr: valeurs de  $\frac{1}{L} \int_0^L m.M dx$

ne pas oublier de multiplier le résultat par  $\frac{L}{E.I}$

A      B      C      D      E      F

|   |    |  |  |  |  |  |
|---|---|---|--|---|---|---|
| 1 |    | $m.M$   | $\frac{1}{2} m.M$  | $\frac{1}{2} m.M$   | $\frac{1}{2} (m_1 + m_2)M$  | $\frac{1}{2} m.M$   |
| 2 |    | $\frac{1}{2} m.M$   | $\frac{1}{3} m.M$  | $\frac{1}{6} m.M$   | $\frac{1}{4} m.M$   | $\frac{1}{6} m.M (1 + \frac{b}{L})$   |
| 3 |    | $\frac{1}{2} m.M$   | $\frac{1}{6} m.M$  | $\frac{1}{3} m.M$   | $\frac{1}{6} (m_1 + 2m_2)M$   | $\frac{1}{6} m.M (1 + \frac{a}{L})$   |
| 4 |    | $\frac{1}{2} (M_1 + M_2)m$  | $\frac{1}{6} (2M_1 + M_2)m$  | $\frac{1}{6} (M_1 + 2M_2)m$<br>$+ m_2M_1 + 2m_2M_2$                                 | $\frac{1}{4} (M_1 + M_2)m$  | $\frac{1}{6} m.[M_1(1 + \frac{b}{L}) + M_2(1 + \frac{a}{L})]$                       |
| 5 |  | 0   | $\frac{1}{6} m.M$  | $-\frac{1}{6} m.M$  | $\frac{1}{6} (m_1 - m_2)M$  | 0   |
| 6 |  | $\frac{1}{2} m.M$   | $\frac{1}{4} m.M$  | $\frac{1}{4} m.M$   | $\frac{1}{3} m.M$   | $\frac{1}{12} m.M \frac{3L^2 - 4a^2}{bL}$   |
| 7 |  | $\frac{1}{2} m.M$   | $\frac{1}{6} m.M (1 + \frac{b'}{L})$   | $\frac{1}{6} m.M (1 + \frac{a'}{L})$  | $\frac{1}{6} M [m_1 (1 + \frac{b'}{L}) + m_2 (1 + \frac{a'}{L})]$                   | $\frac{1}{12} m.M \frac{3L^2 - 4a'^2}{b'L}$   |
|   |   |   |  |   | $a' < b' :$   | $\frac{m.M}{6} [2 - \frac{(a - a')^2}{a.b'}]$                                       |
|   |   |   |  |   | $a' > b' :$   |   |

ANNEXE 1

Intégrales de Mohr: valeurs de  $\frac{1}{L} \int_0^L m.M dx$

ne pas oublier de multiplier  
le résultat par  $\frac{L}{E.I}$

A

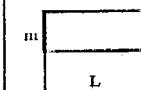
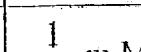
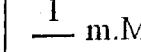
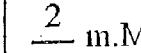
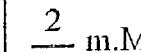
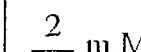
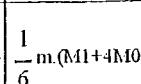
B

C

D

E

F

|    | A   | B                               | C                                   | D                                   | E  | F   |
|----|---|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 8  |    | $\frac{1}{2} m.M$               | $\frac{1}{6} m.M(1 + \frac{b'}{L})$ | $\frac{1}{6} m.M(1 + \frac{a'}{L})$ | $\frac{1}{6} M[m1(1 + \frac{b'}{L}) + m2(1 + \frac{a'}{L})]$ | $\frac{a' > b'}{12} \frac{1}{a' L} m.M \frac{3L^2 - 4b'^2}{a'^2}$           |
| 9  |    | $\frac{1}{3} m.M$               | $\frac{1}{4} m.M$                   | $\frac{1}{12} m.M$                  | $\frac{1}{12} M(3m1 + m2)$                                   | $\frac{7}{48} m.M \frac{mM}{12} [1 + (\frac{b'}{L}) + (\frac{b}{L})^2]$     |
| 10 |    | $\frac{1}{3} m.M$               | $\frac{1}{12} m.M$                  | $\frac{1}{4} m.M$                   | $\frac{1}{12} M(m1 + 3m2)$                                   | $\frac{7}{48} m.M \frac{mM}{12} [1 + (\frac{a'}{L}) + (\frac{a}{L})^2]$     |
| 11 |    | $\frac{2}{3} m.M$               | $\frac{5}{12} m.M$                  | $\frac{1}{4} m.M$                   | $\frac{1}{12} M(5m1 + 3m2)$                                  | $\frac{17}{48} m.M \frac{mM}{12} [5 \cdot (\frac{a}{L}) - (\frac{a}{L})^2]$ |
| 12 |    | $\frac{2}{3} m.M$               | $\frac{1}{4} m.M$                   | $\frac{5}{12} m.M$                  | $\frac{1}{12} M(3m1 + 5m2)$                                  | $\frac{17}{48} m.M \frac{mM}{12} [5 \cdot (\frac{b}{L}) - (\frac{b}{L})^2]$ |
| 13 |   | $\frac{2}{3} m.M$               | $\frac{1}{3} m.M$                   | $\frac{1}{3} m.M$                   | $\frac{1}{3} M(m1 + m2)$                                     | $\frac{5}{12} m.M \frac{mM}{3} [1 + (\frac{a}{L}) - (\frac{a}{L})^2]$       |
| 14 |  | $\frac{1}{6} m.(M1 + 4M0 + M2)$ | $\frac{1}{6} m.(M1 + 2M0)$          | $\frac{1}{6} m.(M2 + 2M0)$          | $\frac{1}{6} [m1M1 + m2M2 + 2(m1 + m2)M0]$                   | $\frac{m}{24} (M1 + 10M0 + M2) \frac{m}{6} [M4 + \frac{2}{L} (aM3 + bM5)]$  |

dans les formules les valeurs de m et M sont à reporter en valeur algébrique

$$\begin{aligned}
 & \text{Diagram: A rectangle of width } L \text{ and height } m. \text{ The left side is a semi-circle of radius } \frac{m}{2} \text{ and the right side is a semi-circle of radius } \frac{b}{2}. \text{ The center of the rectangle is at } x = \frac{L}{2}. \\
 & \text{Equation: } \lambda = \frac{1}{12} \left( -\frac{PL^2}{8} \right) \left[ \left( -\frac{L}{3} \right) + 3 \left( \frac{2L}{3} \right) \right] \frac{L}{E.I}
 \end{aligned}$$



## ANNEXE 2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.