CHAPITRE 2 :

PREDIMENSIONNEMENT ET DESCENTE DE CHARGES

www.cours-genie-civil.com

2.1. Introduction

Le pré dimensionnement des éléments d'une structure (poutres, poteaux et voiles) est une étape essentielle dans un projet de génie civil. Il est basé sur le principe de la descente de charges, pour déterminer l'effort revenant à chaque élément dû à la charge et surcharge. Le pré dimensionnement a pour but « le pré calcul » des sections des différents éléments résistants. Il sera fait selon les règles du CBA93 [7] et du RPA 99 Version 2003 [5], pour arriver à déterminer une épaisseur économique.

2.2. Pré dimensionnement des poutres

Les poutres sont des éléments horizontaux, dont la section peut avoir différentes formes (rectangulaires, en I ou en té, …..), leur rôle est de transmettre les charges aux poteaux. Les poutres sont dimensionnées par rapport aux conditions de la flèche admissible et sont vérifiées par rapport aux prescriptions du RPA 99 Version 2003 [5].

2.2.1. Détermination de h et b

Le pré dimensionnement des poutres a pour but le choix et la vérification des dimensions (hauteurs et largeurs) de ces derniers dans le plan d'architecture. Pour cela, nos calculs seront basés sur les règles suivant: RPA99 V2003 [5] et CBA93 [7].

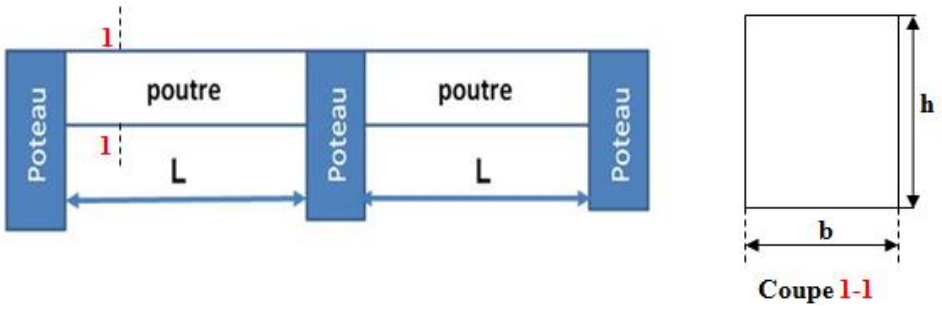


Figure 2.1 : Section d'une poutre en béton.

- La hauteur de la poutre est déterminée par l'expression suivante (figure 2.1) :

$$\frac{L_{max}}{15} \leq h \leq \frac{L_{max}}{10} \qquad \text{Eq (2.1)}$$

Ou,

L_{max} : Longueur de la portée maximale de la poutre entre nus d'appuis (figure 2.1) ;
h : Hauteur de la poutre.

- La largeur de la poutre est en fonction de sa hauteur, est donnée comme suit :

$$0.3h \leq b \leq 0.7h \qquad \text{Eq (2.2)}$$

2.2.2. Vérification selon RPA99/V2003

Les poutres doivent respecter les dimensions ci-après [5] :

- ✓ $b \geq 20cm$
- ✓ $h \geq 30$ cm
- ✓ $h/b \leq 4$
- ✓ $b_{max} \leq 1,5h + b_1$ (b_1 est la plus petite dimension de la section du poteau)

2.3. Pré dimensionnement des poteaux

Le pré-dimensionnement des poteaux se fait par la vérification de la capacité portante d'une section choisie, en fonction des sollicitations de calcul en compression simple à l'ELU (1.35G+1,5Q).

www.cours-genie-civil.com

Ces dimensions sont déterminées par la descente des charges du poteau le plus sollicité. D'après le **CBA93** [7], l'effort normal ultime N_u agissant sur un poteau doit être égale à la valeur suivante :

$$N_u \leq \alpha\left(B_r \frac{f_{c28}}{0.9.\theta.\gamma_b} + A\frac{f_e}{\gamma_s}\right) \qquad \text{Eq (2.3)}$$

