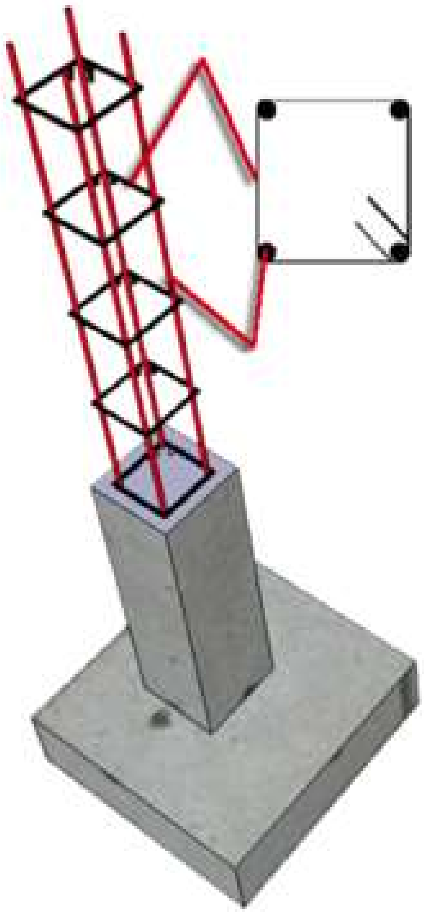
Cours Béton Armé 2

Chapitre 2 : Dimensionnement des poteaux vis-à-vis de la compression centrée

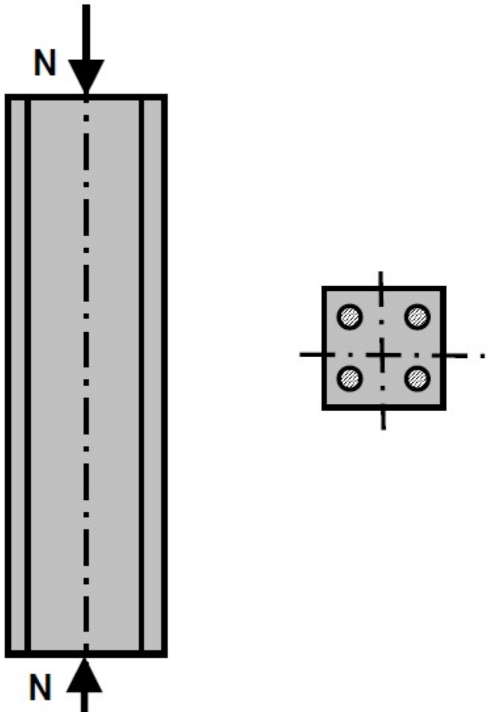


Rahma ZOUAOUI
rahma.zouaoui@enit.utm.tn

Karim MILED
karim.miled@enit.utm.tn

Définition

Une pièce est soumise à une compression simple quand l'ensemble des efforts qui agissent sur elle se réduit à un effort normal de compression appliqué au centre de gravité de la section droite.

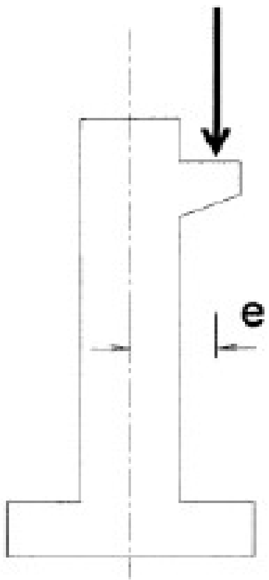


Dans un poteau en compression centrée, le centre de gravité du béton et celui des armatures sont confondus,

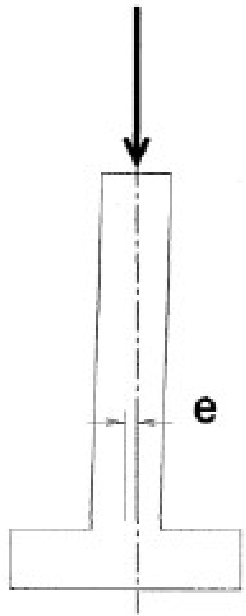
Introduction

En réalité, un poteau est toujours soumis à la flexion composée (effort normal N et moment fléchissant M=N.e) à cause de:

- la dissymétrie du chargement ;
- imperfections lors de d'exécution :
  - non rectitude de l'axe ;
  - défaut de verticalité ;
  - Etc. ;
- la liaison poteau/poutre, etc.



