

Exercice N°01:

On utilise la méthode de dégression pour calculer les surcharges d'exploitation en fonction du nombre d'étages pour :

Un bâtiment en béton armé (R+8) à usage d'habitation et commerciale comportant :

- Un sous-sol : parc de stationnement.
- Un Rez-de chaussée : Centre commerciaux (grands magasins).
- 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème}, 8^{ème} étages : à usage d'habitation.
- Plancher terrasse (non accessible).

CORRECTION DE L'EXERCICE :

Un bâtiment en béton armé (R+8) à usage d'habitation et commerciale :

Sous-sol: parc de stationnement (Plancher dalle pleine) $Q=2,5 \text{ KN/m}^2$.

Plancher RDC (usage commercial : grands magasins) $Q=5 \text{ KN/m}^2$.

Plancher 1^{er} au 8^{ème} (habitations) $Q=1,5 \text{ KN/m}^2$.

Plancher terrasse (non accessible) $Q=1 \text{ KN/m}^2$.

Dégression des charges d'exploitation

Niveau	Dégression des charges par niveau	La charge (KN/m2)
08	$Nq_0=1,00$	1
07	$Nq_1=q_0+q_1$	2,5
06	$Nq_2=q_0+0,95 (q_1+q_2)$	3,85
05	$Nq_3=q_0+0,90 (q_1+q_2+q_3)$	5,05
04	$Nq_4=q_0+0,85 (q_1+q_2+q_3+q_4)$	6,1
03	$Nq_5=q_0+0,80 (q_1+q_2+q_3+q_4+q_5)$	7
02	$Nq_6=q_0+0,75 (q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6)$	7,75
01	$Nq_7=q_0+0,71 (q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6+q_7)$	8,45
R.D.C	$Nq_8=q_0+0,69 (q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6+q_7+q_8)$	9,28
S.SOL	$Nq_9=q_0+0,67 (q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6+q_7+q_8+q_9)$	12,39

Exercice N°02:

On utilise la méthode de dégression pour calculer les surcharges d'exploitation en fonction du nombre d'étages pour :

Un Tour en béton armé (R+18) à usage d'habitation et commerciale comportant :

- Un Sous Sol : Parking.
- Un Rez-de chaussée : Centre commerciaux.
- Du 1^{ème} au 18^{ème} étages : Usage d'habitation.
- Plancher terrasse (non accessible).

CORRECTION DE L'EXERCICE :

➤ **Surcharges d'exploitations**

Élément	Charges d'exploitation (KN / m ²)
Plancher terrasse inaccessible	1
Plancher courant	1.5
Escalier	2.5
Balcon	3.5
RDC « grands magasins »	5
S- Sol	2.5

Dégression des surcharges

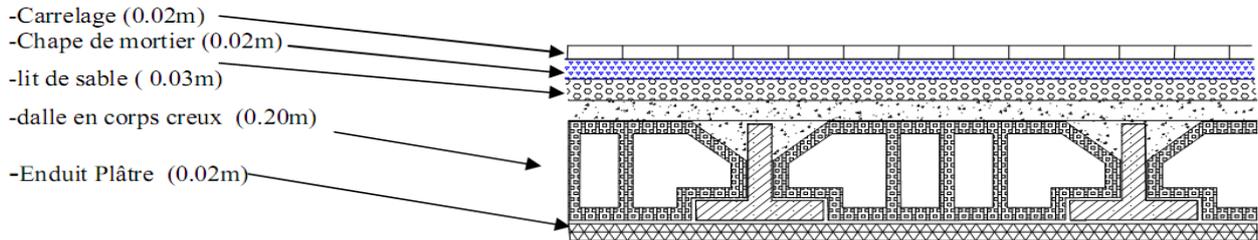
Niveau des planchers	Σ surcharge	Σ surcharge (KN/m ²)
18	$\Sigma_0=Q_0$	1
17	$\Sigma_1=Q_0+Q_1$	2,50
16	$\Sigma_2=Q_0+0,95(Q_1+Q_2)$	3,85
15	$\Sigma_3=Q_0+0,9(Q_1+Q_2+Q_3)$	5,05
14	$\Sigma_4=Q_0+0,85(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4)$	6,10
13	$\Sigma_5=Q_0+0,8(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5)$	7,00
12	$\Sigma_6=Q_0+0,75(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6)$	7,75
11	$\Sigma_7=Q_0+0,71(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+Q_7)$	8,45
10	$\Sigma_8=Q_0+0,69(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+Q_7+Q_8)$	9,28
9	$\Sigma_9=Q_0+0,67(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+Q_8+Q_9)$	10,04
8	$\Sigma_{10}=Q_0+0,65(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+Q_9+Q_{10})$	10,75
7	$\Sigma_{11}=Q_0+0,64(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11})$	11,56
6	$\Sigma_{12}=Q_0+0,63(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12})$	12,34
5	$\Sigma_{13}=Q_0+0,62(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13})$	13,09
4	$\Sigma_{14}=Q_0+0,60(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14})$	13,60
3	$\Sigma_{15}=Q_0+0,60(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15})$	14,50
2	$\Sigma_{16}=Q_0+0,59(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15}+Q_{16})$	15,16
1	$\Sigma_{17}=Q_0+0,588(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15}+Q_{16}+Q_{17})$	16,00
RDC	$\Sigma_{18}=Q_0+0,58(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15}+Q_{16}+Q_{17}+Q_{18})$	18,69
S-Sol	$\Sigma_{19}=Q_0+0,57(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6+ Q_7+ Q_8+ Q_9+Q_{10}+Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15}+Q_{16}+Q_{17}+Q_{18}+Q_{19})$	19,24

Exercice N°03:

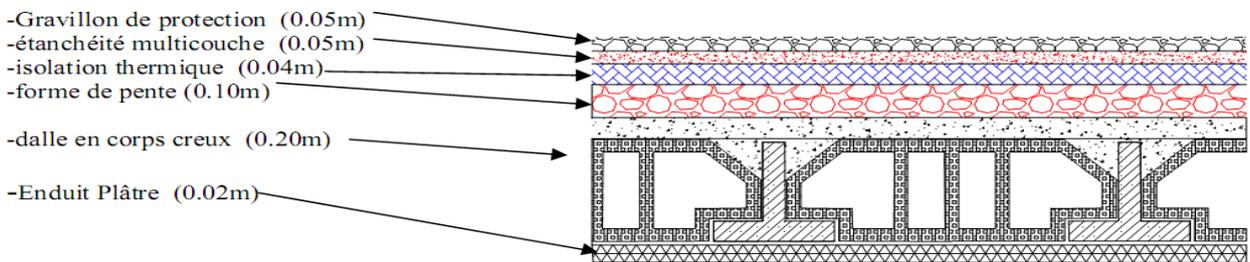
On considère les éléments d'un bâtiment en béton armé R+2 tel que : (plancher étage courant, plancher terrasse inaccessible, Murs de façade) indiqués sur les figures ci-dessous :

-Le but de cet exercice est de déterminer les Charges permanentes (G) et les Charges d'exploitation (Q) sachant que l'usage d'habitation.

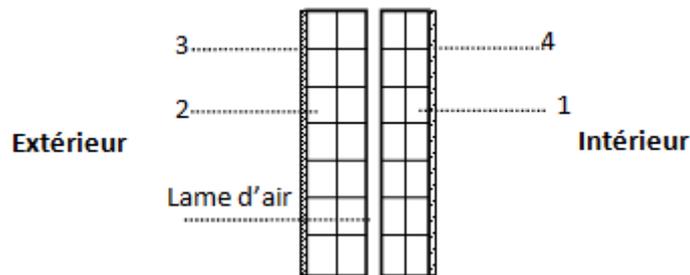
ETAGE COURANT :



Plancher terrasse inaccessible :



Murs de façade:



1-Briques creuses de 10cm, 2- Briques creuses de 15cm, 3- Enduit en ciment de 1.5cm, 4- Enduit en plâtre de 1.5cm.

CORRECTION DE L'EXERCICE :

Les charges permanentes du Murs de façade (extérieur)

Elément	Epaisseur (cm)	Masse volumique (KN/m ³)	Masse surfacique (KN/m ²)	Charges permanents (Surfacique) (KN / m ²)
1 Brique creuse	10	9		0.1×9=0,90
2 Brique creuse	15	9		0.15×9=1,35
3 Enduit en ciment	1.5	0.18		1.5×0.18=0,27
4 Enduit en plâtre	1.5	0.10		1.5×0.10=0.15
Total				G = 2.67KN / m²

Les charges permanentes du plancher étage courant

Elément	Epaisseur (cm)	Masse volumique (kn/m ³)	Masse(Surfacique) (KN / m ²)	Charges permanents (Surfacique) (KN / m ²)
1 Revêtement de carrelage	2		0.20	2×0.2=0.40
2 Mortier de pose	2		0.20	2 ×0.2 =0.40
3 Lit de Sable fin	3		18	0.03 x18 =0.54
4 Corps creux + dalle de compression	20		/	2.80
5 Enduit de plâtre	2		0.10	2×0.1=0.20
Total				G = 4.34 KN / m²

Les charges permanentes du plancher terrasse inaccessible

Elément	Epaisseur (cm)	Masse volumique (KN / m ³)	Masse(Surfacique) (KN / m ²)	Charges permanents (Surfacique) (KN / m ²)
1 Protection en gravillon (roulé)	5		0.2	5×0.2=1
2 Étanchéité multicouche	5		/	0.12
3 Isolation thermique	4		4	0.04×4=0.16
4 Béton de pente	10		0.22	10×0.22=2.2
5 Corps creux + dalle de compression	20		/	2.8
6 Enduit en plâtre	2		0.1	2×0.1=0.2
Total				G = 6.48 KN / m²

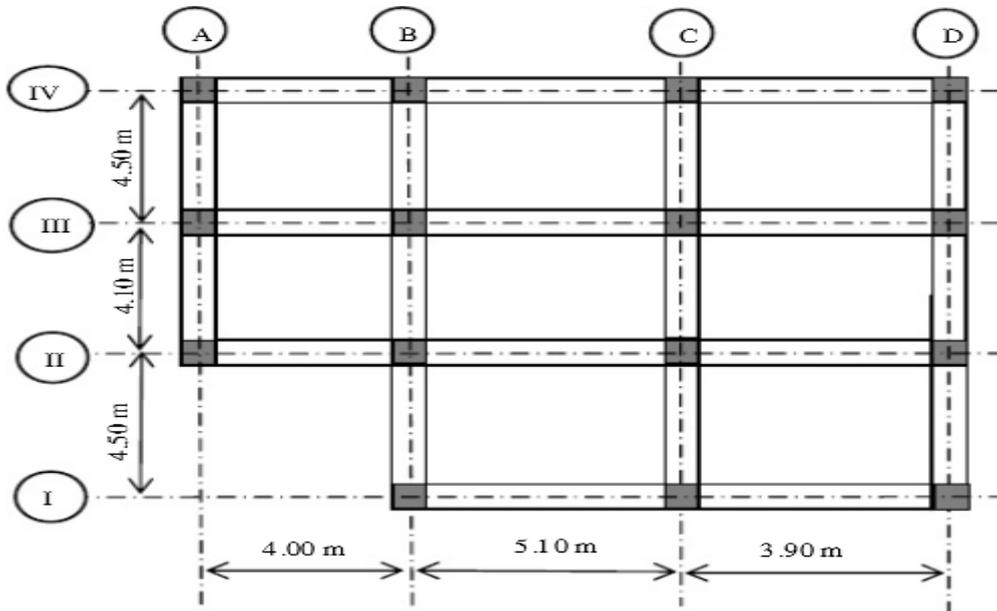
Surcharges d'exploitations

Elément	Charges d'exploitation (KN / m ²)
Plancher terrasse inaccessible	1
Plancher courant	1.5

Exercice N°04:

Soit un bâtiment (R+3) à usage d'habitation, la terrasse est accessible.

