

Chapitre 2 .CALCUL DES POTEAUX en compression simple

Les règles B.A.E.L n'imposent aucune condition à l'état limite de service pour les pièces soumises en compression centrée .Par conséquent, le dimensionnement et la détermination des armatures doivent se justifier uniquement vis à vis de l'état limite ultime.

I – Evaluation des sollicitations :

Le calcul de la sollicitation normale s'obtient par l'application de la combinaison d'actions de base suivante :

$$N_u = 1.35 G + 1.5 Q$$

Avec: G: charge permanente.

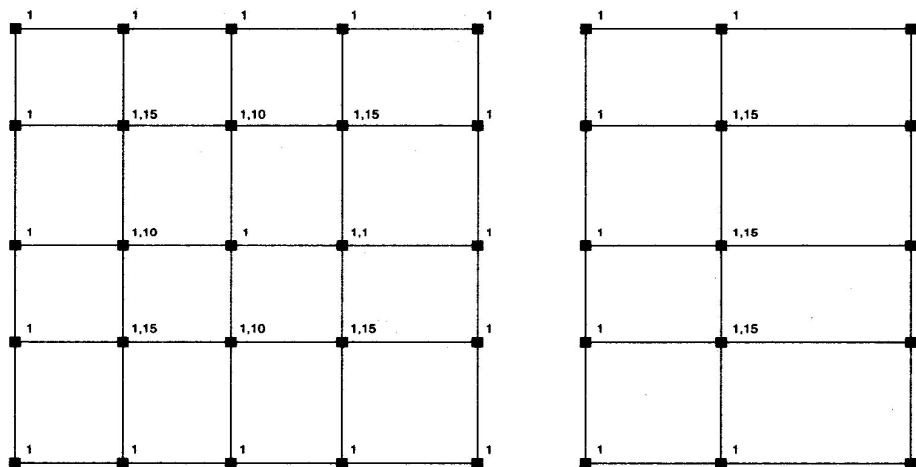
Q: charge variable.

Dans les bâtiments comportant des travées solidaires, il convient de majorer les charges comme suit :

Bien entendu on peut appliquer, s'il y a lieu, la loi de dégression des charges d'exploitation

Si le bâtiment comporte des portiques suivant les deux directions, les majorations sont

- de 15 % si le poteau est plus d'une fois voisin d'un poteau de rive,
- de 10 % si le poteau est une fois voisin d'un poteau de rive.



II – Calcul de l’armature longitudinale :

Section du poteau imposée

1. Vérifier la condition du non flambement :

$$\lambda = l_f / i \leq 70$$

avec l_f : longueur de flambement

i : rayon de giration minimum

Longueur de flambement

Batiment

Cas	l_f
$I_2 > I_0$ $I_1 > I_0$	$0,7 l_0$
Autres	l_0

Cas général

Longueur de flambement l_f suivant liaisons

Liaison	l_f
(a) encastrement	$2 l_0$
(b) articulation	l_0
(c) encastrement et déplacement possible par translation	l_0
(d) encastrement et déplacement possible par rotation	$0,707 l_0$
(e) encastrement et déplacement possible par translation et rotation	$0,707 l_0$
(f) encastrement et déplacement possible par translation et rotation (autre cas)	$l_0/2$

Légende : (a) encastrement, (b) articulation, (c) encastrement et déplacement possible par translation.

Notations Schéma de principe

- Hauteur de plancher à plancher : l_0
- Longueur de flambement : l_f
- Moment quadratique : I_{min}
- Section de béton : B
- Rayon de giration : $i = \sqrt{\frac{I_{min}}{B}}$
- Élancement : $\lambda = l_f / i$

Longueur de flambement en fonction des liaisons d'extrémités

Section type	B	I_{min}	i	λ
Rectangulaire (a, b)	ab	$\frac{ba^3}{12}$	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	$2\sqrt{3} \frac{l_f}{a}$
Circulaire (D)	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{D}{4}$	$4 \frac{l_f}{D}$

2. Calculer la section d’acier minimale

$$A_{min} \geq \max (4u ; 0.2B/100)$$

Avec u : périmètre du poteau en m

B : section du poteau en cm^2

$4cm^2 /m$ de périmètre

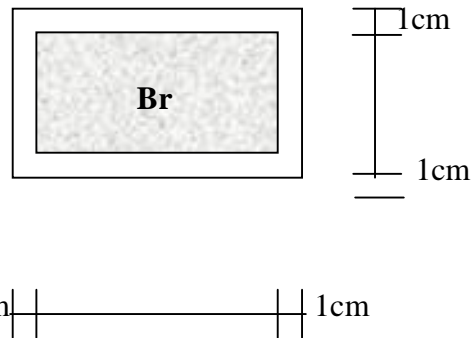
3. Calculer la section d’acier en fonction de l’effort normal Nu