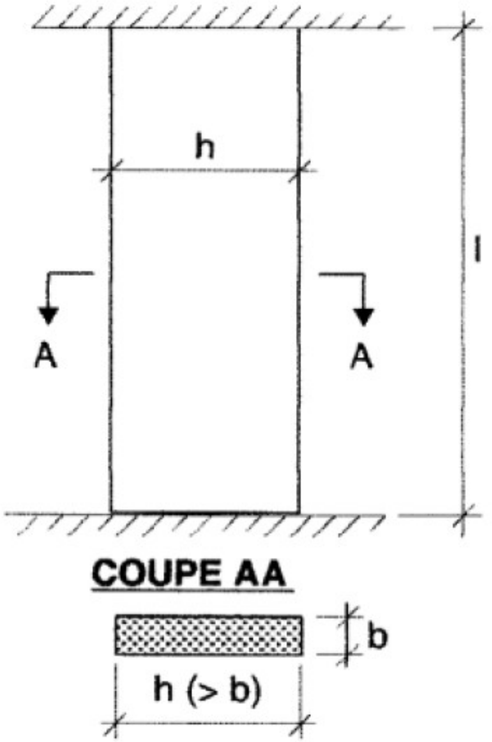
Charge non centrée



Imperfection géométrique

Introduction

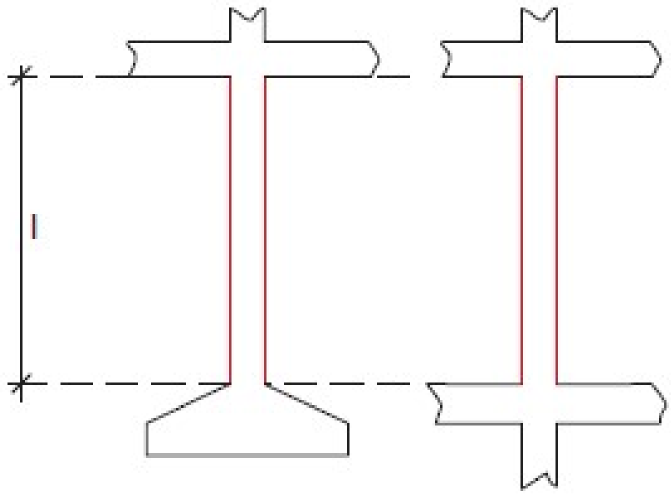
Sont considérés comme poteaux les éléments tels que :



