

### A) Combinaison des charges :

#### Exercice N°1 :

La figure 1 représente un portique d'ossature poteaux poutres d'un bâtiment. On suppose que la poutre soit en béton armé repose sur deux poteaux en béton armé (encastrés en pied).

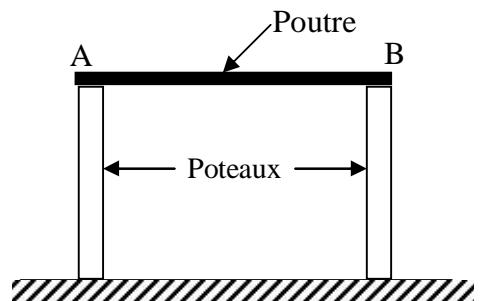
Les charges uniformément réparties supportées par la poutre AB sont : poids propre :  $g = 35 \text{ kN/m}$  et la charges d'exploitation :  $q = 7,5 \text{ kN/m}$

**On demande :**

1- de déterminer les réactions d'appuis sachant que le schéma statique de la poutre est montré sur la figure 2.

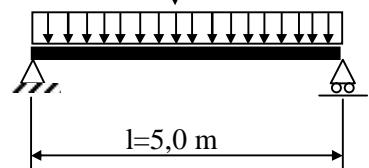
2- d'évaluer le moment maximal sur la poutre (section dangereuse en travée).

3- suivant les combinaisons de charges à l'E.L.U et à l'E.L.S, de déterminer  $M_{ult}$  et  $M_{ser}$  de la poutre et l'effort  $N_{c,ult}$  et  $N_{c,ser}$  des poteaux.



**Fig. 1**

$$P = f(g, q)$$



**Fig. 2**

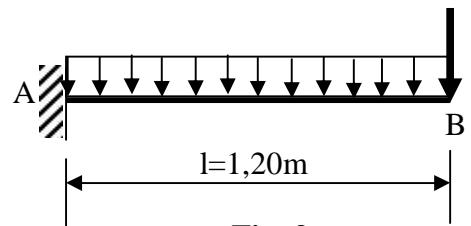
#### Exercice N° 2 :

La détermination du ferraillage d'une console se fait d'abord par la détermination de la section dangereuse, pour cela on veut étudier le chargement et les sollicitations les plus défavorables. En considérant que le poids propre  $g$  est une charge uniformément répartie sur toute la longueur de la console, ainsi que la charge d'exploitation  $q$ . Une autre charge permanente concentrée  $G$ , son point d'application est située à l'extrémité B (Figure 3).

On donne :  $g = 2368,5 \text{ daN/m}$ ,  $q = 4500 \text{ daN/m}$ , et  $G = 25 \text{kN}$ .

1- Quel sont les cas de chargement possible et évaluer les sollicitations  $M_A$  et  $T_A$  dangereuses.

2- Déduire le cas le plus défavorable à l'E.L.U et à l'E.L.S.



**Fig. 3**

## B) Traction simple :

### Exercice N° 1 :

Déterminer la section d'armature et contrôler les dispositions constructives du tirant horizontal de la **figure 1**. Ce tirant relie les montants inclinés d'un portique au niveau des appuis. Il repose sur le sol et son poids propre n'est pas à prendre en compte. Il est destiné à équilibrer les poussées horizontales du portique.

Données : Les armatures sont en acier FeE400,  $n = 1,6$ .

Pour le béton, on a  $f_{c28} = 27 \text{ MPa}$ .

Cas de fissuration : très préjudiciable

Sol jugé agressif

Effort normal de traction simple :

$$N_{ult} = 0,540 \text{ MN} ;$$

$$N_{ser} = 0,365 \text{ MN}.$$

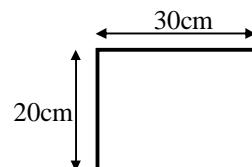


Fig.1

*Déterminer la section d'armature et contrôler les dispositions constructives du tirant horizontal de la figure 6.*