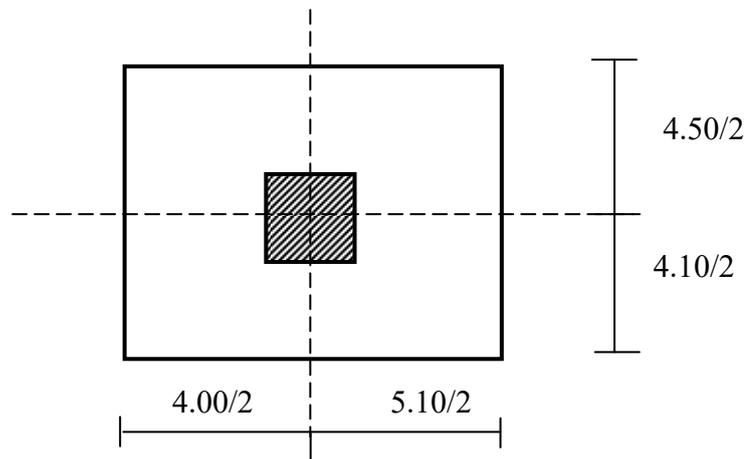
1. Déterminez le poteau le plus sollicité (Justifier par un calcul).



CORRECTION DE L'EXERCICE :

La section de calcul du poteau est faite de telle façon qu'il ne flambe pas

La surface afférente et la plus grande surface est donnée par: $S=19.57m^2$.

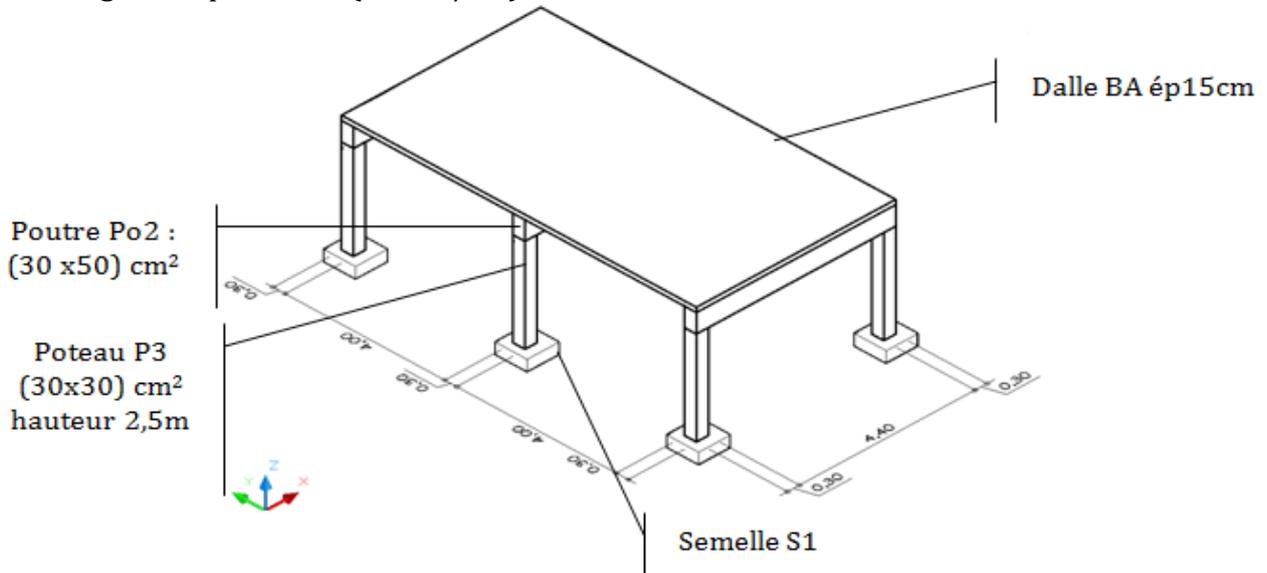


Le poteau le plus sollicité c'est : **BIII**.

Exercice N°05:

On cherche à déterminer la charge appliquée sur la fondation S1 située sous le poteau P3 sachant que :

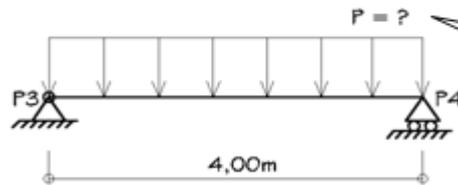
- Largeur de reprise : c'est la largeur de plancher que reprend la poutre. Cette largeur est perpendiculaire à la longueur de la poutre.
- Les charges d'exploitation ($2,5 \text{ KN/m}^2$).



CORRECTION DE L'EXERCICE :

On cherche à déterminer la charge appliquée sur la fondation S1 située sous le poteau P3 :

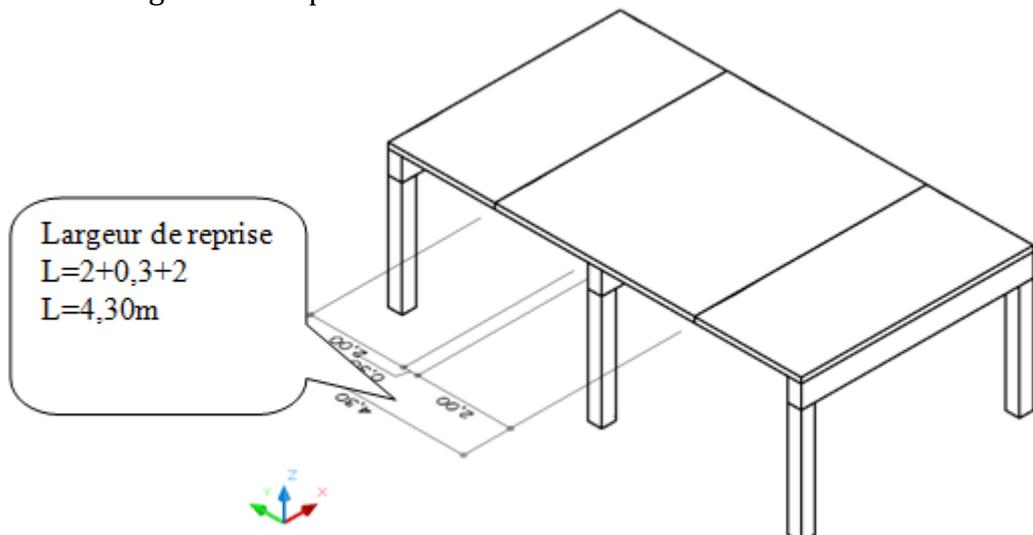
1) On détermine le schéma mécanique de la poutre Po2 (schéma incomplet) :



On ne connaît pas la valeur de P, on doit la déterminer

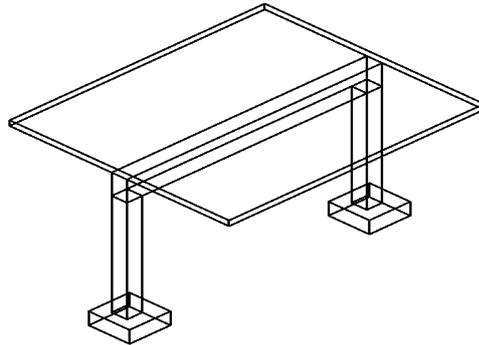
2) On détermine la « largeur de reprise »

Largeur de reprise : c'est la largeur de plancher que reprend la poutre. Cette largeur est perpendiculaire à la longueur de la poutre.



Largeur de reprise
 $L = 2 + 0,3 + 2$
 $L = 4,30\text{m}$

- 3) On calcul les charges permanentes : G et les charges d'exploitation : Q appliquées à la poutre :
- 4)



Pour cela on présente toujours les calculs dans un tableau :

Désignation	Calcul	G (KN/m)	Q (KN/m)
Poids propre de la dalle	$4,30 \times 1,00 \times 0,15 \times 25\text{KN/m}^3$	16,13	
Poids propre de la poutre	$0,3 \times 1,00 \times 0,50 \times 25\text{KN/m}^3$	3,75	
Charges d'exploitation	$4,30 \times 1,00 \times 2,5\text{KN/m}^2$		10,75
		19,88	10,75

Annotations:

- Largeur de reprise (points to 4,30 in the first row)
- Le chargement est calculé par mètre linéaire de longueur (points to the entire calculation row)
- Épaisseur de la dalle (points to 0,15 in the first row)
- Poids volumique du béton armé (points to 25 in the first row)
- Charge d'exploitation donnée (points to 2,5 in the third row)

$$G = 19,88 \text{ KN/m}$$

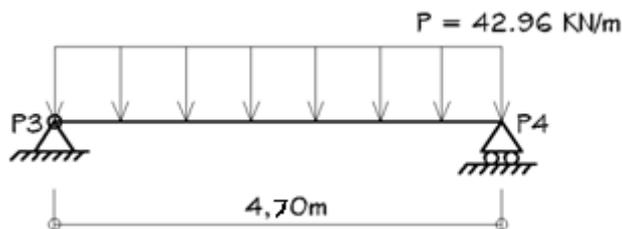
$$Q = 10,75 \text{ KN/m}$$

- 5) On calcul le chargement réparti P appliqué à la poutre (calcul à l'ELU):

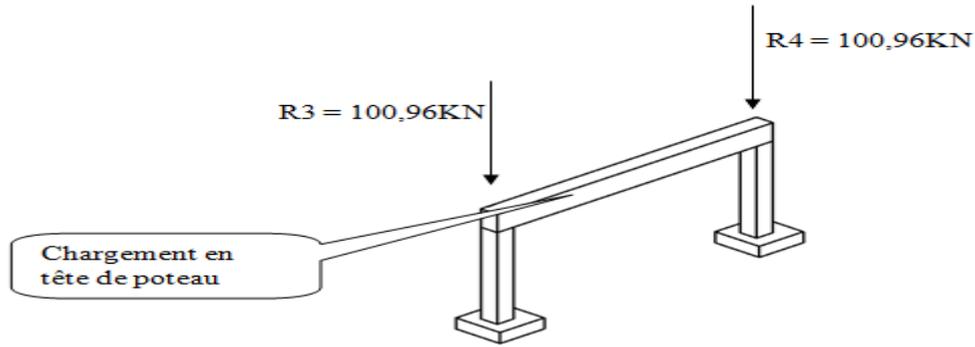
$$P = 1,35G + 1,5Q$$

$$P = 1,35 \times 19,88 + 1,5 \times 10,75 = 42,96 \text{ KN/m}$$

- 6) On complète le schéma mécanique de la poutre Po2 :



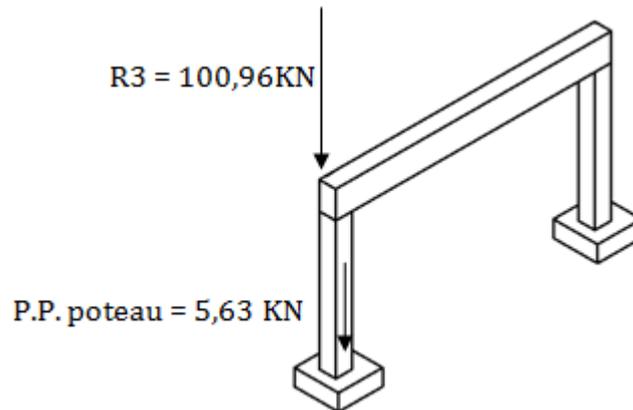
- 7) On détermine les réactions d'appui : $R3 = R4 = PL/2 = 100,96\text{KN}$.