$$\frac{l}{h} \geq 3$$ sinon calcul en voile

$$h < 4.b$$

Longueur du poteau *l*



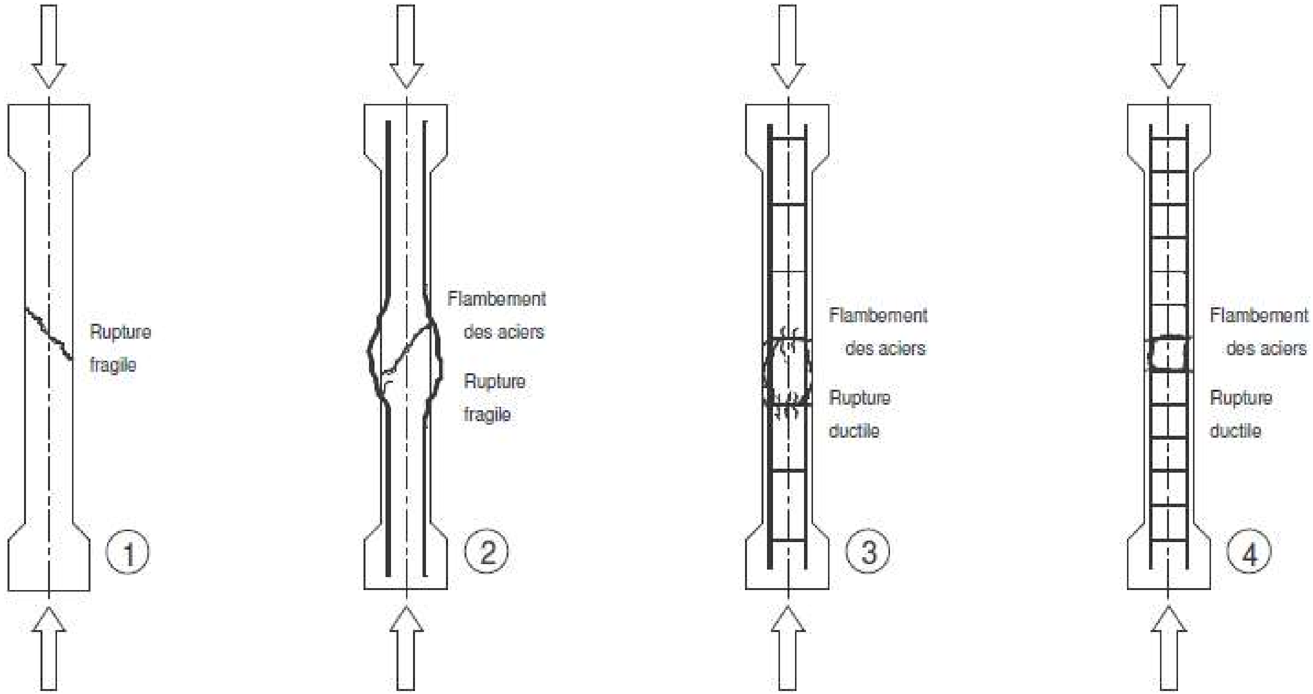
Introduction

Les armatures longitudinales flambent et poussent le béton d'enrobage vers l'extérieur d'où la nécessité d'armatures transversales.

Rupture des poteaux par flambement

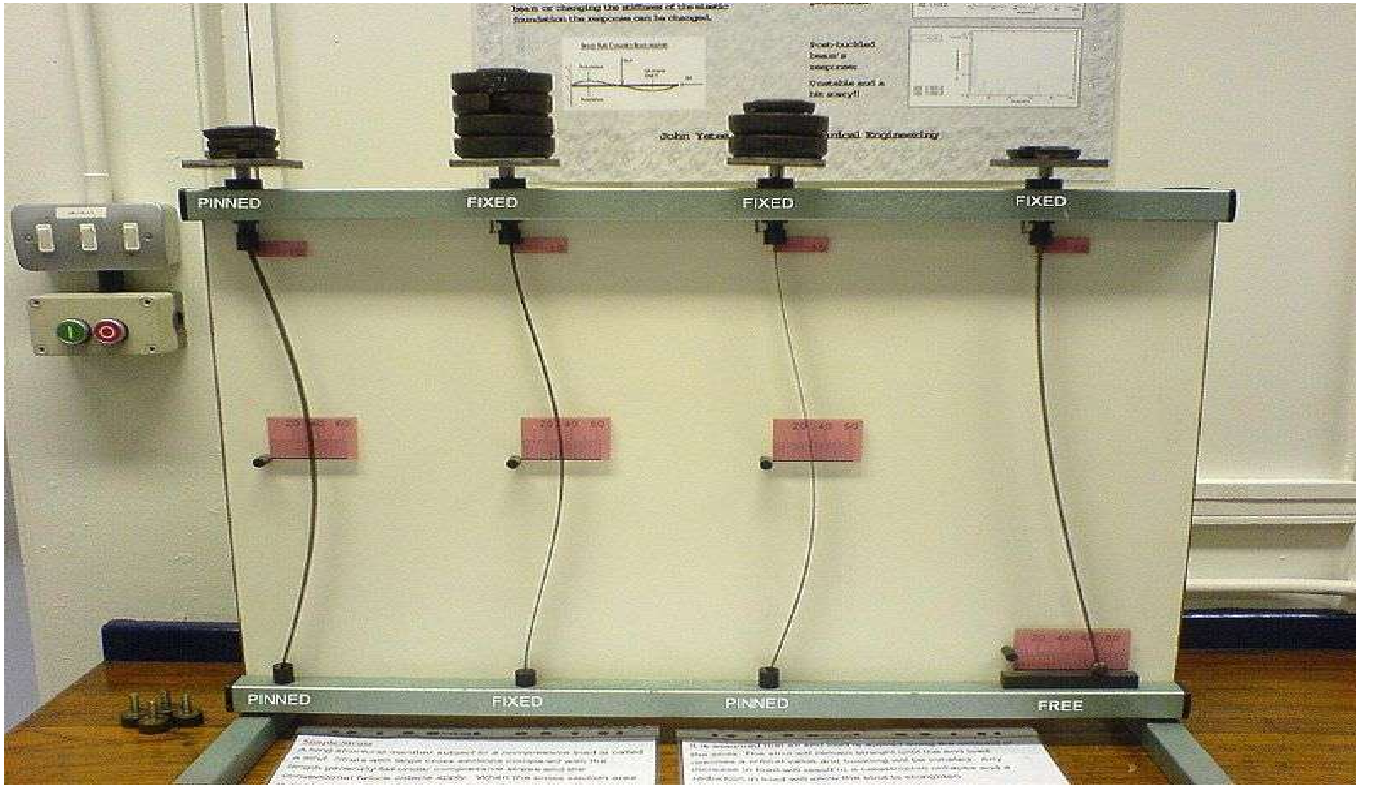
Considérons les 4 types de poteaux suivants et étudions leur rupture sous chargement de compression centrée croissant.