*Ce tirant relie les montants inclinés d'un portique au niveau des appuis.*

*Il repose sur le sol et son poids propre n'est pas à prendre en compte.*

*Il est destiné à équilibrer les poussées horizontales du portique.*

### Données

- Matériaux :

acier Fe E 400 ;  $n = 1,6$

béton  $f_{c28} = 27 \text{ MPa}$

- Cas de fissuration : très préjudiciable

- Sol jugé agressif

- Effort normal de traction simple :

$$N_u = 0,510 \text{ MN}$$

$$N_{ser} = 0,365 \text{ MN}$$

### Réponse

#### Calcul E.L.U.R.

- Contrainte de calcul de l'acier:

$$\text{pivot A; } \varepsilon_s = 10\% ; f_{su} = 348 \text{ MPa}$$

- Section théorique de l'armature

$$A_u = \frac{0,540}{348} \times 10^4 = 15,52 \text{ cm}^2 *$$

#### Calcul E.L.S.

- Contrainte de calcul  $\sigma_{st}$ :

$$\sigma_{st} = 170 \text{ MPa} \quad (\text{voir Annexe 2})$$

- Section théorique de l'armature:

$$A_{ser} = \frac{0,365}{170} \times 10^4 = 21,47 \text{ cm}^2$$

$A_{ser} > A_u \rightarrow \text{Choix de la section réelle :}$

4 HA 20 + 2 HA 25 totalisant 22,39 cm<sup>2</sup>

\*) Remarque : le calcul E.L.U.R. avec un acier HA Fe E 500 donne  $A_u = 12,42 \text{ cm}^2$ .

#### Dispositions constructives minimales

$c \geq 3 \text{ cm}$ : vérifié

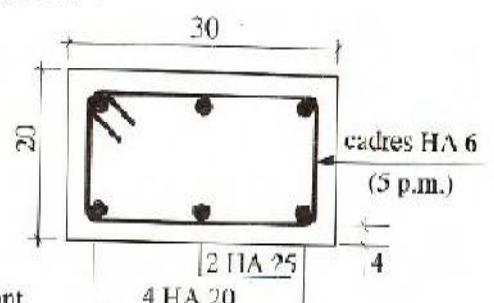
$e_b = 7,15 \text{ cm} \leq 3 \varnothing$ : conforme

Bétonnage correct assuré (B.A.E.L. A.7.2)

Même C.d.G. pour l'armature et la section de béton (acières disposés symétriquement)

Fig. 6

Section du tirant



## Exercice N° 2 :

Un atelier industriel est réalisé à l'aide d'éléments préfabriqués formant arcs isostatiques à trois articulations. Pour équilibrer les poussées engendrées en pied, un tirant horizontal AB repose sur le sol et relie les extrémités distantes de 16m (**figure 2**). On demande de déterminer l'armature du tirant à un effort de traction simple.

Données :

- Matériaux utilisés :
  - béton  $f_{c28}=22 \text{ MPa}$
  - acier FeE40,  $\eta=1,6$  (barre du commerce :  $L=12\text{m}$ )
- Section du tirant prévue :
  - $20\text{cm} \times 20\text{cm}$
- Fissuration jugée très préjudiciable :
- Efforts normaux :
  - $N_{ult}=0,420 \text{ MN}$  ;
  - $N_{ser}=0,300 \text{ MN}$ .

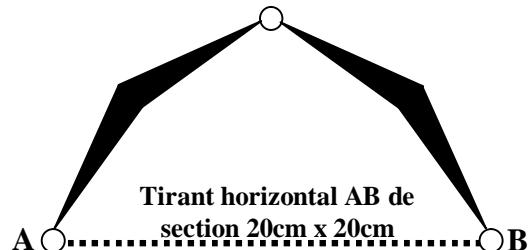
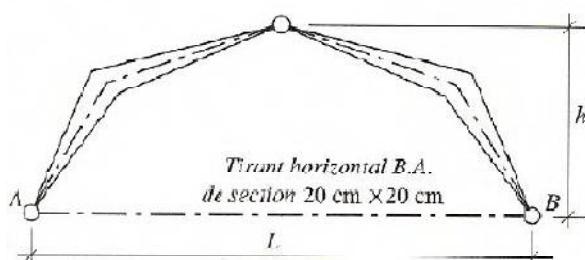


Fig.2

*Un atelier industriel est réalisé à l'aide d'éléments préfabriqués formant arcs isostatiques à trois articulations.*

*Pour équilibrer les poussées engendrées en pied, un tirant horizontal B.A. repose sur le sol et relie les extrémités distantes de 16 m.*

*Déterminer l'armature du tirant soumis à un effort normal de traction simple.*



### Données

- Matériaux utilisés :
  - béton  $f_{c28} = 22 \text{ MPa}$
  - acier Fe E 400;  $n = 1,6$
  - (barres du commerce :  $L = 12 \text{ m}$ )
- Section du tirant prévue :
  - $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$
- Fissuration jugée très préjudiciable
- Efforts normaux :
  - $N_u = 0,420 \text{ MN}$
  - $N_{ser} = 0,300 \text{ MN}$