Avec ;

- B_r : Section réduite du poteau (en cm²) ;
  $B_r = (b - 2cm) \times (a - 2cm)$ ……. pour une section rectangulaire.
  $B_r = (a - 2cm)^2$ ……... pour une section carrée
- A : Section d'aciers comprimés prise en compte dans le calcul ;
- f_{c28} : Résistance à la compression du béton ;
- f_e : Limite d'élasticité de l'acier utilisé ;
- γ_b= 1,5 : Coefficient de sécurité du béton (cas durable) ;
- γ_s= 1,15 : Coefficient de sécurité d'acier ;
- α : Coefficient réducteur, fonction de l'élancement mécanique (λ) qui prend la valeur :

Pour $\lambda \leq 50$

$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{0.85}{\left[1+0.2\left(\dfrac{\lambda}{35}\right)^2\right]} = \dfrac{0.85}{\beta} \\ \beta = 1+0.2\left(\dfrac{\lambda}{35}\right)^2 \end{cases} \qquad \text{Eq (2.4)}$$

Pour $50 \prec \lambda \leq 70$

$$\begin{cases} \alpha = 0.6\left(\dfrac{50}{\lambda}\right)^2 = \dfrac{0.85}{\beta} \\ \beta = \dfrac{0.85\lambda^2}{1500} \end{cases} \qquad \text{Eq (2.5)}$$

- ✓ Les valeurs de α sont à diviser par 1,10 si plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 jours.
- ✓ Il convient d´appliquer une réduction complémentaire lorsque la majeure partie des charges est appliquée avant 28 jours (on prend la contrainte f_{cj} au lieu de f_{c28} et le coefficient de réduction est de 1,20 au lieu de 1,10).

Tel que : $\lambda = \dfrac{l_f}{i}$

- l_f : Longueur de flambement ;

D'après le **CBA93** [7]**,** Pour les bâtiments à étages qui sont contreventés par des voiles en béton armé, la longueur $l_f = 0.7l_o$

- l_o : Hauteur libre du poteau.

D'après le **CBA93** [7]**,** La longueur libre l_o d´un poteau appartenant à un bâtiment à étages multiples est comptée entre faces supérieures de deux planchers consécutifs ou de sa jonction avec la fondation à la face supérieure du premier plancher.

www.cours-genie-civil.com

- i : Rayon de giration.

Tel que : $i = \dfrac{\sqrt{I}}{B}$

I est le Moment d'inertie de la section et **B** est l'air de la section du béton.

Pour une section rectangulaire b×h (b≥h) : $\lambda = \dfrac{\sqrt{12} \times l_f}{h}$

La **section réduite** du poteau est déterminé par l'expression suivante :

$$B_r \geq \frac{\beta . N_u}{\dfrac{f_{bc}}{0.9} + 0.85 \dfrac{A}{B_r} \dfrac{f_e}{\gamma_s}} \qquad \text{Eq (2.6)}$$

Un certain nombre de choix étant libre, on peut prendre $A/B_r = 1\%$, soit :

$$B_r \geq \frac{\beta . N_u}{\dfrac{f_{bc}}{0.9} + 0.0085 . \dfrac{f_e}{\gamma_s}} \qquad \text{Eq (2.7)}$$

Avec, $N_u = 1.35N_G + 1.5N_Q$

2.3.1. Descente de charges Nu

La descente de charges se fait du niveau le plus haut (charpente ou toiture terrasse) vers le niveau inférieur et cela jusqu'au niveau le plus bas (Niveau ±00). Elle est effectué sur le poteau le plus sollicité ; c'est celui qui support des charges réparties sur une surface d'influence (S) comme montre la figure 2.2 :