- Poteau n°1 : Béton seul
- Poteau n°2 : Béton et armatures longitudinales
- Poteau n°3 : Béton, armatures longitudinales et transversales
- Poteau n°4 : Béton, armatures longitudinales et transversales à espacements réduits



Le flambement

- Un élément élancé, soumis à un effort de compression axial, peut se déplacer transversalement de façon importante sous de faibles charges. Ce déplacement se fait généralement parallèlement à la plus petite des deux autres dimensions.
- D'autres facteurs interviennent aussi, dans le phénomène de flambement, tel que le système d'attache de la structure au niveau des points de compression.

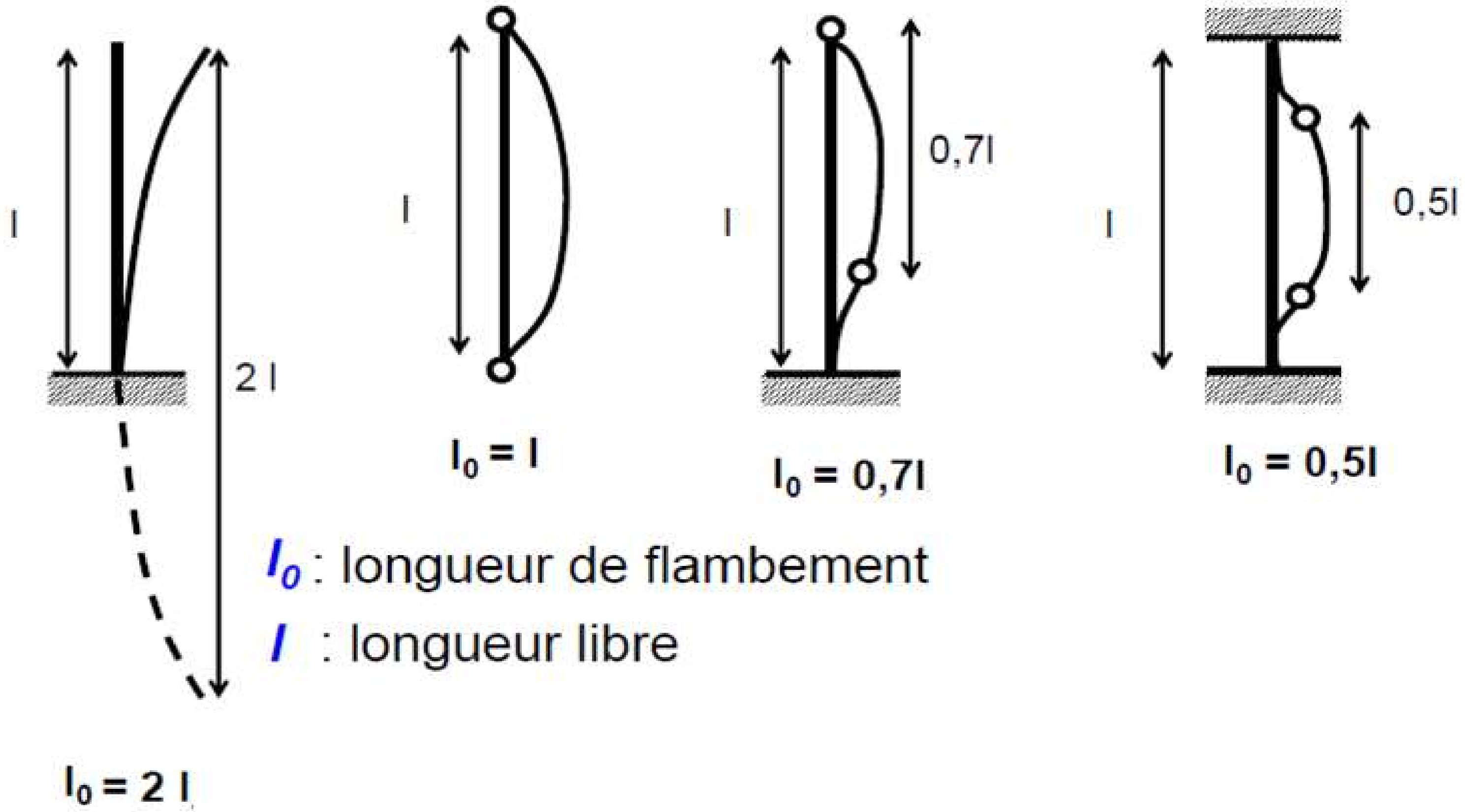


Longueur de flambement

Cas d'un poteau isolé

La longueur de flambement l_0 dépend de la longueur libre l et des liaisons en tête et en pied du poteau.

$$l_0 = k_f \, l$$



Longueur de flambement

Cas d'un portique

a) Éléments contreventés par des voiles

Ce sont les éléments de structure non intégrés au contreventement, donc éléments contreventés :