Fig.7

Atelier industriel: éléments de la structure

### Réponses

#### Calcul E.L.U.R.

- Contrainte de calcul de l'acier :
 
$$f_{su} = 348 \text{ MPa}$$
- Section théorique de l'armature :
 
$$A_u = \frac{0,420}{348} \times 10^4 = 12,06 \text{ cm}^2$$

#### Calcul E.L.S.

- Contrainte de calcul de l'acier :
 
$$\overline{\sigma}_{st} = 158 \text{ MPa}$$
- Section théorique de l'armature :
 
$$A_{ser} = \frac{0,300}{158} \times 10^4 = 18,99 \text{ cm}^2$$

$A_{ser} > A_u \rightarrow$  Choix de la section réelle :  
4 HA 25 totalisant  $19,63 \text{ cm}^2$

(\*) Remarque : le calcul E.L.U.R. avec un acier HA Fe E 500 donne  $A_u = 9,66 \text{ cm}^2$ .

### Étude de la jonction des barres par recouvrement décalé

- (1 décalage / 2 barres)
- Longueur de recouvrement

$$l_s = 40 \text{ Ø} \\ = 40 \times 2,5 \text{ cm} = 100 \text{ cm.}$$

- Nombre de cadres  $n$  sur  $l_s$

Section totale de deux aciers tendus:

$$A_{st} = 9,82 \text{ cm}^2$$

Section d'un brin de cadre HA 8:

$$A_t = 0,5 \text{ cm}^2$$

Il faut  $2n \times A_t = A_{st}$ , d'où:

$$n = \frac{9,82}{2 \times 0,5} = 10 \text{ cadres,}$$

soit 10 HA 8 espacés de 10 cm.

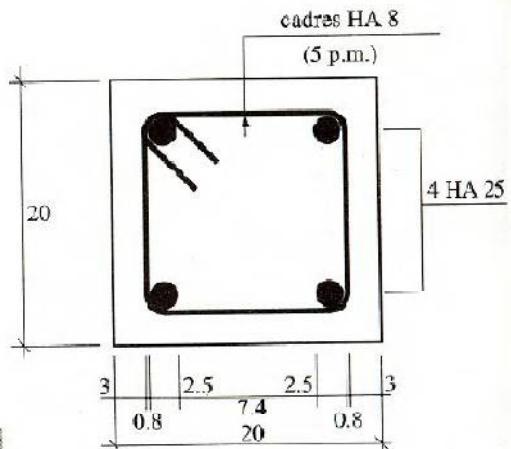


Fig. 8

Section du tirant

## C) Compression simple :

### Exercice N° 1 :

Soit à déterminer les armatures d'un poteau à section rectangulaire de 40x30 cm soumis à un effort normal centré  $N_u=1800 \text{ KN}$ .

Ce poteau fait partie de l'ossature d'un bâtiment à étages multiples, sa longueur de flambement a pour valeur  $l_f=3\text{m}$ . Les armatures longitudinales sont en acier FeE400.

Le béton a pour résistance à la compression à  $28j$   $f_c=28=25 \text{ Mpa}$ .

La majorité des charges n'est appliquée qu'après 90 jours.

- déterminer la section des armatures longitudinales et transversales ainsi que leur espacement.
- Faites le choix des aciers et le schéma de ferrailage de la section transversale.

### SOLUTION

#### 1. Armatures longitudinales

$$\lambda = 2\sqrt{3} \frac{300}{30} = 34.64 < 50$$

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2(\lambda/35)^2} = \frac{0.85}{1 + 0.2(34.6/35)^2} = 0.71$$

$$A_{th} \geq \left[ \frac{1.8}{0.71} - \frac{0.1064 \times 25}{1.35} \right] \frac{1.15}{400} = 1.623 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{th}=16.23 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4 \text{ T 20} + 2 \text{ T 16} (16.58 \text{ cm}^2)$$