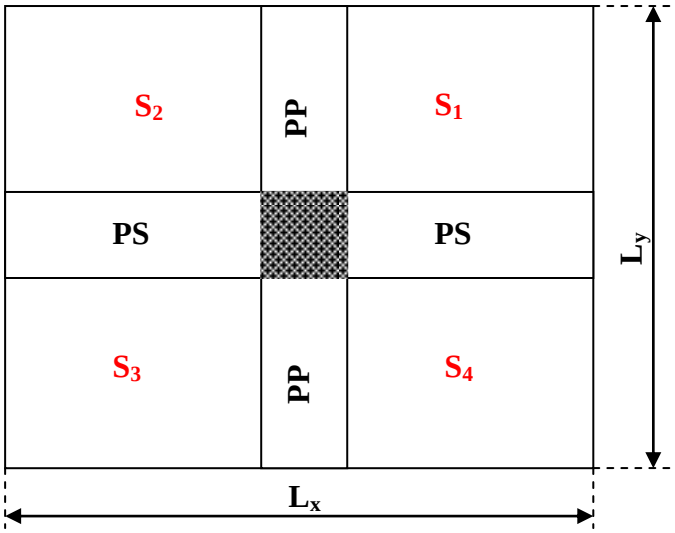


Figure 2.2 : Surface d'influence pour le poteau.

Avec ;

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \ (m^2)$$

www.cours-genie-civil.com

a) Détermination du N_G

La charge permanente de la structure N_G est déterminée par la formule suivante :

$$N_G = G_{niveau-terrasse} + n \times G_{niveau-courant} + (n+1) \times P_{poteaux} \qquad Eq\ (2.8)$$

Ou ;

$$G_{niveau-terrasse} = G_{plancher-terrasse} \times S + \left(P_{poutre-porteuse} + P_{poutre-non.porteuse}\right)$$

$$G_{niveau-courant} = G_{plancher-courant} \times S + \left(P_{poutre-porteuse} + P_{poutre-non.porteuse}\right)$$

Tel que :

n : Nombre de niveaux courants ;

P : Poids propre.

b) Détermination du N_Q

Pour les bâtiments à usage d'habitation ou d'hébergement plus de cinq étages, les surcharge verticales peuvent être minorées selon la loi de dégression verticale ci-après ; cette dégression verticale n'est pas cumulable avec les réductions pour grande surface ci-dessus.

Loi de dégression [6] :

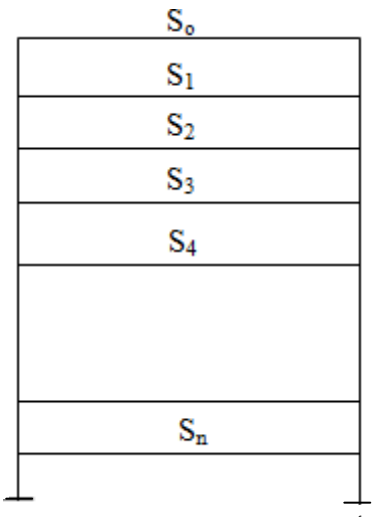
- Soit S_o la surcharge appliquée au toit ou à la terrasse de couverture.
- Soit S_i la surcharge appliquée à l'étage numéro i, les étages étant numérotés de haut en bas ; on calcule $\sum_i$: surcharge totale à considérer au-dessous du plancher e l'étage n°i : le schéma ci-après $\sum_i$ dans le cas où les surcharges S_i sont différents et dans le cas où elle sont toutes égales à la même valeur.

Schémas de principe
Structure d'un bâtiment

Surcharges S_i différentes

$\sum_o = S_o$
$\sum_1 = S_o+S_1$
$\sum_2 = S_o+0{,}95(S_1+S_2)$
$\sum_3 = S_o+0{,}9(S_1+S_2+S_3)$
$\sum_2 = S_o+0{,}85(S_1+S_2+S_3+S_4)$

$$\sum_n = S_o + \frac{3+n}{2n}\sum_{i=1}^{n} S_i \quad n \geq 5$$



Surcharges S_i identiques

$\sum_o = S_o$
$\sum_1 = S_o+S$
$\sum_2 = S_o+1{,}9S$
$\sum_3 = S_o+2{,}7S$
$\sum_2 = S_o+3{,}4S$

$$\sum_n = S_o + \frac{3+n}{2n} S \quad n \geq 5$$

Dans les bâtiments comportant des travées solidaires supportées par deux files de poteaux de rive et une ou plusieurs filles de poteaux centraux, à défaut de calcul plus précis, les charges évaluées en admettant la discontinuité des travées doivent être majorées [6] :