La section du béton et la section d’acier doivent pouvoir équilibrer l’effort normal ultime Nu.

$$Nu \leq \alpha \left[\frac{B_r f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A_{th} \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

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

Nu : Effort normal ultime en MN
 Br : section réduite de béton en m²
 α : Coefficient de flambage
 A_{th} : section d'acier en m²
 f_{c28} et f_e : en MPa



Valeurs du coefficient de flambage

Si $\lambda \leq 50$ $\alpha = \frac{0.85}{1+0.2 (\lambda/35)^2}$

Si $50 < \lambda \leq 70$ $\alpha = 0.6 (50/\lambda)^2$

De plus :

- Si plus de la moitié des charges est appliquée après 90 jours $\Rightarrow \alpha = \alpha$
- Si plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 jours $\Rightarrow \alpha = \alpha / 1.10$
- Si la majeure partie des charges est appliquée à un âge $j < 28$ jours $\Rightarrow \alpha = \alpha / 1.20$
 et on remplace f_{c28} par f_{cj}

4. Calculer la section d'acier maximale

$$A_{max} \leq 5.B/100$$

avec $\left\{ \begin{array}{l} B : \text{section de béton en cm}^2 \\ A : \text{section d'acier en cm}^2 \end{array} \right.$

5. Vérifier que :

La section d'acier finale : $A_{sc} = \max (A_{th} ; A_{min})$

Et que $: 0.2B/100 \leq A_{sc} \leq A_{max}$

III - Armatures transversales :

Le rôle principal des armatures transversales est d'empêcher le flambage des aciers longitudinaux.

✓ Leur diamètre est tel que :

$$\phi_t \geq \phi_{l \max} / 3$$

✓ Valeurs de leur espacement

$$t \leq \min(40 \text{ cm} ; a + 10 \text{ cm} ; 15\phi_{l \min})$$

✓ Nombre de cours d'acier transversaux à disposer sur la longueur de recouvrement doit être au minimum 3

IV - Prédimensionnement de la section de béton

1. Se fixer un élancement $\lambda \leq 35$
2. Déterminer le coefficient de flambage ($\lambda = 35 \Rightarrow \alpha = 0.708$)
3. Calculer la section réduite de béton avec $A_{th} = 0$ à partir de la relation qui permet de calculer l'effort normal.

$$Nu \leq \alpha \left[\frac{B_r f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A_{th} \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

On tire :

$$Br \geq 0.9 \gamma_b Nu / \alpha f_{c28}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Br \text{ en m}^2 \\ Nu \text{ en MN} \\ f_{c28} \text{ en MPa} \end{array} \right.$$

Avec $\alpha = 0.708$ et $\gamma_b = 1.5$ on a : $Br = 1.907 Nu / \alpha f_{c28}$

4. Calculer les dimensions du poteau.

- Si la section est carrée : $2\sqrt{3} I_f / \lambda \leq a \leq 0.02 + \sqrt{B_r}$
- Si la section est rectangulaire :

$$a \geq 2\sqrt{3} I_f / \lambda$$

$$b \leq \frac{B_r}{(a - 0.02)} + 0.02 \quad \text{si } b < a \Rightarrow b = a \text{ (poteau carré)}$$

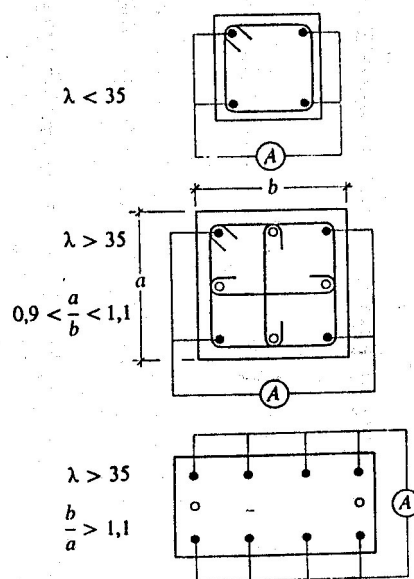
B_r en m^2

I_f en m

a et b en m

Prise en compte des armatures longitudinales

- Si $\lambda \leq 35$ toutes les barres longitudinales disposées dans la section sont prises en compte.
- Si $\lambda > 35$ Seules sont prises en compte les armatures qui augmentent la rigidité du poteau dans le plan de flambement.