8) On calcul le poids du poteau :

$$\text{Poids propre du poteau} = 0,30 \times 0,30 \times 2,50\text{mht} \times 25\text{KN/m}^3 = 5,63 \text{ KN}$$

9) On en déduit la charge en tête de semelle :

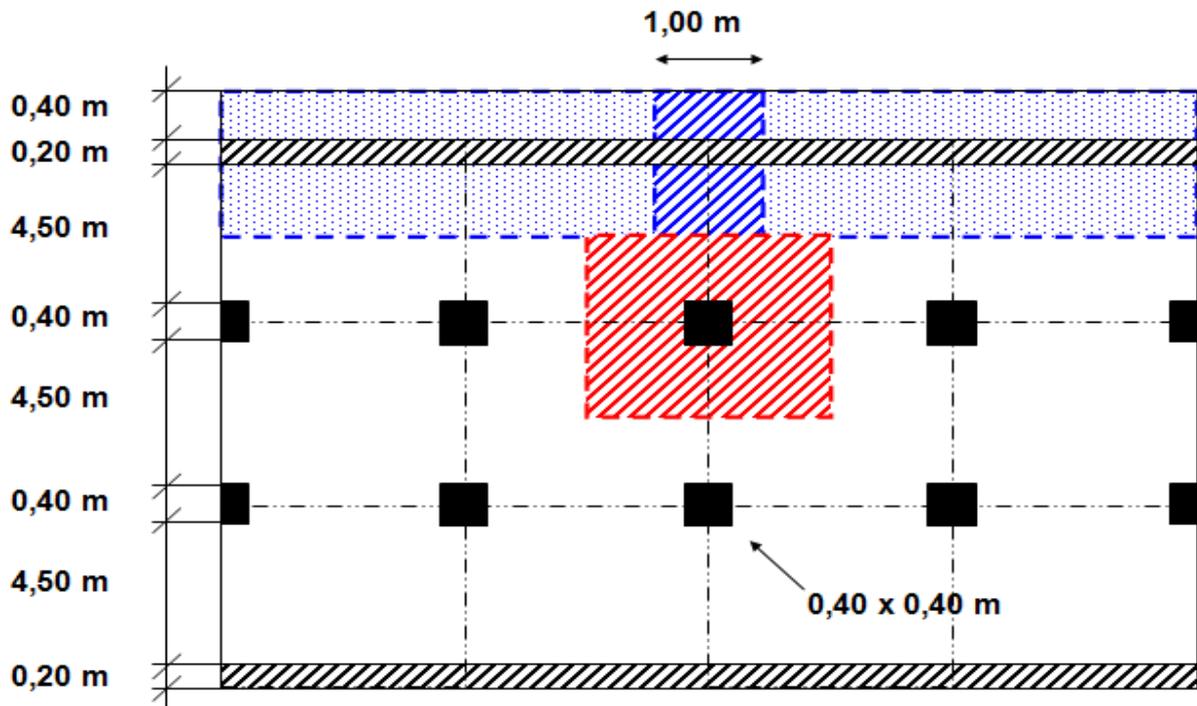
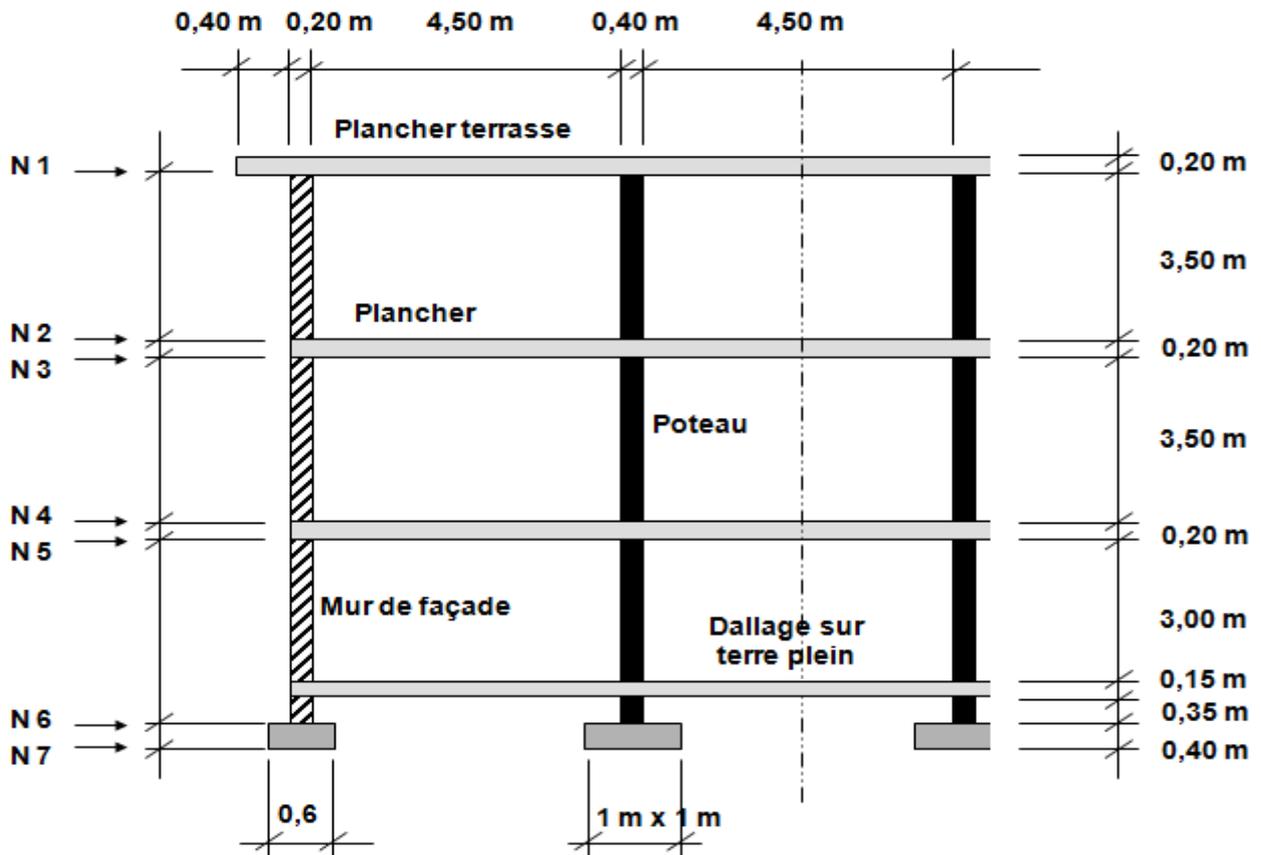


$$\text{Charge en tête de semelle} = R3 + \text{P.P. poteau} = 100,96 + 5,63 = 106,59\text{KN}$$

Charge en tête de semelle = 106,59KN

Exercice N°06:

Soit un Bâtiment à usage d'habitation avec ascenseur et escalier de service (volées droites préfabriquées), constitué de Rez-de-chaussée et deux étages (Voir figure ci-dessous).



- Les séjours disposent, en façade, de balcons.
- Les planchers avec poutrelles préfabriquées et table de compression type (16+4): 2850N/m².
- Plancher-terrasse non accessible au public et avec protection lourde comprise : 5000N/m².
- Fondations par semelles continues en B.A.
- Murs de façade en blocs creux de béton en gravillons lourds hourdés au mortier de ciment avec potelets raidisseurs incorporés et chaînages horizontaux : 2700N/m².
- Voile en B.A. pour refend : épaisseur 20 cm.
- Etanchéité multicouche : 120N/m².

Questions :

1-Déterminer les surfaces de plancher reprises par les éléments porteurs.

Pour les voiles ou murs, prendre une tranche de bâtiment de longueur 1 m (sans baie), sur la hauteur totale du bâtiment.

2-Considérer chaque travée de plancher indépendante.

3-Différencier les charges permanentes et d'exploitation.

4-Effectuer la descente de charges niveau par niveau par calcul cumulé à partir du haut et jusqu'aux fondations.

5-Calculer la pression exercée sur le sol (avec et sans coefficient de pondération), c.à.d. Calculer la Contrainte exercée sur le sol par les fondations, à l'ELS et à l'ELU ?

CORRECTION DE L'EXERCICE :

A - Voile ou mur porteur

Niveau	Désignation des éléments	Charges permanentes G						Charges d'exploitation Q				
		L	I	H	Poids unité	Total (N)	Cumul (N)	L	I	Poids unité	Total (N)	Cumul (N)
N1	Etanchéité	2.85	1	/	120	342	342	/	/	/	/	/
	Terrasse	2.85	1	/	5000	14250	14592	2.85	1	1000	2850	2850
N2	Mur de façade	1	/	3.50	2700	9450	24042	/	/	/	/	2850
N3	Plancher	2.45	1	/	2850	6982.5	31024.5	2.25	1	1500	3375	6225
N4	Mur de façade	1	/	3.50	2700	9450	40474.5	/	/	/	/	6225
N5	Plancher	2.45	1	/	2850	6982.5	47457	2.25	1	1500	3375	9600
N6	Mur de façade	1	/	3.50	2700	9450	56907	/	/	/	/	9600
N7	Semelle B.A.	1	0.60	0.40	25000	6000	62907	/	/	/	/	9600

B – Poteau le plus sollicité

Niveau	Désignation des ouvrages	Charges permanentes G						Charges d'exploitation Q				
		L	I	H	Poids unité	Total (N)	Cumul (N)	L	I	Poids unité	Total (N)	Cumul (N)
N1	Etanchéité	4.9	4.9	/	120	2881.2	2881.2	/	/	/	/	/
	Terrasse	4.9	4.9	/	5000	120050	122931.2	4.9	4.9	1000	24010	24010
N2	Poteau B.A.	0.4	0.4	3.5	25000	14000	136931.2	/	/	/	/	24010
N3	Plancher	4.9	4.9	/	2850	68428.5	205359.7	4.9	4.9	1500	36015	60025
N4	Poteau B.A.	0.4	0.4	3.5	25000	14000	219359.7	/	/	/	/	60025
N5	Plancher	4.9	4.9	/	2850	68428.5	287788.2	4.9	4.9	1500	36015	96040
N6	Poteau B.A.	0.4	0.4	3.5	25000	14000	301788.2	/	/	/	/	96040
N7	Semelle B.A.	1	1	0.4	25000	10000	311788.2	/	/	/	/	96040

Sous le voile porteur :

- Pression exercée sur le sol de fondation à l'E.L.S.
 $\sigma=(G+Q)/S= (62907+9600)/(600 \times 1000)$
 Donc : $\sigma=0.121 \text{ N/mm}^2$.
- Pression exercée sur le sol de fondation à l'E.L.U.
 $\sigma=(1.35G+1.5Q)/S$
 Donc : $\sigma=0.165 \text{ N/mm}^2$.

Sous le poteau le plus sollicité :

- Pression exercée sur le sol de fondation à l'E.L.S.
 $\sigma=(G+Q)/S= (311788.2+96040)/(1000 \times 1000)$
 Donc : $\sigma=0.408 \text{ N/mm}^2$.
- Pression exercée sur le sol de fondation à l'E.L.U.
 $\sigma=(1.35G+1.5Q)/S$
 Donc : $\sigma=0.565 \text{ N/mm}^2$.

Exercice N°07:

(Dimensionnement d'un escalier)

Calculez la valeur manquante.

Longueur du pas	Hauteur	Longueur
63 cm	19 cm	_____ cm
65 cm	_____ cm	29 cm
_____ cm	18 cm	27 cm
61 cm	17,5 cm	_____ cm
64 cm	_____ cm	_____ cm

CORRECTION DE L'EXERCICE :

Longueur du pas	Hauteur	Longueur
		25 cm
	18 cm	
63cm		
		26 cm
	17 cm	30 cm

Exercice N°08:

Un escalier droit constitué de deux volées semblables et d'un palier (voir figure.1 ci-contre), la hauteur d'étage 3,06m. E=1.20m.

- Calculez les dimensions ? - Evaluez les charges et les surcharges ?