- de 15% pour les poteaux centraux dans le cas des bâtiments à deux travées ;
- de 10% pour les poteaux intermédiaires voisins des poteaux de rive dans le cas des bâtiments comportant au moins trois travées.

www.cours-genie-civil.com

2.3.2. Vérification vis à vis du RPA 99/V 2003

Les dimensions de la section transversale retenue pour les poteaux doivent satisfaire les conditions du RPA 99 version 2003 [5]:

- Min (b_1, h_1) ≥ 25 cm en zone I et II_a
- Min (b_1, h_1) ≥ 30 cm en zone II_b et III
- Min (b_1, h_1) ≥ h_e/20
- ¼ < b_1/h_1< 4

2.4. Pré dimensionnement des Voiles selon le RPA99/V2003

D'après le **RPA 99/V 2003 [5],** Les éléments satisfaisants la condition L ≥ 4a sont considérés comme des voiles, contrairement aux éléments linéaires (voir figure 2.3).

Avec : **L** : Portée du voile ;

a : Epaisseur du voile.

Les voiles servent d'une part à contreventer le bâtiment en reprenant les efforts horizontaux (séisme et vent) et d'autre part à reprendre les efforts verticaux.

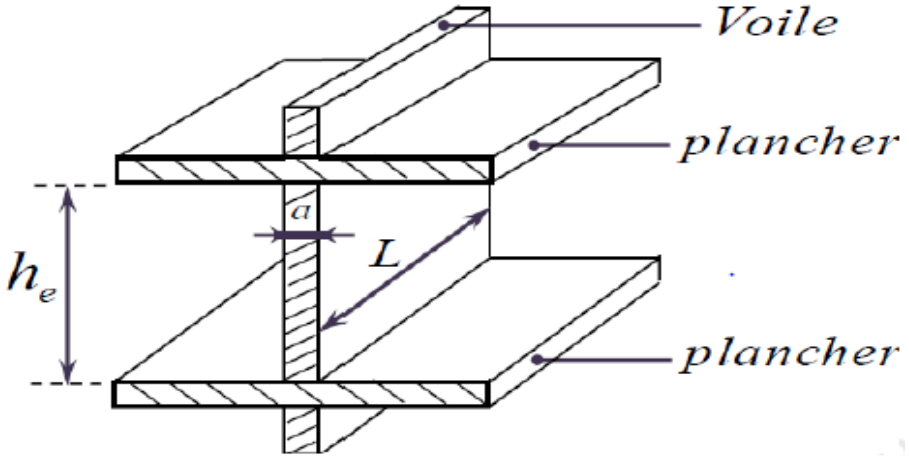


Figure 2.3 : Coupe de voiles en élévation [5].

L'épaisseur minimale du voile est de 15cm selon le **RPA 99/V 2003 [5]**. De plus, l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage h_e et des conditions de rigidité aux extrémités comme indiqué sur la figure 2.4.