2. Hypothèses d'études

- **Compression « centrée »**
L'excentrement éventuel de l'effort de compression est limité à la moitié de la dimension du « noyau central ».
- **Élancement**: ≤ 70
- **Combinaison d'action**
Dans les cas courants, l'unique combinaison à considérer est :

$$1,35 G + 1,5 Q \quad \text{à l'E.L.U.R.}$$

Évaluation des charges verticales (B. A. E. L. B.8. 1)

Bâtiment à deux travées	Poteaux de rive	Sans majoration de charges
	Poteaux centraux	Charges majorées de 15 %
Bâtiment à plus de trois travées	Poteaux de rive	Sans majoration de charges
	Poteaux intermédiaires voisins des poteaux de rives	Charges majorées de 10 %

Sections	Noyau central
Rectangulaire ($a \times b$)	Losange de sommet $a/6, b/6$ sur les axes
Circulaire	Cercle de rayon $R/4$

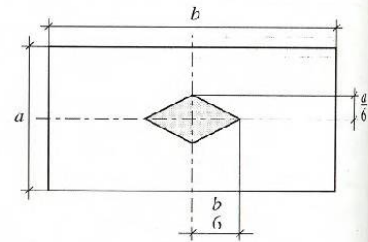
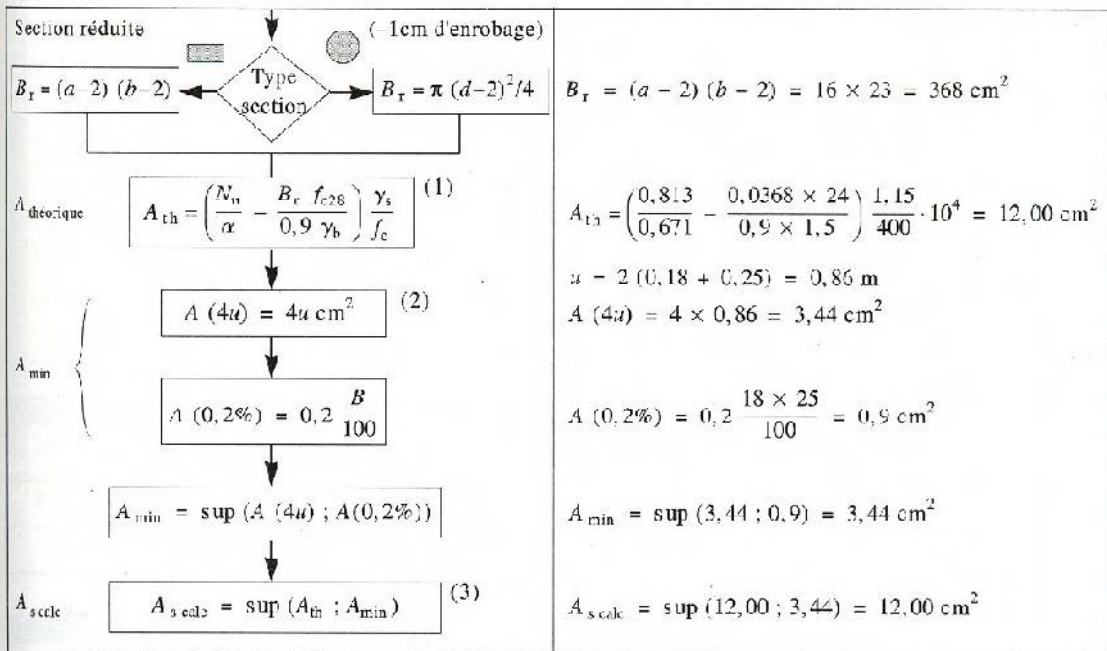


Fig. 3 Noyau central, section rectangulaire

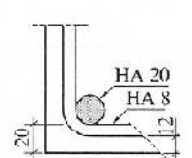
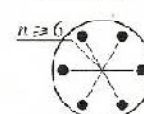
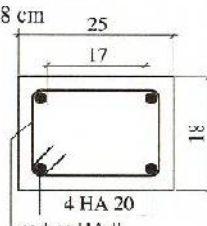
3. Calcul des armatures longitudinales