Dans la mesure du possible on choisi comme droite d'égal balancement $2h + g = 630mm$.

- Dans quelle situation peut-on utiliser cet escalier?

(Utilisation de l'abaque)

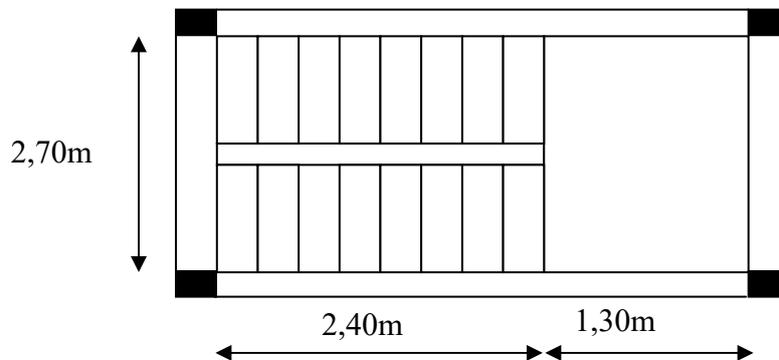


Figure : Escalier « vue en plan ».

CORRECTION DE L'EXERCICE :

UTILISATION DE L'ABAQUE :

Trois entrées possibles :

- L'angle d'inclinaison α de l'escalier
- Hauteur des marches
- Dimension du giron

Exemple d'utilisation :

Soit un escalier dont la hauteur, entre le sol fini et la face supérieure du premier palier = 1500mm

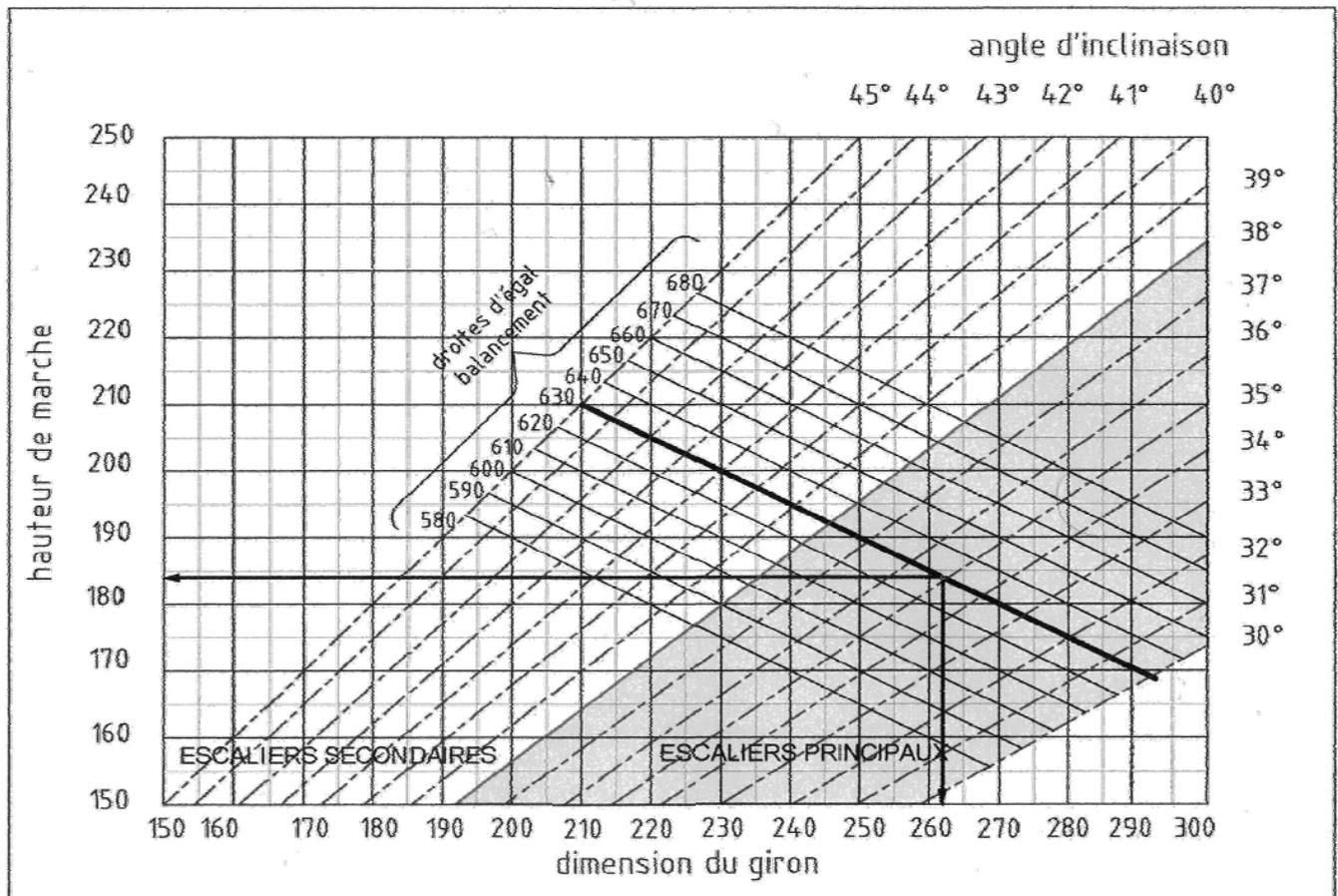
Encombrement au sol disponible= 2142mm

On recherche la valeur de α l'angle d'inclinaison

$$\tan \alpha = \frac{1500}{2142} = 0.7009 \rightarrow \boxed{\tan^{-1} \alpha = 35^\circ}$$

Dans la mesure du possible on choisi comme droite d'égal balancement $2h + g = 630mm$

1. Dans les angles d'inclinaison choisir la droite 35°
2. la suivre jusqu'à son intersection avec la droite d'égal balancement 630,
- à partir de cette intersection
3. tracer une droite horizontale vers la gauche en direction de la hauteur de marche (Lecture h =184mm)
4. et tracer une droite verticale en direction de la dimension du giron (lecture g =262 mm)



- Dimensionnement des marches et contre marches :

$$\begin{cases} H = n \times h \Rightarrow h = H/n \\ L = (n-1) \cdot g \Rightarrow g = L/(n-1) \end{cases}$$

D'après BLONDEL on a : $\frac{L}{(n-1)} + 2 \times \frac{H}{n} = m$

Et puis : **$m n^2 - (m+L + 2H) n + 2H = 0 \dots (2)$**

Avec : $m=64\text{cm}$ et $H=306/2=153\text{cm}$ et $L=240\text{cm}$

Donc l'équation (2) devient : **$64n^2 - 610n + 306 = 0$**

La solution de l'équation est : **$n=9$ (nombre de contre marche)**

Donc : **$n-1=8$ (nombre de marche)**

Puis: **$h = \frac{H}{n} = \frac{153}{10} = 15,30 \text{ cm}$** ;

donc on prend : $h = 17 \text{ cm}$

$g + 2h = 64$ donc : $g = 30\text{cm}$

D'après la formule de BLONDEL on a :

$$59 \leq 2h + g \leq 66$$

$$2 \times 17 + 30 = 64 \quad \text{et } 59\text{cm} < 64\text{cm} < 66\text{cm}$$

L'inégalité vérifiée,

on a 8 marches avec $g=30\text{cm}$ et $h=17\text{cm}$.

$$\text{tga} = \frac{17}{30} = 0,567 \Rightarrow \alpha = 29,54^\circ \Rightarrow \text{cosa} = 0,87$$

- Epaisseur de la paillasse (ep):

$$\begin{aligned} \frac{1}{30} \leq e_v \leq \frac{1}{20} &\Leftrightarrow \frac{L}{30\text{cosa}} \leq e_v \leq \frac{L}{20\text{cosa}} \\ &\Leftrightarrow \frac{310}{30 \times 0,87} \leq e_v \leq \frac{310}{20 \times 0,87} \Leftrightarrow 11,87\text{cm} \leq e_v \leq 17,81\text{cm} \end{aligned}$$

on prend: **$e_v = 12 \text{ cm}$**

3-Epaisseur de palier (ep):

$$ep = \frac{e_v}{\text{cosa}} = \frac{12}{0,87} = 13,79\text{cm}$$

On prend : **$ep=14\text{cm}$** .

- Evaluation des charges et des surcharges:

a) Paillasse :

N ^o	Désignation	Ep (m)	densité KN/m ³	poids KN/m ²
1	Revêtement en carrelage horizontal	0,02	20,00	0,40
2	Mortier de ciment horizontal	0,02	20,00	0,40
3	Lit de sable	0,02	18,00	0,36
4	Revêtement en carrelage vertical R _h x h/g	0,02	20,00	0,23
5	Mortier de ciment vertical e _{ph} x h/g	0,02	20,00	0,23
6	Poids propre de la paillasse e _v x 25 / cos α	0,12	25,00	3,45
7	Poids propre des marches h/2 x 22	/	22,00	1,87
8	Garde- corps	/	/	0,10
9	Enduit en ciment 2x0,1/cosα	0,02	10,00	0,23

-Charge permanente : $G=7,27\text{KN/m}^2$
 -Surcharge : $Q=2,5\text{KN/m}^2$
 $q_u = (1,35G+1,5Q).1\text{m} = 13,56\text{KN/ml}$
 $q_{ser} = (G+Q).1\text{m} = 9,77\text{KN/ml}$

b) Palier :

N ^o	Désignation	ep (m)	Densité (KN/m ³)	Poids KN/m ²
1	Poids propre du palier epx25	0,14	25,00	3,50
2	Revêtement en carrelage horizontal	0,02	20,00	0,40
3	Mortier de pose	0,02	0,20	0,40
4	Lit de sable	0,02	18,00	0,36
5	Enduit de ciment	0,02	10,00	0,20

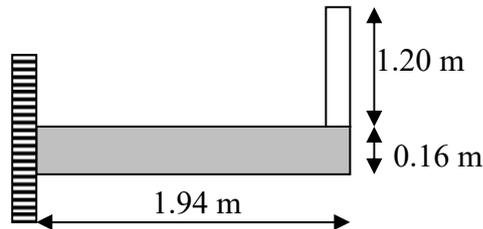
- Charge permanente : $G_2=4,86\text{KN/m}^2$
 - Surcharge d'exploitation : $Q=2,5\text{KN/m}^2$

$\left\{ \begin{array}{l} q_u = 10,31\text{KN/ml} \\ q_{ser} = 7,36\text{KN/ml} \end{array} \right.$

Exercice N°09:

On considère le type du balcon d'un bâtiment à usage d'habitation représenté ci-dessous :

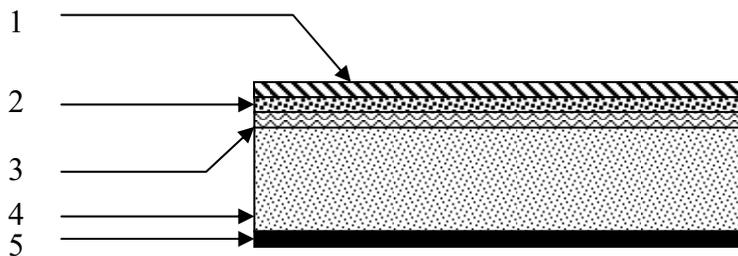
- Evaluez les charges et les surcharges ?
- Calculez les sollicitations et tracez le schéma statique?