$$l_0 = 0,5.l.\sqrt{\left(1+\frac{k_1}{0,45+k_1}\right).\left(1+\frac{k_2}{0,45+k_2}\right)}$$

b) Éléments non contreventés par des voiles

Ce sont les éléments de structure intégrés au contreventement, donc éléments non contreventés :

$$l_0 = l.Max\begin{cases}\sqrt{1+10.\dfrac{k_1.k_2}{k_1+k_2}}\\ \left(1+\dfrac{k_1}{1+k_1}\right).\left(1+\dfrac{k_2}{1+k_2}\right)\end{cases}$$

***l** = longueur libre du poteau entre nus des liaisons d'extrémité.*

k_1** et **k_2** : les coefficients de souplesse (*pour un encastrement parfait : ***$k_1=k_2=0$)

Remarque: Les encastrements parfaits n'existent pas dans la pratique, la valeur minimale à considérer pour les coefficients de souplesse est : **k_1** ou **k_2 = 0,1**

Longueur de flambement

Tel que:

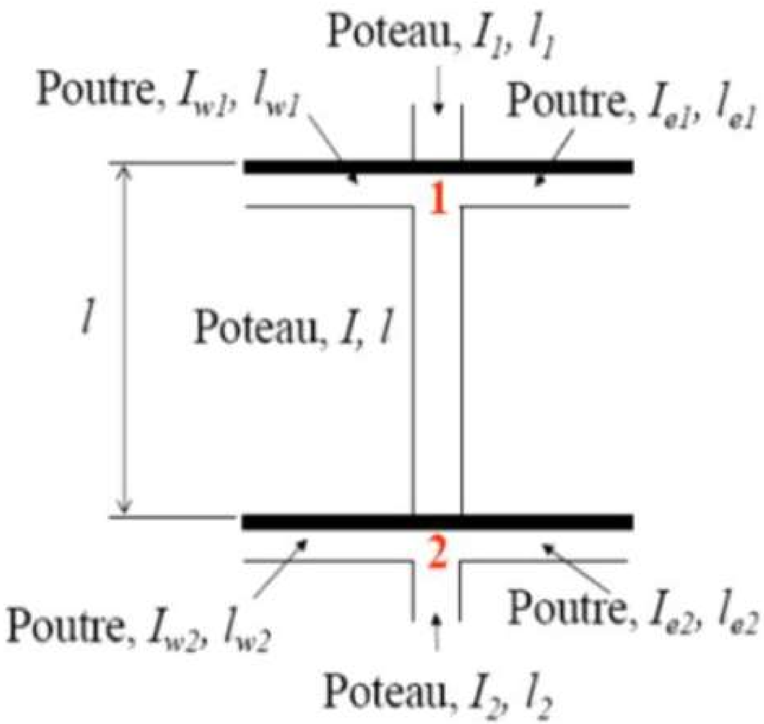
$$k_1 = \frac{\frac{I}{l} + \frac{I_1}{l_1}}{\mu_{w1}\frac{I_{w1}}{l_{w1}} + \mu_{e1}\frac{I_{e1}}{l_{e1}}} \qquad k_2 = \frac{\frac{I}{l} + \frac{I_2}{l_2}}{\mu_{w2}\frac{I_{w2}}{l_{w2}} + \mu_{e2}\frac{I_{e2}}{l_{e2}}}$$