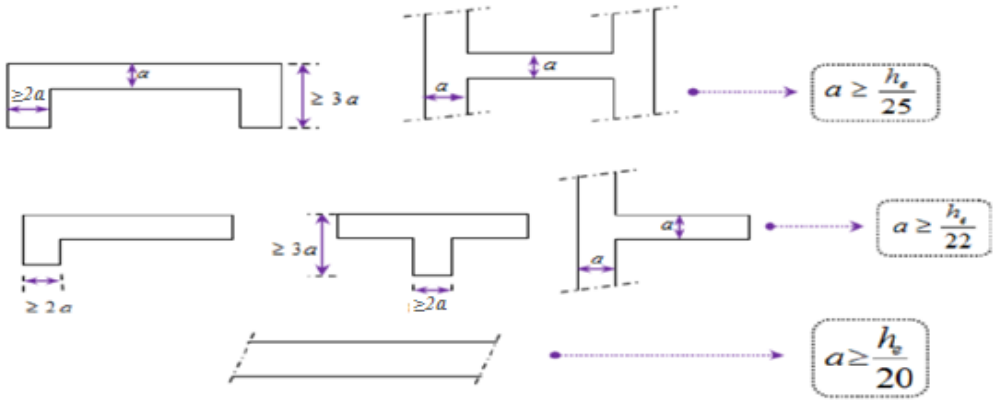


Figure 2.4 : Coupe de voiles en plan [5].

www.cours-genie-civil.com

2.5. Application

Soit un bâtiment en (R+2) à usage d'habitation, la terrasse est inaccessible, implanté dans une zone III. La vue en plan du bâtiment représentée dans la figure 2.5.

On donne : f_{c28}= 25MPa ; f_e= 400MPa ; h_e=3,06m ; g_t= 6,53KN/m^2 ; g_c= 5,47KN/m^2 ; q_t= 1 KN/m^2 ; q_c= 1.5 KN/m^2

- Dimensionner la poutre principale ainsi la poutre secondaire les plus sollicitées.
- Dimensionner le poteau le plus sollicité.

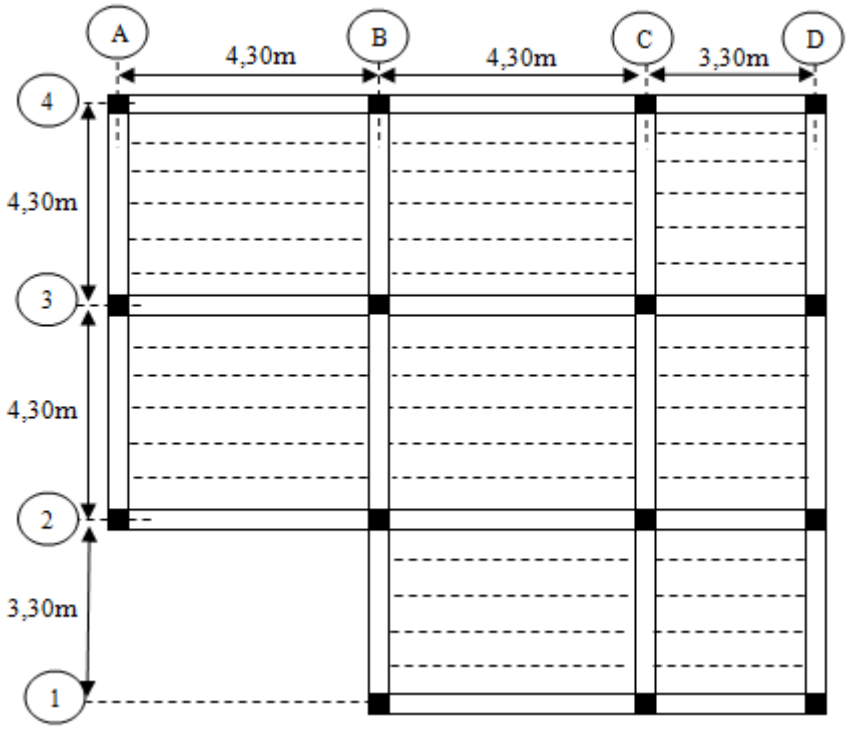


Figure 2.5 : Vue en plan du bâtiment.