CORRECTION DE L'EXERCICE :

Descente de charge

N°	Désignation	Epaisseur (cm)	poids		Charges $\frac{KN}{m^2}$
			$\frac{KN}{m^2}$	$\frac{KN}{m^3}$	
1	Carrelage	2	0.2	/	0.40
2	Mortier de pose	2	0.2	/	0.40
3	Lit de sable	2	/	0.18	0.36
4	Dalle pleine	16	0.25	/	4.00
5	Enduit en plâtre	2	0.1	/	0.20



Poids propre $G = 5.36 \text{ KN/m}^2$

Surcharge $Q = 3.5 \text{ KN/m}^2$

$$Q_u = 1.35G + 1.5Q = 12.49 \text{ KN/m}^2$$

Charge par ml: $Q_u = 12.49 \times 1 = 12.49 \text{ KN/ml}$

Calcul de la charge concentrée:

Poids propre du mur en briques perforées:

$$P = \delta \times b \times h \times 1m = 13 \times 0.1 \times 1.2 \times 1m = 1.56 \text{ KN}$$

$P_u = 1.35P = 2.11 \text{ KN}$

$P_s = P = 1.56 \text{ KN}$

Calcul du moment Max et de l'effort tranchant max:

$$M_{\max} = -\frac{Q_u l^2}{2} - P_u l = -27.60 \text{ KN.m}$$

$T_{\max} = Q_u l + P_u = 26.34 \text{ KN}$

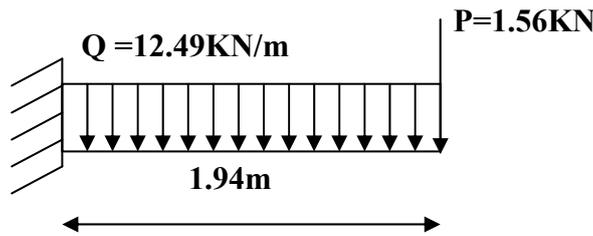


Schéma statique.

Exercice N°10:

Il s'agit de déterminer les actions du vent s'exerçant sur le bâtiment industriel en structure métallique présenté à la figure E1.1 pour un vent perpendiculaire nous utilisons **RNV 99** :

- Au long-pan sans ouvertures (sens V1 du vent) ;
- Au pignon (sens V2 du vent).

Données relatives au site :

- Site plat;
- Zone I;
- Terrain de catégorie III.

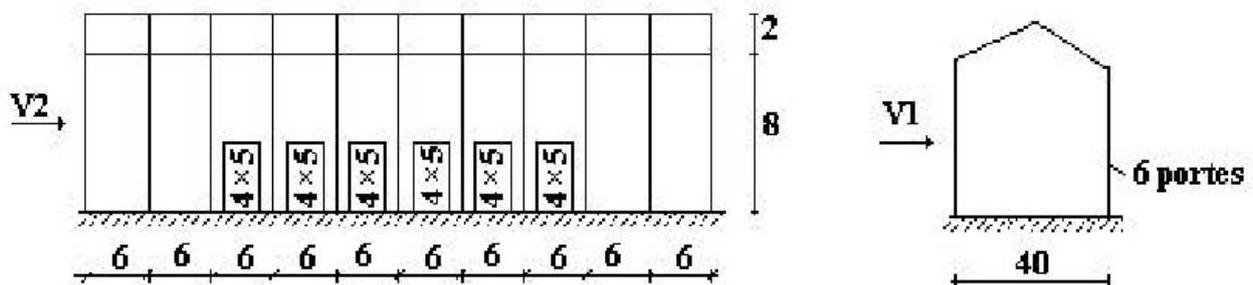


Figure E1.1 : Données géométriques

CORRECTION DE L'EXERCICE :

Données relatives au site :

- Site plat : $C_t(z) = 1$;
- Zone I : $q_{\text{réf}} = 375 \text{ N/m}^2$;
- Terrain de catégorie III : $K_T = 0,22$; $z_0 = 0,3 \text{ m}$; $z_{\text{min}} = 8 \text{ m}$.

N.B. : Les fenêtres seront considérées fermées. Les portes seront considérées ouvertes.

DETERMINATION DU COEFFICIENT DYNAMIQUE C_d

La structure du bâtiment étant métallique.

On doit déterminer la valeur de C_d pour chaque direction du vent :

· Vent perpendiculaire au long-pan (sens V1 du vent) :

La lecture pour $h = 10$ m et $b = 60$ m donne $C_d \approx 0,88$;

· Vent perpendiculaire au pignon (sens V2 du vent) :

La lecture pour $h = 10$ m et $b = 40$ m donne $C_d \approx 0,91$.

La structure sera donc considérée comme peu sensible aux excitations dynamiques dans les deux directions du vent.

DETERMINATION DE LA PRESSION DYNAMIQUE q_{dyn}

La structure est de hauteur totale ≤ 10 m. Il n'y a donc pas lieu de subdiviser le maître couple.

On calculera donc la pression dynamique :

· à $z = 10$ m pour la toiture,

· à $z = 4$ m pour les parois verticales (c'est à dire à mi-hauteur).

Coefficient de rugosité :

Le coefficient de rugosité est donné ci-dessous:

$C_r(10) = 0,771$ (toiture).

$C_r(4) = 0,722$ (paroi verticales).

Remarque : Le coefficient de rugosité à $z = 4$ m pour les parois verticales est calculé en introduisant $z = z_{min} = 8$ m.

Coefficient d'exposition :

Le coefficient d'exposition est donné ci-dessous :

$C_e(10) = 1,781$ (toiture).

$C_e(4) = 1,633$ (paroi verticales).

Valeur de la pression dynamique

La pression dynamique est donnée ci-dessous:

$q_{dyn}(10) = 375 \cdot 1,781 = 670 \text{ N/m}^2$ (toiture).

$q_{dyn}(4) = 375 \cdot 1,633 = 615 \text{ N/m}^2$ (parois verticales).

VENT PERPENDICULAIRE AU LONG-PAN SANS OUVERTURES (DIRECTION V1)

Coefficients de pression extérieure C_{pe}

· Parois verticales

On se réfère au RNV 99 paragraphe 1.1.2. du chapitre 5 : à la figure 5.1 pour déterminer les différentes zones de pression, et au tableau 5.1 pour tirer les valeurs des coefficients C_{pe} .

Pour cette direction du vent (V1, voir figure E1.1), $b = 60$ m, $d = 40$ m, $h = 10$ m, $e = \text{Min. } [60 ; 2 \times 10] = 20$ m. Les zones de pression et les valeurs respectives des coefficients correspondant à ces zones sont portées sur la figure E1.2.

• Toiture

On se réfère au paragraphe 1.1.5. du chapitre 5(RNV 99) : la direction du vent est définie par un angle $\theta = 0^\circ$ (cf. chapitre 5, § 1.1.5.1) ; les différentes zones de pression sont données par la figure 5.4, les valeurs des coefficients C_{pe} ($\theta = 0^\circ$ et $\alpha = 5^\circ$) sont tirées du tableau 5.4. Les zones de pression et les valeurs respectives des coefficients de pression sont portées sur la figure E1.3.

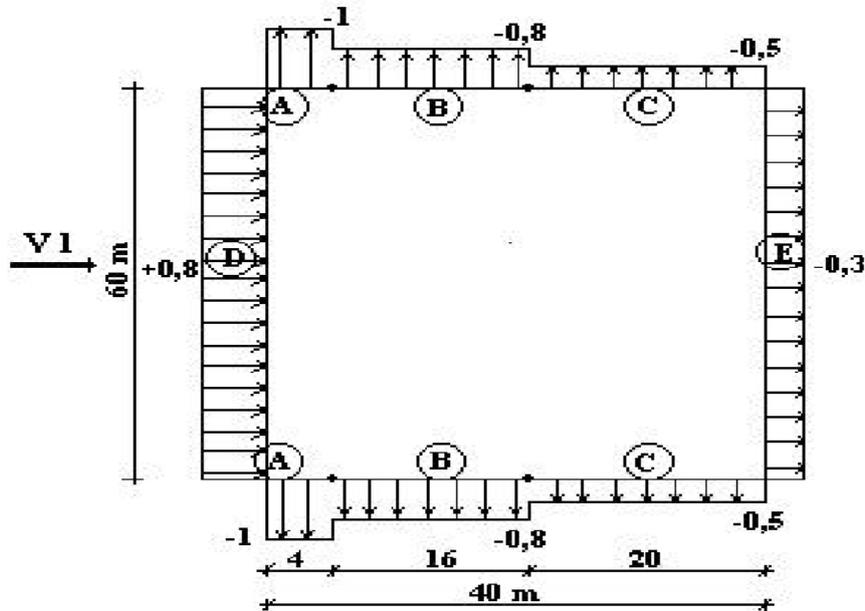


Figure E1.2 : Valeurs de C_{pe} pour les parois verticales - Direction V1 du vent

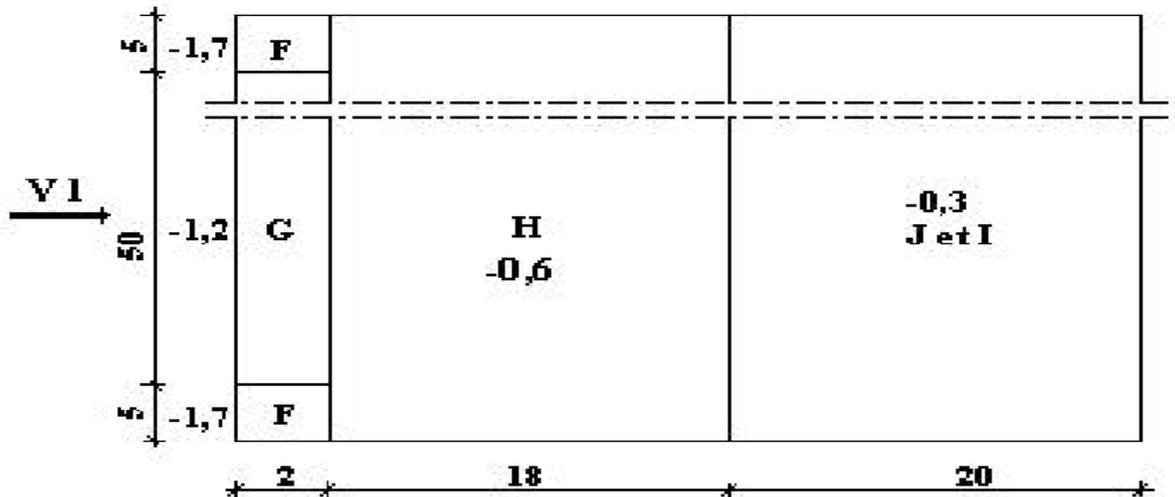


Figure E1.3 : Valeurs de C_{pe} pour la toiture - Direction V1 du vent

Coefficient de pression intérieure C_{pi}

On détermine tout d'abord l'indice de perméabilité μ_p .

$\mu_p = 120 / 120 = 1$; $C_{pi} = - 0,5$.

Calcul des pressions

Les pressions q_j sont calculées à l'aide des formules 2.1 et 2.2 (RNV 99), ce qui donne :

• **Parois verticales**

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau E1.1 : Pressions sur les parois verticales - Direction V1 du vent

zone	Cd	qdyn (N/m ²)	Cpe	Cpi	qj (N/m ²)
D	0,88	615	0,8	-0,5	+702
A	0,88	615	-1	-0,5	-270
B	0,88	615	-0,8	-0,5	-162
C	0,88	615	-0,5	-0,5	0
E	0,88	615	-0,3	-0,5	+108

• **Toiture**

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau E1.2 : Pressions sur la toiture - Direction V1 du vent

zone	Cd	qdyn (N/m ²)	Cpe	Cpi	qj (N/m ²)
F	0,88	670	-1,7	-0,5	-710
G	0,88	670	-1,2	-0,5	-415
H	0,88	670	-0,6	-0,5	-60
I	0,88	670	-0,3	-0,5	+120
J	0,88	670	-0,3	-0,5	+120

Les figures ci-après illustrent la répartition des pressions sur les parois dans la direction du vent V1.