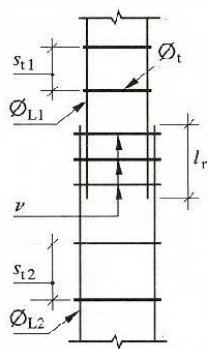
Méthode forfaitaire	Exemple: poteau intérieur d'étage
<p>Données</p> <p>Combinaison de base : $N = 1,35 G + 1,5 Q$</p> <p>Longueur de flambement : l_f</p> <p>Section du poteau : a, b ou D</p> <p>Matériaux : f_{c28}, f_e</p>	<p>$G = 0,368 \text{ MN}$</p> <p>$Q = 0,148 \text{ MN}$</p> <p>$l_0 = 3,00 \text{ m}$</p> <p>Section rectangulaire $a = 18 \text{ cm}; b = 25 \text{ cm}$</p> <p>$f_{c28} = 24 \text{ MPa}$</p> <p>$f_e = 400 \text{ MPa}$</p>
<p>Rayon de giration</p> $i = \sqrt{\frac{I}{B}}$	<p>$N_u = 0,719 \text{ MN}$</p> <p>$l_f = 0,7 l_0 = 2,10 \text{ m}$</p>
<p>Élancement</p> $\lambda = \frac{l_f}{i} \leq 70$ <p>non → Méthode forfaitaire non applicable</p> <p>oui →</p>	<p>$I = ba^3/12 = \frac{25 \times 18^3}{12} = 12\,150 \text{ cm}^4$</p> <p>$B = ab = 18 \times 25 = 450 \text{ cm}^2$</p> <p>$i = \sqrt{\frac{I}{B}} = 5,196 \text{ cm}$</p> <p>$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{210}{5,196} = 40,42 < 70$</p> <p>(ou $\lambda = 2\sqrt{3} l_f / a$)</p>
<p>Coefficient α</p> $\lambda \leq 50$ <p>oui → $\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$</p> <p>non → $\alpha = 0,6 \left(\frac{50}{\lambda}\right)^2$</p> <p>(1)</p>	<p>$\lambda < 50$</p> <p>$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0,671$</p>
<p>(1) Si $N_u/2$ appliqué avant</p> <p>90 j: diviser α par 1,10</p> <p>28 j: diviser α par 1,20, remplacer f_{c28} par f_{cj}.</p>	<p>N.B. On suppose que la majorité des charges est appliquée après 90 jours.</p>



- (2) u représente le périmètre de la section exprimé en m.
 (3) Vérifier de plus que $A_s < 5\% B$, sinon frettage (cf B. A. E. L. A.8.1,2).

4 Dispositions constructives (B.A.E.L. A.7.2 et A. 8.1)

Indications règlementaires		Exemple (suite)				
<ul style="list-style-type: none"> Enrobage de toute armature Bétonnage correct 	<p>Distance mini aux parements</p> <p>$c \geq 1 \text{ cm}$ local couvert, sans condensation</p> <p>$c \geq 3 \text{ cm}$ intempéries, condensation</p> <p>$c \geq 5 \text{ cm}$ littoral, brouillard salin</p> <p>$c \geq \varnothing_L$ et c_g (cf A.7.2) (diamètres maxi respectivement des aciers longitudinaux et des granulats)</p>	<p>Choix A_s: 4 HA 20 (12,57 cm²)</p>  <p>$c \geq 1 \text{ cm}$ $c \geq 20 \text{ mm}$</p>				
<ul style="list-style-type: none"> Armatures longitudinales A_s <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="padding: 2px;">$\lambda > 35$</td> <td style="padding: 2px;">A_s à placer aux angles</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">le long de b</td> </tr> </table>	$\lambda > 35$	A_s à placer aux angles		le long de b	<p>Espacements maximaux</p> <p>Section rectangulaire</p> <p>$e \leq a - 10 \text{ cm}$ $e \leq 40 \text{ cm}$ si $\lambda > 35$</p> <p>Section circulaire</p> <p>$n \geq 6$</p> 	<p>Section rectangulaire 18 x 25</p> <p>$e < 18 + 10 = 28 \text{ cm}$ $e < 40 \text{ cm}$</p> <p>Choix: 4 HA 20 cadres HA 8</p> 
$\lambda > 35$	A_s à placer aux angles					
	le long de b					

Indications réglementaires		Exemple (suite)
<p>• Armatures transversales</p> <p>Jonction par recouvrement</p> 	<p>Diamètres et espacements</p> <p>Ceinturage externe de A_s</p> <p>$\varnothing_t \geq \frac{\varnothing_L}{3}$ avec $f_c > 330$ MPa</p> <p>$s_t \leq \bar{s}_t = \inf(a + 10 \text{ cm}; 15 \varnothing_{\min}; 40 \text{ cm})$</p> <p>$l_r \geq 0,6 l_s = 24 \varnothing$ pour HA</p> <p>$v \geq 3$ cours transversaux</p>	<p>$\varnothing_t = 8 \text{ mm} \geq \frac{20 \text{ mm}}{3}$</p> <p>$s_t \leq \bar{s}_t = \inf(28; 30; 40) = 28 \text{ cm}$</p> <p>Choix : $s_t = 25 \text{ cm}$ (4 cadres HA 8 p.m.)</p>