2.6. Solution

2.6.1. Pré dimensionnement de la poutre principale

- La hauteur de la poutre est déterminée par : $L_{max}/15 \leq h \leq L_{max}/10$

Nous avons, $\mathbf{L_{max\ (entre\ nus)}}$ **= 400 cm,** Donc : $\begin{cases} \frac{400}{15} \leq h \leq \frac{400}{10} \\ 26.7 \leq h \leq 40 \end{cases}$ on prend **: h= 40cm**

- La largeur de la poutre est en fonction de sa hauteur, est donnée par : $0.3h \leq b \leq 0.7h$

Donc : $\begin{cases} 0.3 \times 40 \leq b \leq 0.7 \times 40 \\ 12 \leq b \leq 28 \end{cases}$ on prend **: b= 30cm**

- Vérification des exigences du **RPA 99/V2003** :
  - $b \geq 20cm$ => 30cm > 20cm ……condition vérifiée.
  - $h \geq 30cm$ => 40cm > 30cm ……condition vérifiée.
  - $h/b \leq 4$ => $1,33 \leq 4$ …….....……..condition vérifiée.

www.cours-genie-civil.com

2.6.2. Pré dimensionnement de la poutre secondaire

- La hauteur de la poutre est déterminée par : $L_{max}/15 \leq h \leq L_{max}/10$

Nous avons, $\mathbf{L_{max}}$ **= 4.00 m,** Donc : $\begin{cases} \frac{400}{15} \leq h \leq \frac{400}{10} \\ 26.7 \leq h \leq 40 \end{cases}$ on prend **: h= 35cm**

- La largeur de la poutre est en fonction de sa hauteur, est donnée par : $0.3h \leq b \leq 0.7h$

Donc : $\begin{cases} 0.3 \times 40 \leq b \leq 0.7 \times 40 \\ 12 \leq b \leq 28 \end{cases}$ on prend **: b= 30cm**

- Vérification des exigences du **RPA 99/V2003** :
  - $b \geq 20cm$ => 30cm > 20cm ……condition vérifiée.
  - $h \geq 30cm$ => 35cm > 30cm ……condition vérifiée.
  - $h/b \leq 4$ => $1,16 \leq 4$ …….....……..condition vérifiée.

Les sections adoptées pour les poutres principales et secondaires sont présentées dans la figure 2.6 :

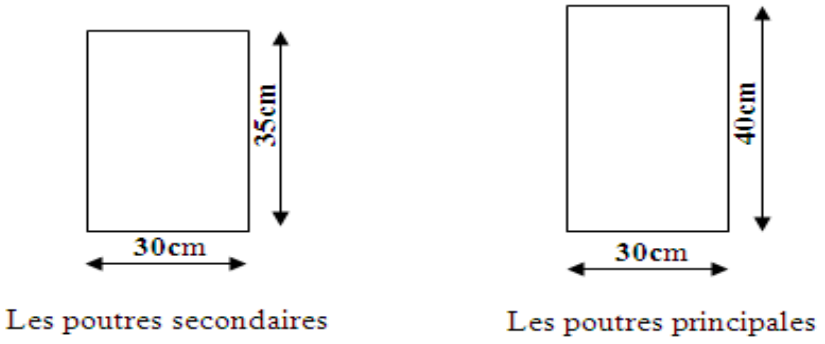


Figure 2.6 : Sections des poutres adoptées.

2.6.3. Pré dimensionnement du poteau le plus sollicité

Le poteau le plus sollicité de ce bâtiment; c'est celui qui supporte des charges réparties sur une surface d'influence (S) comme le montre dans la figure 2.7**.**

Avec: S est la surface supporté par le poteau le plus défavorable.

On suppose une section du poteau (30 × 30) cm².

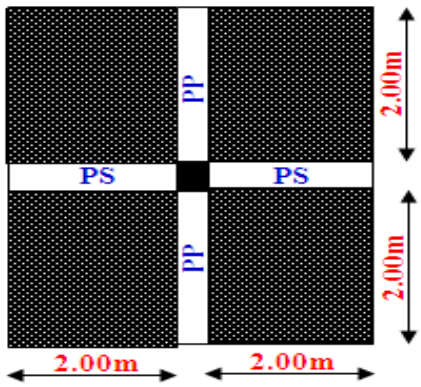


Figure 2.7 : Surface d'influence pour le poteau le plus sollicité.