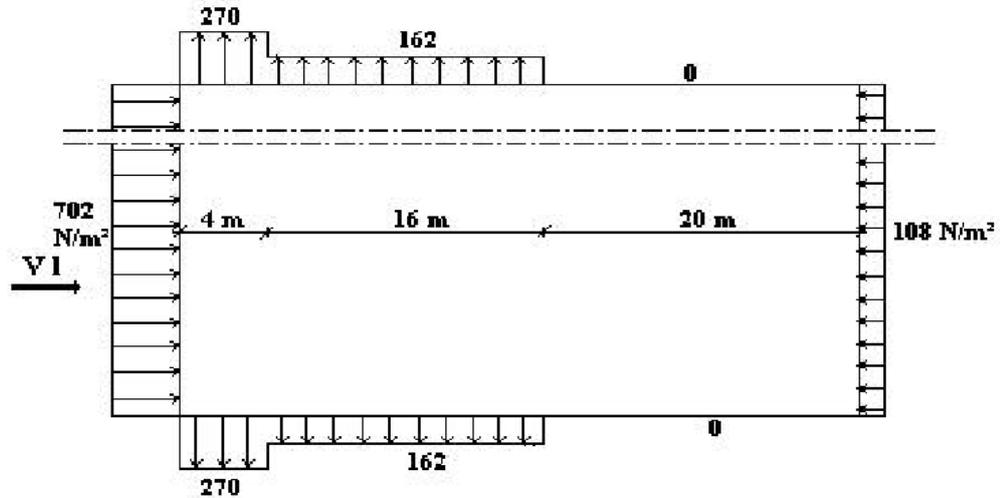


Figure E1.4 : Répartition des pressions sur les parois verticales - Direction du vent V1

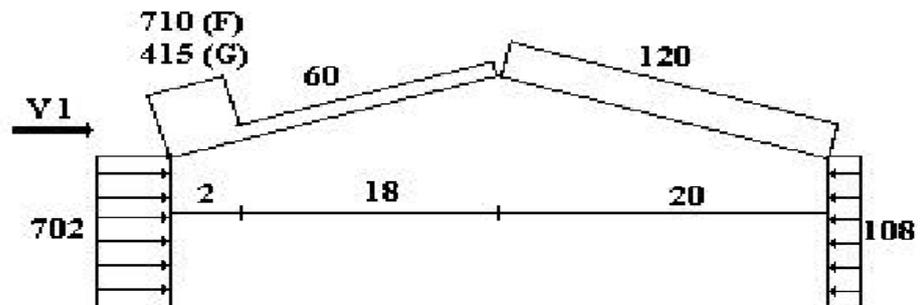


Figure E1.5 : Répartition des pressions sur la toiture - Direction du vent V1

VENT PERPENDICULAIRE AU PIGNON (DIRECTION V2)

Coefficients de pression extérieure Cpe

• **Parois verticales**

Pour cette direction du vent, $b = 40\text{ m}$, $d = 60\text{ m}$, $h = 10\text{ m}$, $e = \text{Min. } [40 ; 2 \times 10] = 20\text{ m}$. Les zones de pression et les valeurs respectives des coefficients correspondant à ces zones sont portées sur la figure E1.6.

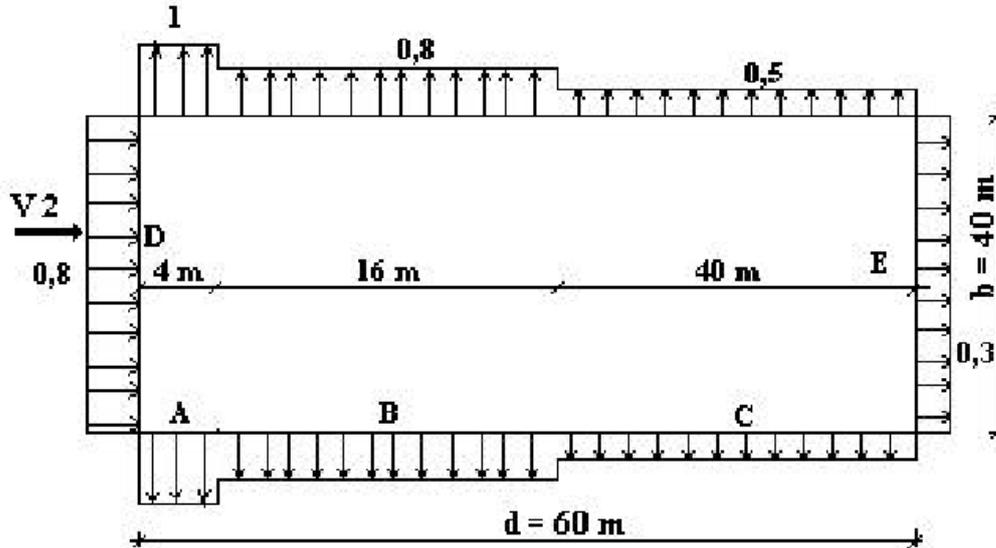


Figure E1.6 : Valeurs de C_{pe} sur les parois verticales - Direction du vent V2

• **Toiture**

On se réfère au paragraphe 1.1.5. du chapitre 5 : la direction du vent est définie pour un angle $\theta = 90^\circ$ (cf. chapitre 5, § 1.1.5.1) ; la figure 5.4 permet de déterminer les différentes zones de pression ; les valeurs des coefficients C_{pe} sont tirées du tableau 5.4 ($\theta = 90^\circ$ et $\alpha = 5^\circ$). Les zones de pression et les valeurs respectives des coefficients correspondant à ces zones sont portées sur la figure E1.7 (dans notre cas, $b = 40\text{ m}$, $d = 60\text{ m}$, $h = 10\text{ m}$, $e = \text{Min. } [40 ; 2 \times 10] = 20\text{ m}$).

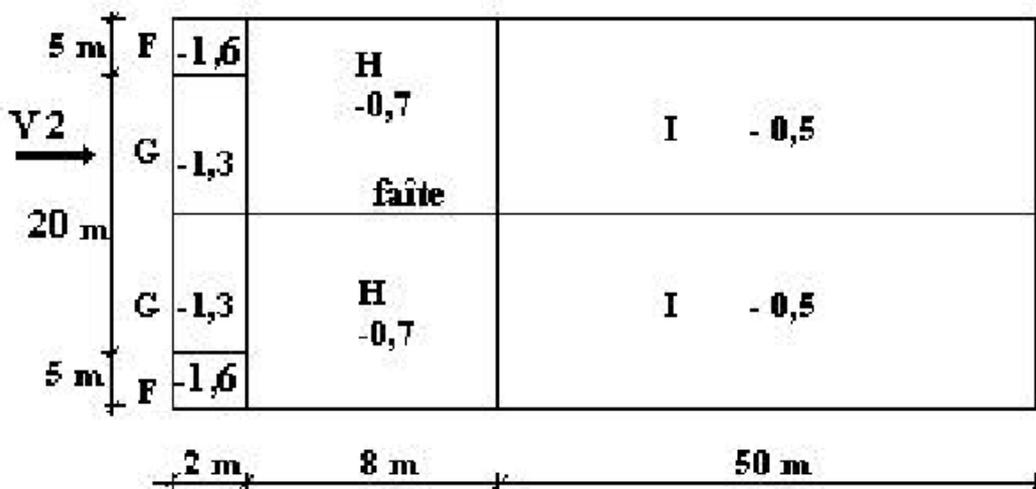


Figure E1.7 : Valeurs de C_{pe} pour la toiture - Direction du vent V2

Coefficient de pression intérieure Cpi

On détermine tout d'abord l'indice de perméabilité μ_p .

$\mu_p = 120 / 120 = 1$; $C_{pi} = - 0,5$.

Calcul des pressions

Les pressions q_j sont calculées à l'aide des formules 2.1 et 2.2 (RNV 99), ce qui donne :

• **Parois verticales**

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau E1.3 : Pressions sur les parois verticales - Direction V2 du vent

zone	Cd	qdyn (N/m ²)	Cpe	Cpi	qj (N/m ²)
D	0,91	615	0,8	-0,5	+726
A	0,91	615	-1	-0,5	-279
B	0,91	615	-0,8	-0,5	-168
C	0,91	615	-0,5	-0,5	0
E	0,91	615	-0,3	-0,5	+112

• **Toiture**

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau E1.3 : Pressions sur la toiture - Direction V2 du vent

zone	Cd	qdyn (N/m ²)	Cpe	Cpi	qj (N/m ²)
F	0,91	670	-1,6	-0,5	-671
G	0,91	670	-1,3	-0,5	-488
H	0,91	670	-0,7	-0,5	-122
I	0,91	670	-0,5	-0,5	0

Les figures ci-après illustrent la répartition des pressions sur les parois dans la direction du vent V2.

Forces de frottement

Toiture : $F_{fr,toiture} = 670 \times 0,04 \times (60 \times 2 \times 20,10) = 64,64$ KN

Parois verticales : $F_{fr,p. verticales} = 615 \times 0,04 \times (60 \times 2 \times 8) = 23,61$ KN

$F_{fr} = 64,64 + 23,61 = 88,25$ KN.

N.B. : L'aire de frottement pour la toiture est déterminée en introduisant la longueur du développé de la toiture, soit $20/\cos(5,71^\circ) = 20,10$ m.

Actions d'ensemble

Les valeurs des forces parallèles à la direction du vent et les forces verticales qui s'exercent sur la construction sont données dans le tableau ci-après.

Tableau E1.5 : Valeurs des résultantes - Vent de direction V2

ZONE	Composante Horizontale (KN)	Composante Verticale (KN)
D	232.32 et 31.70	0
E	-35.84 et -4.88	0
F	0	13,35
G	0	38,84
H	0	38,85
I	0	0
Ffr	88,25	0
	Rx=311,55	Rz=91,04

Exercice N°11:

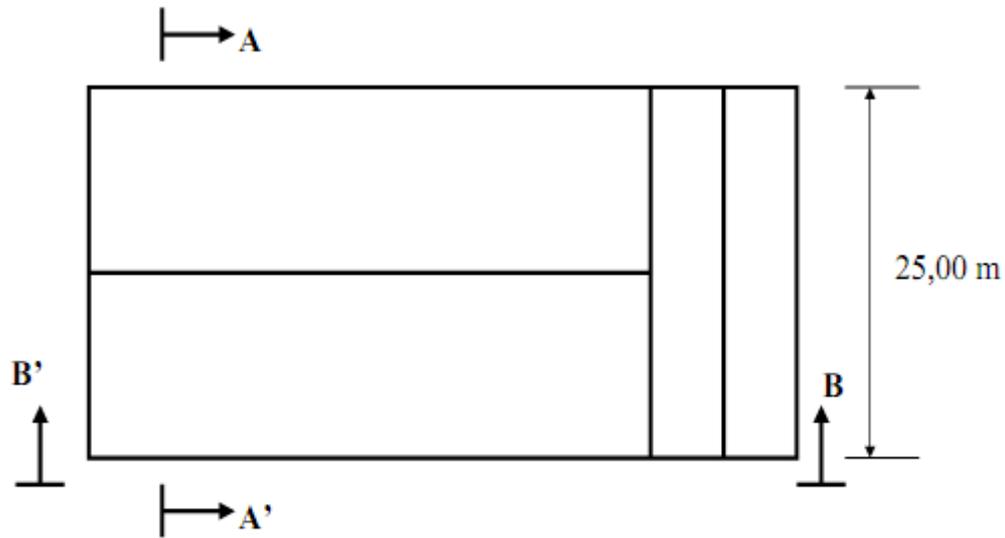
On considère le bâtiment à simple rez-de-chaussée représenté ci-dessous :

Données:

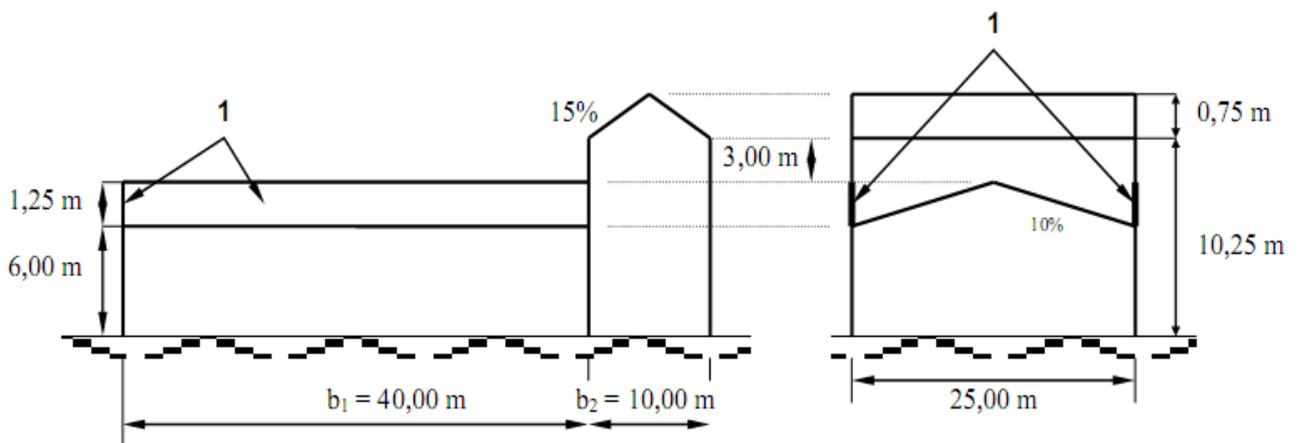
- Situation durable;
- Zone A, l'altitude par rapport au niveau de la mer est 715 m.