$$A_{min} = \max(4u, 0.2B/100)$$

$$4u = 4(0.4 + 0.3) \cdot 2 = 5.6 \text{ cm}^2$$

$$0.2B/100 = 0.2(40 \times 30)/100 = 2.4 \text{ cm}^2$$

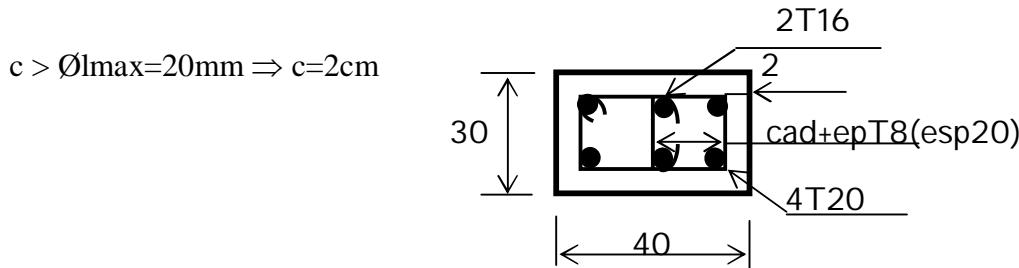
$$A_{min} = 5.6 \text{ cm}^2 \text{ d'où } A_{sc} = 16.23 \text{ cm}^2$$

#### 2. Armatures transversales

$$\varnothing t > \varnothing l_{max}/3 = 20/3 = 6.66 \text{ mm} \text{ on prend } \varnothing t = 8 \text{ mm}$$

$$t < \min \{ 0.4 ; a+0.1 ; 15 \varnothing l_{min} \}$$

$t < \min \{ 40 \text{ cm} ; 40 \text{ cm} ; 15 \times 1.6 = 24 \text{ cm} \}$  on prend  $t=20 \text{ cm}$



### Exercice N° 2 :

Un poteau isolé de bâtiment industriel supporte un effort normal ultime de compression  $N_u=1.8 \text{ MN}$ . Sa longueur libre est  $l_0= 4.00\text{m}$ . Ce poteau est encastré en pied dans sa fondation et supposé articulé en tête.

Caractéristiques des matériaux :

Béton  $f_{c28}=25 \text{ MPa}$

Acier FeE400

En supposant que l'élancement du poteau est voisin de  $\lambda = 35$  et que la section du poteau est circulaire.

1. Déterminer les dimensions de la section.

2. Calculer le ferraillage complet du poteau et représenter la section transversale du poteau.

### SOLUTION

#### 1. Armatures longitudinales

$$l_f = \frac{l_0}{\sqrt{2}} = 2.83\text{m}$$

$$\lambda = 4 l_f / D_1 \Rightarrow D_1 = 4 \times 2.83 / 35 = 0.32\text{m}$$

$$\alpha = 0.85 / [1 + 0.2(35/35)^2] = 0.708$$

$$Br \geq 0.9 \gamma_b N_u / \alpha \cdot f_{c28} \Rightarrow Br \geq 0.9 \times 1.5 \times 1.8 / 0.708 \times 25$$

$$Br \geq 0.137\text{m}^2 \Rightarrow D_2 = \sqrt{\frac{4Br}{\pi}} + 0.02$$

$$D_2 = 0.437 = 0.44\text{m} \Rightarrow D = \min(D_1, D_2) = \min(0.32, 0.44)$$

Donc, on prend  $D=35 \text{ cm}$ .

$$\text{Calculons } Br = \pi(D-0.02)^2/4 = 0.085\text{m}^2$$

$$A_{th} \geq \left[ \frac{N_u}{\alpha} - \frac{Br f_{c28}}{0.9 \gamma_b} \right] \cdot \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$A_{th} \geq \left[ \frac{1.8}{0.708} - \frac{0.085 \times 25}{1.35} \right] \cdot \frac{1.15}{400} = 2.784 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{th} = 27.84 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = \max(4u, 0.2B/100)$$

$$4u = 4\pi \times 0.35 = 4.39 \text{ cm}^2 ; 0.2B/100 = 0.2(\pi \times 35^2/4)/100 = 1.92 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 4.4 \text{ cm}^2 \text{ d'où } A_{sc} = 27.84 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 9H.A.20 (28.27\text{cm}^2)$$

## 2. Armatures transversales

$\varnothing t \geq \varnothing l_{max} / 3 = 20/3 = 6.66$  mm on prend  $\varnothing t=8$  mm

$t < \min \{ 0.4 ; a+0.1 ; 15 \varnothing l_{min} \}$

$t < \min \{ 40 \text{ cm} ; 45 \text{ cm} ; 1532=30 \text{ cm} \}$

on prend  $t=25$  cm

$c \geq \varnothing l_{max}=20\text{mm} \Rightarrow c=2\text{cm}$