www.cours-genie-civil.com

a) Calcul de la surface d'influence (S) :

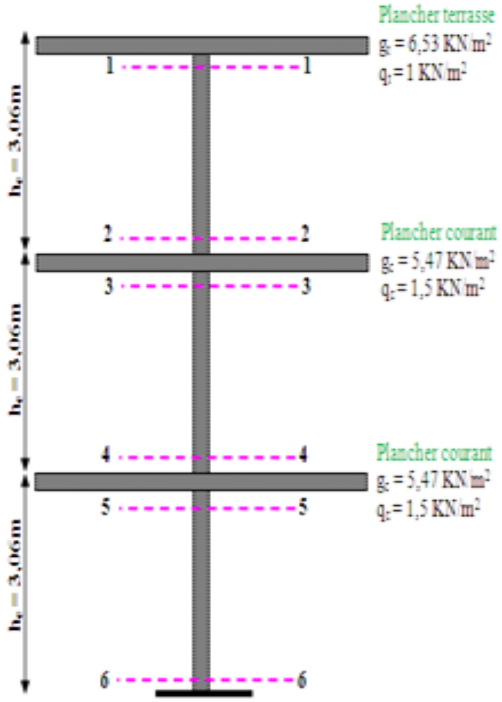
$S = (2 \times 2) \times 4 = 16m^2$

b) Détermination de l'effort ultime N_u revenant sur le poteau le plus défavorable

- **Effort normal du au Charge permanente N_G**

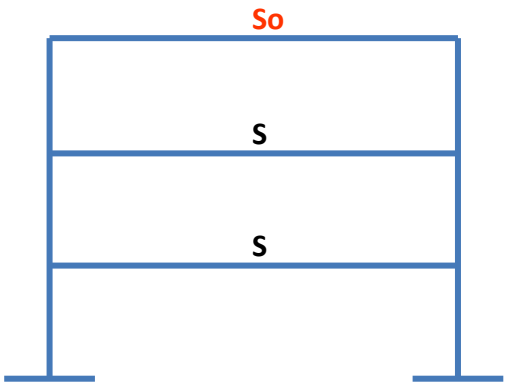
Pour chaque niveau et sur la surface afférente $S_{afférente}$, on va prendre 2 sections. La première au-dessous du plancher où le sommet du poteau et la deuxième à la base du poteau où dessus du plancher. Concernant les charges, on considère tous les charges qu'elles reviennent.

Descente de charge		G_i (KN)
Poids du plancher terrasse	$S \times g_t$	**104.5**
Poids de la poutre principale	$L \times b \times h \times g$	**12**
Poids de la poutre secondaire	$L \times b \times h \times g$	**10.5**
N1		**127**
Poids du poteau	$b_1 \times h_1 \times h_e \times g$	**7**
N2		**134**
Poids du plancher courant	$S \times g_t$	**87.5**
Poids de la poutre principale	$L \times b \times h \times g$	**12**
Poids de la poutre secondaire	$L \times b \times h \times g$	**10.5**
N3		**244**
Poids du poteau	$b_1 \times h_1 \times h_e \times g$	**7**
N4		**251**
Poids du plancher courant	$S \times g_t$	**87.5**
Poids de la poutre principale	$L \times b \times h \times g$	**12**
Poids de la poutre secondaire	$S \times g_t$	**10.5**
N5		**361**
Poids du poteau	$b_1 \times h_1 \times h_e \times g$	**7**
N_G		**368**



- **Effort normal du au Charge d'exploitation N_Q**

Application de la loi de dégression



Surcharge identique

$\Sigma_o = S_o$

$\Sigma_1 = S_o + S$

$\Sigma_2 = S_o + 1,9 \times S$

$\Sigma_o = 18,49KN$

$\Sigma_1 = 18,49 + 18,49 \times 1,5 = 46,23KN$

$\Sigma_2 = 18,49 + 1,9 \times (18,49 \times 1,5) = 71,2KN$

$N_Q = 71,2KN$

www.cours-genie-civil.com

L'effort normal ultime N_u revenant sur le poteau le plus défavorable est donné par :