Questions:

- Calculer la charge de neige sur le sol ?
- Calculer la charge de neige sur toiture la plus haute ?



Vue en plan



Section BB'

Section AA'

1 Acrotères

Figure A.1– Géométrie du bâtiment

CORRECTION DE L'EXERCICE :

1)-Charge de neige sur le sol :

Valeur caractéristique S_k de la charge de neige sur le sol (Zone A, l'altitude par rapport au niveau de la mer est 715 m) : $S_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$

2)-Charge de neige sur la toiture la plus haute :

Les charges agissent verticalement et elles se réfèrent à une projection horizontale de la surface de la toiture.

Deux dispositions de charges fondamentales doivent être prises en compte :

- Charge de neige sans accumulation sur les toitures ;
- Charge de neige avec accumulation sur les toitures.

Les charges de neige sur les toitures sont déterminées comme suit : $S = \mu \cdot S_k$

- Situations de projet durables (conditions d'utilisation normale).

-Toiture la plus haute (toitures à deux versants)

Angle de la toiture (15 %) :

$$\alpha = \text{arc tan}(0,15) = 8,5^\circ$$

$$0 \leq \alpha \leq 30^\circ$$

Cas (i) : cas de charge sans accumulation

$$\mu_1(\alpha = 8,5^\circ) = 0,8$$

$$S = 0,8 \times 0,65 = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

Cas (ii) : cas de charge avec accumulation

$$0,5 \mu_1(\alpha = 8,5^\circ) = 0,4$$

$$S = 0,4 \times 0,65 = 0,26 \text{ kN/m}^2$$

Cas (iii) : cas de charge avec accumulation

Ce cas (iii) est symétrique du cas (ii) du fait de la symétrie de la toiture ($\alpha_1 = \alpha_2 = 8,5^\circ$).

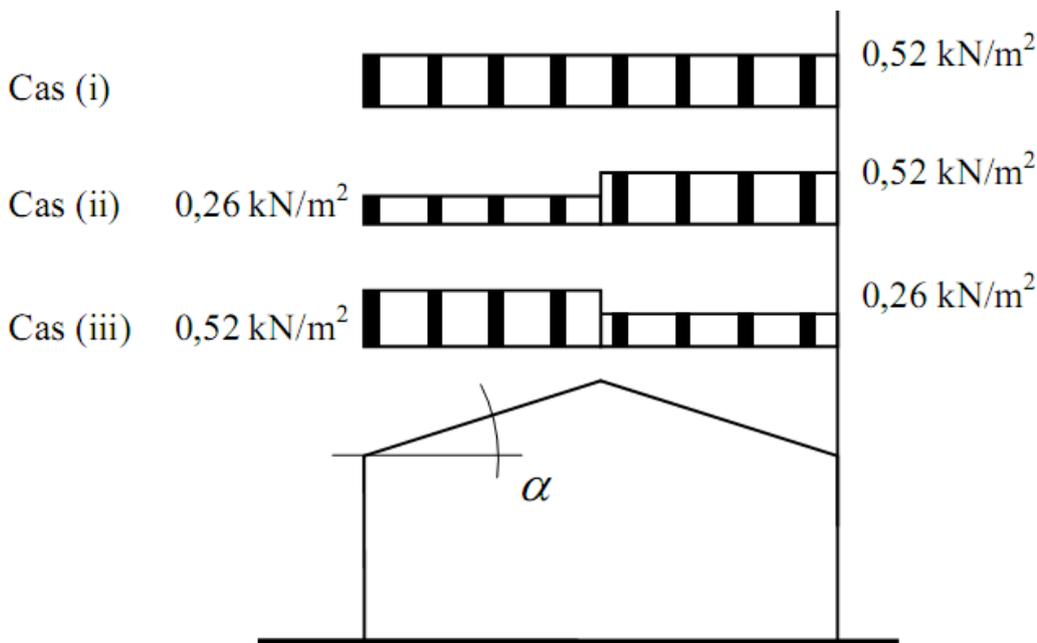
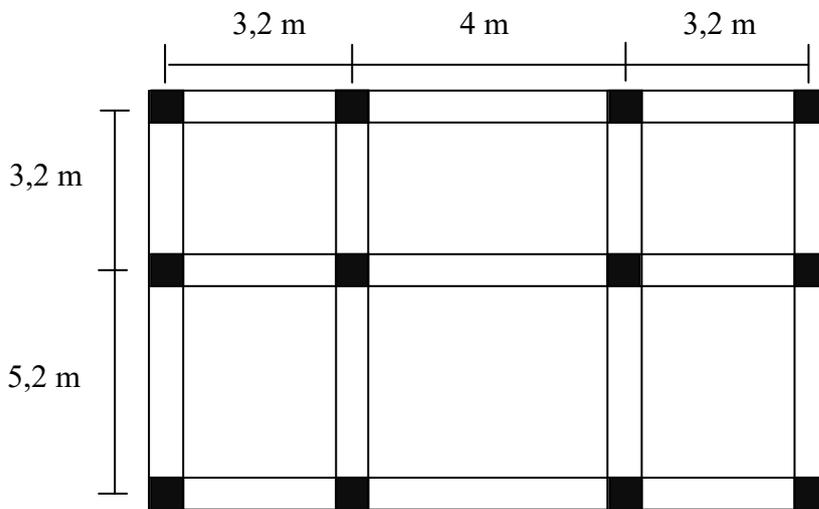


Figure A.2 Cas de charge de neige sur la partie supérieure de la toiture en situation de projet durable

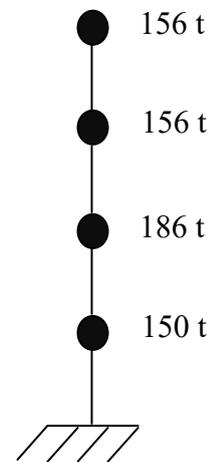
Exercice N°12:

Un immeuble à usage d'habitation composé d'un RDC et de trois étages identiques est contreventé dans les deux sens par des portiques étagés. On demande de déterminer l'effort sismique que reprend chaque portique par la méthode de MUTO sachant que:

- Poteaux (30x30) cm².
- Poutres (30x45) cm².
- Masse du plancher RDC : 150 tonnes.
- Masse du plancher courant : 186 tonnes.
- Masse du plancher terrasse : 156 tonnes.
- Hauteur étage : 290 cm.
- Ouvrage implanté en zone deux.



Vue en plan



Répartition des masses

CORRECTION DE L'EXERCICE :

1)- Etude des portiques longitudinaux :

1.1)-Calcul des inerties :

$$\text{Poteaux : } I = \frac{0,30 \cdot 0,3^3}{12} = 0,00067 \text{ m}^4$$

$$\text{Poutres : } I = \frac{0,30 \cdot 0,45^3}{12} = 0,0022 \text{ m}^4$$

1.2)-Calcul des raideurs des poteaux et des poutres :

$$\text{Les poteaux : } K_p = \frac{I}{h_e} = \frac{0,00067}{2,9} = 0,00023 \text{ m}^3$$

$$\text{Les poutres : } K_{\text{poutre}} = \frac{I}{L}$$

$$K_1 = \frac{0,0022}{3,2} = 0,00068 \text{ m}^3, \quad K_2 = \frac{0,0022}{4} = 0,00055 \text{ m}^3, \quad K_3 = \frac{0,0022}{3,2} = 0,00068 \text{ m}^3$$

1.3)-Calcul des coefficients \bar{K} :

a/ Etage courant :

$$\text{File 1 : } \bar{K} = \frac{2K_1}{2K_p} = \frac{2.0,00068}{2.0,00023} = 2,96$$

$$\text{File 2 : } \bar{K} = \frac{2K_1 + 2K_2}{2K_p} = \frac{2.0,00068 + 2.0,00055}{2.0,00023} = 5,34$$

$$\text{File 3 : } \bar{K} = \frac{2K_2 + 2K_3}{2K_p} = \frac{2.0,00055 + 2.0,00068}{2.0,00023} = 5,34$$

$$\text{File 4 : } \bar{K} = \frac{2K_3}{2K_p} = \frac{2.0,00068}{2.0,00023} = 2,96$$

b/ RDC :

$$\text{File1 : } \bar{K} = \frac{K_1}{K_p} = \frac{0,00068}{0,00023} = 2,96$$

$$\text{File2 : } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{K_p} = \frac{0,00068 + 0,00055}{0,00023} = 5,34$$

$$\text{File3 : } \bar{K} = \frac{K_2 + K_3}{K_p} = \frac{0,00055 + 0,00068}{0,00023} = 5,34$$

$$\text{File4 : } \bar{K} = \frac{K_3}{K_p} = \frac{0,00068}{0,00023} = 2,96$$

1.4)- Calcul des coefficients correcteurs « a » :

a/ Etage courant : $a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$

$$\text{File1 : } a = \frac{2,96}{2 + 2,96} = 0,60$$

$$\text{File2 : } a = \frac{5,34}{2 + 5,34} = 0,73$$

$$\text{File3 : } a = \frac{5,34}{2 + 5,34} = 0,73$$

$$\text{File4 : } a = \frac{2,96}{2 + 2,96} = 0,60$$

b/ R.D.C. - poteau encastré : $a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$

$$\text{File1 : } a = \frac{0,5 + 2,96}{2 + 2,96} = 0,70$$

$$\text{File2 : } a = \frac{0,5 + 5,34}{2 + 5,34} = 0,79$$

$$\text{File3 : } a = \frac{0,5 + 5,34}{2 + 5,34} = 0,79$$

$$\text{File4 : } a = \frac{0,5 + 2,96}{2 + 2,96} = 0,70$$

2)- Etude des portiques transversaux :

2.1)-Calcul des inerties :

$$\text{Poteaux : } I = \frac{0,30 \cdot 0,3^3}{12} = 0,00067 \text{m}^4$$

$$\text{Poutres : } I = \frac{0,30 \cdot 0,45^3}{12} = 0,0022 \text{m}^4$$

2.2)-Calcul des raideurs des poteaux et des poutres :

$$\text{Les poteaux : } K_p = \frac{I}{h_e} = \frac{0,00067}{2,9} = 0,00023 \text{m}^3$$

$$\text{Les poutres : On distingue deux cas : } K_{\text{poutre}} = \frac{I}{L}$$

$$K_{1'} = \frac{0,0022}{3,2} = 0,00068 \text{m}^3, \quad K_{2'} = \frac{0,0022}{5,2} = 0,00042 \text{m}^3$$