Avec:

$\mu = 3$ pour une extrémité de poutre articulée

$\mu = 4$ pour une extrémité de poutre encastrée

I : moment d'inertie de l'élément considéré



Élancement mécanique

L'élancement mécanique est un coefficient, relatif à la longueur de flambement (l_0) et aux dimensions du poteau, qui caractérise son risque de flambement.

Il est définit comme suit :

$$\boxed{\lambda = \frac{l_0}{i}} \qquad \text{avec} \qquad i = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}}$$

i : Rayon de giration de la section droite du béton seul, par rapport à l'axe de flambement

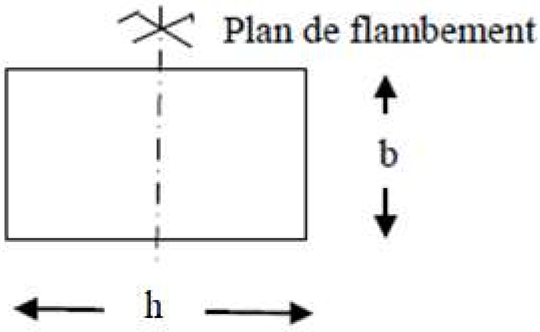
$\boldsymbol{I_c}$**:** Moment d'inertie par rapport à l'axe de flambement de la section transversale (béton seul)

$\boldsymbol{A_c}$**:** aire de la section transversale (béton seul)

Élancement mécanique

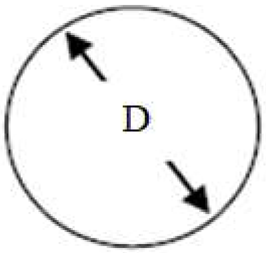
Cas particulier

Section rectangulaire



$$\left.\begin{array}{l} I_c = \dfrac{h.b^3}{12} \\ A_c = h.b \end{array}\right\} \Rightarrow i = \frac{b}{\sqrt{12}} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{l_0\sqrt{12}}{b}}$$

Section circulaire



$$\left.\begin{array}{l} I_c = \dfrac{\pi.D^4}{64} \\ A_c = \dfrac{\pi.D^2}{4} \end{array}\right\} \Rightarrow i = \frac{D}{4} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{4.l_0}{D}}$$

Méthodes de calcul des poteaux

L'EC2 propose **5 méthodes** pour le calcul des poteaux :

M1- Faibles élancements : pour λ compris entre 10 et 30 et pour une contrainte moyenne de compression du béton pas trop forte, on peut se dispenser du calcul au flambement.

M2- Méthode simplifiée des recommandations professionnelles : Il s'agit d'une méthode équivalente à celle utilisée au BAEL, propre à la France et rapide à mettre en œuvre.

M3- Méthode générale : elle reprend les mêmes hypothèses que la méthode déjà utilisée en France (dite méthode de FAESSEL).

M4- Méthode de la rigidité nominale : elle conduit à un moment de calcul majoré et nécessite ensuite un calcul en flexion composée.

M5- Méthode de la courbure nominale : elle conduit à une excentricité du second ordre forfaitaire et nécessite ensuite un calcul en flexion composée.