$N_u = 1{,}35N_G + 1{,}5N_Q \Rightarrow N_u = 1{,}35 \times 368 + 1{,}5 \times 71{,}2 =$ **603,6KN**

c) Vérification du poteau vis-à-vis à la stabilité de forme

Selon le **CBA93** [7] on doit majorer l'effort normal de compression ultime N_u de 10%, pour tenir en compte la continuité des portiques.

$$N_u^* = N_u \times 1.1 \Rightarrow N_u^* = 603.6 \times 1.1 = 664KN$$

Les poteaux doivent être vérifiés à l'état limite de déformation (flambement)

$$N_u \leq \alpha\left(B_r \frac{f_{c28}}{0.9.\theta.\gamma_b} + A\frac{f_e}{\gamma_s}\right)$$

B_r: section réduite du béton (B_r = (a-2)*(b-2)).
A_s : Section d'acier.
γ_b= 1,5 : coefficient de sécurité du béton (cas durable).
γ_s= 1,15 : coefficient de sécurité d'acier.
α : coefficient réducteur qui est fonction de l'élancement (λ)

$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{0.85}{\left[1+0.2\left(\dfrac{\lambda}{35}\right)^2\right]} & pour \quad \lambda \leq 50 \\ \alpha = 0.6\left(\dfrac{50}{\lambda}\right)^2 & Pour \quad 50 \prec \lambda \leq 70 \end{cases}$$

Telque : $\lambda = \dfrac{l_f}{i}$

Ou, $\begin{cases} l_f = 0.7l_o \Rightarrow l_f = 0.7 \times 3.06 = 2.14m \\ i = \dfrac{a}{\sqrt{12}} \Rightarrow \dfrac{0.3}{\sqrt{12}} = 0.087m \end{cases} \Rightarrow \lambda = \dfrac{2.14}{0.087} = 24.6$

Nous avons : $\lambda = 24.6 \leq 50 \quad \Rightarrow \alpha = \dfrac{0.85}{\left[1+0.2\left(\dfrac{\lambda}{35}\right)^2\right]} = 0.785$

D'après l'expression donnée dans le **CBA93** [7]**,** on peut prend $\mathbf{A_s = 1\% B_r}$

On doit vérifier que $B_{r,adopté} > B_{r,calculé}$

On a, $$B_{r,calculé} \geq \frac{N_u^*}{\alpha\left[\dfrac{f_{c28}}{0.9 \times \gamma_b} + \dfrac{f_e}{100 \times \gamma_s}\right]}$$

www.cours-genie-civil.com

AN : $B_{r,calculé} \geq \dfrac{664\times10^{-3}}{0.785\left[\dfrac{25}{0.9\times1.5}+\dfrac{400}{100\times1.15}\right]} = 0.038m^2$

$B_{r,adopté} = (a-2)^2 = (0.3-0.02)^2 \Rightarrow B_{r,adopté} = 0.078m^2 \geq B_{r,calculé} = 0.038m^2$

Donc le poteau ne risque pas de flamber.

d) Vérification vis à vis du RPA 99/Version 2003

- Min (b_1 , h_1) ≥ 30cm en zone II_b et III ⇒ Min (30 , 30) ≥ 30cm ……CV
- Min (b_1 , h_1) ≥ h_e/20 ⇒ Min (30 , 30) ≥ 306/20 = 15,3cm ……CV
- 1/4 < b_1/h_1< 4⇒1/4 < 30/30 =1< 4……CV

La section adoptée pour le poteau le plus sollicité est présentée dans la figure 2.8 :

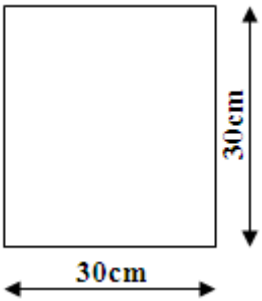


Figure 2.8 : Section du poteau adoptée.

www.cours-genie-civil.com