2.3)-Calcul des coefficients \bar{K} :

a/ Etage courant :

$$\text{File A : } \bar{K} = \frac{2K_{1'}}{2K_p} = \frac{2 \cdot 0,00068}{2 \cdot 0,00023} = 2,96$$

$$\text{File B : } \bar{K} = \frac{2K_{1'} + 2K_{2'}}{2K_p} = \frac{2 \cdot 0,00068 + 2 \cdot 0,00042}{2 \cdot 0,00023} = 4,78$$

$$\text{File C : } \bar{K} = \frac{2K_{2'}}{2K_p} = \frac{2 \cdot 0,00068}{2 \cdot 0,00023} = 2,96$$

b/ RDC :

$$\text{File A : } \bar{K} = \frac{K_{1'}}{K_p} = \frac{0,00068}{0,00023} = 2,96$$

$$\text{File B : } \bar{K} = \frac{K_{1'} + K_{2'}}{K_p} = \frac{0,00068 + 0,00042}{0,00023} = 4,78$$

$$\text{File C : } \bar{K} = \frac{K_{2'}}{K_p} = \frac{0,00068}{0,00023} = 2,96$$

2.4)- Calcul des coefficients correcteurs « a » :

a/ Etage courant : $a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$

$$\text{File A : } a = \frac{2,96}{2 + 2,96} = 0,59$$

$$\text{File B : } a = \frac{4,78}{2 + 4,78} = 0,70$$

$$\text{File C : } a = \frac{2,96}{2 + 2,96} = 0,59$$

b/ R.D.C : - poteau encastré : $a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$

$$\text{File A : } a = \frac{0,5 + 2,96}{2 + 2,96} = 0,69$$

$$\text{File B : } a = \frac{0,5 + 4,78}{2 + 4,78} = 0,77$$

$$\text{File C : } a = \frac{0,5 + 2,96}{2 + 2,96} = 0,69$$

3)- Calcul des rigidites des poteaux suivant des deux directions :

La rigidité r est définie par la relation : $r = a \frac{12EI}{h_c^3}$

Le module de Young (E) sera pris égal à 34540 Mpa (il peut être déduit de la résistance caractéristique du béton).

-Le sens longitudinal :

File	Rigidité (t/cm)	
	Etage courant	RDC
1	682,4	784,7
2	830,20	909,8
3	830,20	909,8
4	682,4	784,7
$R_{jx} : \sum =$	3025	3389

-Le sens transversal :

File	Rigidité (t/cm)	
	Etage courant	RDC
A	671,1	784,7
B	796,1	875,7
C	671,1	784,7
$R_{jy} : \sum =$	2138	2445

4)-Position du centre de rigidité :

$$X_r = \frac{R_{jt} \cdot X_t}{\sum R_{jt}} = \frac{3025(0 + 3,2 + 7,2 + 10,4)}{4.3025} = 5,2m$$

$$Y_r = \frac{R_{jt} \cdot Y_t}{\sum R_{jt}} = \frac{2138(0 + 5,2 + 8,4)}{3.2138} = 4,53m$$

5)-Position du centre de gravité :

$$X_G = \frac{\sum S_i X_i}{\sum S_i} = 5,2m$$

$$Y_G = \frac{\sum S_i Y_i}{\sum S_i} = 4,2m$$

- On n'admettra que l'effort sismique global, évalué selon les règles RPA 2003, est de 58,5t.

6)-Distribution verticale de la force sismique :

Au niveau k quelconque, la valeur de l'effort sismique se déduit de :

$$F_k = \frac{(V - F_t) \cdot W_k \cdot h_k}{\sum W_i \cdot h_i}$$

Appliquée à la structure étudiée, on aboutit aux résultats suivants :

$$F_1=5,1 t ; F_2=12,8 t ; F_3=19,2 t ; F_4=21,4 t$$

7)-Distribution horizontale de la force sismique :

Les forces sismiques qui reviennent à chaque portique sont :

$$V_j = \frac{R_j \cdot F_j}{\sum R_i} + \frac{F_j \cdot e \cdot R \cdot X}{R_{j0}} \quad (*)$$

La valeur du terme :

$$\frac{R_j \cdot F_j}{\sum R_i}$$

Niveau	Sens transversal (t)	Sens longitudinal (t)
4	5,35	7,1
3	4,8	6,4
2	3,2	4,27
1	1,28	1,7

8)-Rigidité à la torsion :

$$R_j \theta(\text{étage}) = 3025 \cdot (5,2)^2 + 2138 \cdot (4,2)^2 = 119510$$

$$R_j \theta(\text{RDC}) = 3389 \cdot (5,2)^2 + 2445 \cdot (4,2)^2 = 134768$$

9)-Excentricité réelle :

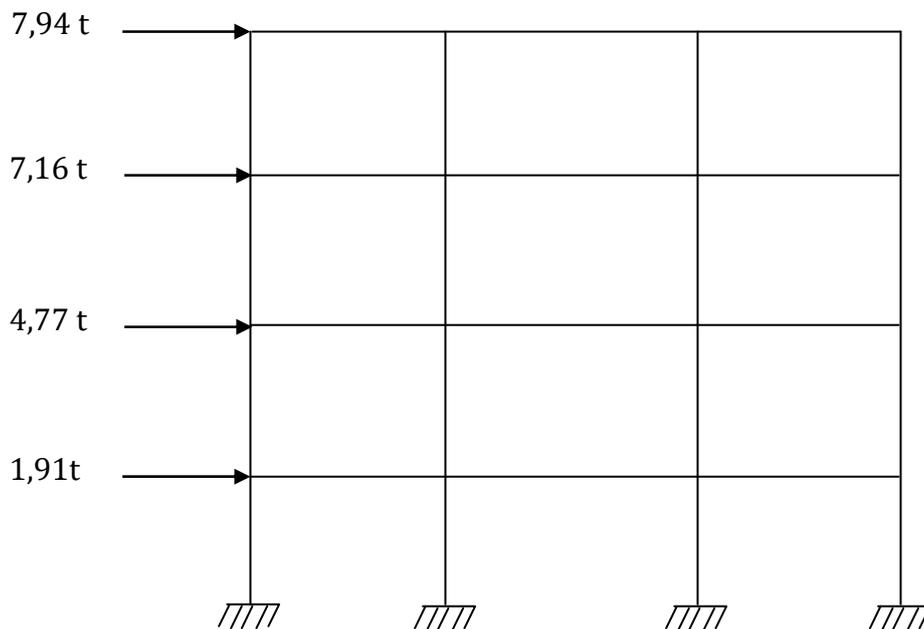
Sens X-X : $e_x = 5,2 - 5,2 = 0$

Sens Y-Y : $e_y = 4,53 - 4,2 = 0,33\text{m}$.

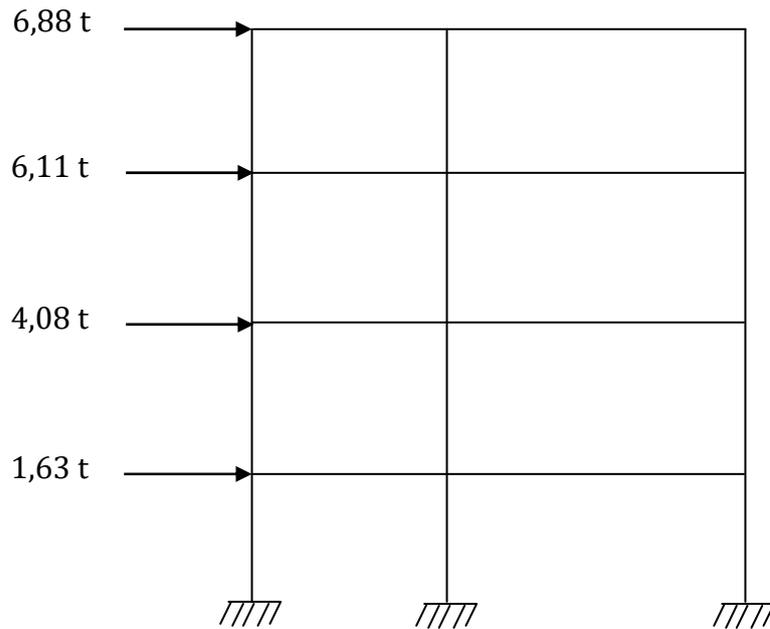
10)-Excentricité théorique : $e_{\text{théorique}} = 5\% \cdot L_{\text{max}} = 0,05 \cdot (10,4) = 0,52\text{m}$.

L'excentricité théorique étant la plus défavorable, sa valeur sera retenue pour la suite des calculs.

Après calcul du deuxième terme de l'équation (*), on aboutit aux résultats finaux reportés ci-dessous :



Portique longitudinal



Portique transversal

Exercice N°13:

- 1)- Représenter par un schéma le principe de fonctionnement d'un voile de contreventement ?
- 2)- Pour une position judicieuse des éléments de contreventements, Quels sont les critères de choix ?

CORRECTION DE L'EXERCICE :

1)- Un voile de contreventement est soumis à un torseur de forces N, V et M.

- Les efforts N et M se traitent en flexion composée, on a alors suivant l'excentricité $e = M/N$ et le signe de N, une section entièrement tendue, partiellement tendue ou entièrement comprimée. Cette partie de l'étude donne les aciers verticaux de flexion à incorporer dans les voiles. Il est à noter que le moment doit être calculé au centre de gravité des aciers tendus.
- L'effet de V se traite à part, cette partie de l'étude donne les aciers horizontaux et verticaux de répartition, en général il s'agit d'un treillis soudé éventuellement avec l'ajout de quelques barres suivant l'importance de la sollicitation.

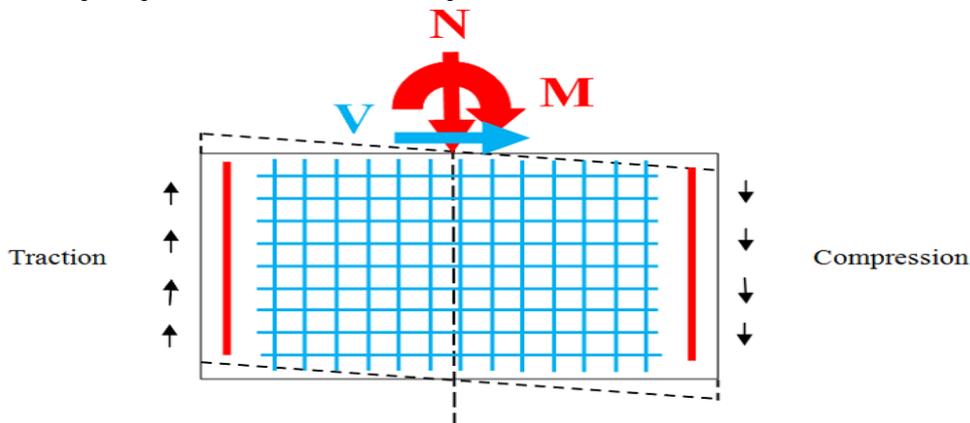


Figure représente le principe de fonctionnement d'un voile de contreventement.

2)- Position judicieuse des éléments de contreventements (Les critères de choix):

-L'orientation individuelle de l'élément de contreventement à adopter.

-Les éléments de contreventement doivent être disposés symétriquement par rapport au centre des masses.

La disposition symétrique des éléments de contreventement par rapport au centre de gravité G (cdg) permet d'éviter l'excentrement entre le cdg et le point d'application de l'effort sismique appelé aussi centre de torsion T (cdt).