➡ Dans le cadre de ce cours, on s'intéresse uniquement aux méthodes **M1** et **M2**

Méthode des faibles élancements

Domaine de validité

Les calculs au flambement ne sont pas exigés et les effets du second ordre peuvent être négligés si, pour un élément isolé, l'élancement λ :

$$\lambda = \frac{l_0}{i} < \lambda_{\lim} = \frac{20.A.B.C}{\sqrt{n}}$$

➡ L'élément est considéré comme étant soumis à une « **compression centrée** »

Tel que : l_0= longueur de flambement, i= rayon de giration

$$A = \frac{1}{1+0,2.\varphi_{ef}} = 0,7 \quad si\ \varphi_{ef}\ est\ inconnu$$

$$B = \sqrt{1+2.\omega} = 1,1 \quad si\ \omega\ est\ inconnu$$

$$C = 1,7 - r_m = 0,7 \quad si\ r_m\ est\ inconnu$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c.f_{cd}} = effort\ normal\ relatif$$

Méthode des faibles élancements

Et tel que: $\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0)\dfrac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}}$: coef. de fluage effectif et $\phi(\infty, t_0)$: valeur finale du coef. de fluage

M_{0Eqp}: moment de service sous la combinaison quasi-permanente
M_{0Ed} : moment ultime sous la combinaison de charge de calcul

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}} : \text{pourcentage mécanique d'armatures}$$

A_s: section totale des armatures longitudinales
A_c : aire de la section droite (du béton seul)

$$r_m = \begin{cases} 1 : \text{éléments non contreventés en général} \\ 1 : \text{éléments contreventés avec moments dus principalement à des imperfections ou à des charges transversales} \\ \dfrac{M_{01}}{M_{02}} : \text{autres cas} \end{cases}$$

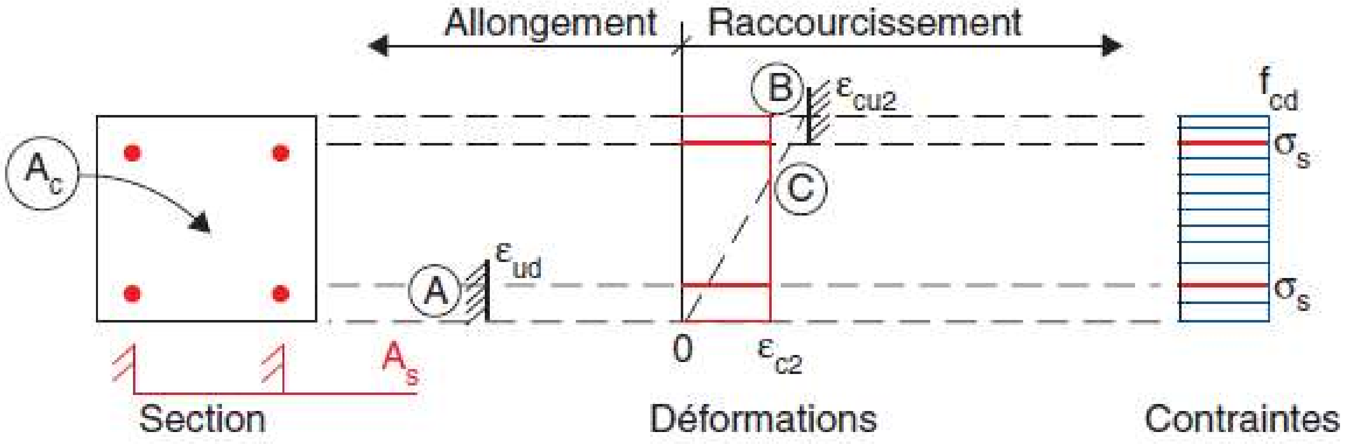
M_{01} et M_{02} : valeurs algébriques des moments aux 2 extrémités de l'élément

Remarque: pour le calcul des poteaux à charge axiale seulement (compression centrée):
$M_{01} = M_{02} = 0$ et $r_m = 1$

Méthode des faibles élancements

Force portante

À l'état limite ultime, le raccourcissement du béton sous compression centrée est limité à une déformation ε_{c2} . Dans ce cas, le diagramme des déformations passe par le **pivot C**.



Dans ce cas, l'effort normal limite (ultime) théorique du poteau est donné par :

$$N_{Rd,th} = A_c f_{cd} + A_s \sigma_s$$

Avec : $\sigma_s = \begin{cases} f_{yd} = \dfrac{f_{yk}}{\gamma_s} si\ \varepsilon_{c2} > \dfrac{f_{yd}}{E_s} \\ E_s.\varepsilon_{c2} \ \text{ sinon} \end{cases}$

Cas du diagramme à palier horizontal sinon il faut calculer σ_s en fonction de ε_{c2} (voir chapitre flexion simple)

Valeurs de ε_{c2}

Classes de résistance du béton															Expression analytique Commentaires
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
ε_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	Voir figure 3.2 ε_{c1} (‰) $= 0,7\ f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	Voir figure 3.2 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu1}(‰) $= 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2, 5	2,6	Voir Figure 3.3 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{c2}(‰) $= 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Voir Figure 3.3 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu2}(‰) $= 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	pour $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	Voir Figure 3.4 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{c3}(‰) $= 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Voir Figure 3.4 pour $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu3}(‰) $= 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

Méthode des faibles élancements

Section des armatures longitudinales comprimées

On a : $N_{Ed} = A_c f_{cd} + A_s \sigma_s$

Le béton équilibre: $F_c = A_c . f_{cd}$

Les aciers doivent équilibrer: $F_s = N_{Ed} - F_c$

Ainsi:

$$\boxed{A_s = \frac{F_s}{\sigma_s}}$$

Sections d'aciers extrêmes

Selon l'ANF de l'EC2, il faut vérifier que : $A_{s,\min} \leq A_s \leq A_{s,\max}$

Tel que:

$$A_{s,\min} = \frac{0{,}10\, N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0{,}2 \frac{A_c}{100}$$

$$A_{s,\max} = \begin{cases} 4 \times \dfrac{A_c}{100} : \text{hors recouvrement} \\ 8 \times \dfrac{A_c}{100} : \text{zone recouvrement} \end{cases}$$

Si on trouve que $A_s > A_{s,max}$, il faut augmenter les dimensions de la section du poteau

Méthode des faibles élancements

Coffrage

$$A_c \geq \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \frac{A_s}{A_c}\sigma_s} \text{ on suppose généralement que } \frac{A_s}{A_c} \approx 1\%$$

Ainsi: $\boxed{A_c \geq \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \frac{\sigma_s}{100}}}$ avec $\sigma_s = \begin{cases} f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \; si \; \varepsilon_{c2} > \frac{f_{yd}}{E_s} \\ E_s.\varepsilon_{c2} \text{ sinon} \end{cases}$

Cas du diagramme à palier horizontal sinon il faut calculer σ_s en fonction de ε_{c2} (voir chapitre flexion simple)

Méthode simplifiée des recommandations professionnelles de la FFB

- Il s'agit d'une méthode équivalente à celle utilisée au BAEL, propre à la France et rapide à mettre en œuvre.

- Domaine de validité:

  - ✓ Sollicitation en compression centrée
  - ✓ Elancement $\lambda \leq 120$
  - ✓ $20 \leq f_{ck} \leq 50$ MPa
  - ✓ Epaisseur dans le sens selon la direction du flambement doit être supérieure 15 cm

Armatures longitudinales calculées

La Résistance théorique du poteau en compression simple est : $N_{Rd} = A_c f_{cd} + A_s f_{yd}$

Effort ultime de compression réglementaire (FFB) : $N_{Ed} \leq N_{Rd} = k_h.k_s.\alpha.\left[\frac{A_c f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_s}\right]$

$$\Rightarrow N_{Ed} \leq k_h.k_s.\alpha.\left[A_c f_{cd} + A_s f_{yd}\right]$$

Section d'acier nécessaire est tel que : $N_{Ed} = N_{Rd}$ =>

$$\boxed{A_s = \left[\frac{N_{Ed}}{k_h.k_s.\alpha} - A_c f_{cd}\right].\frac{1}{f_{yd}}}$$

Méthode simplifiée des recommandations professionnelles de la FFB

Cas d'un poteau de section rectangulaire (b x h) : $N_{Rd} = k_h . k_s . \alpha . [b.h.f_{cd} + A_s f_{yd}]$

Tel que:

$$\lambda = \frac{l_0\sqrt{12}}{b}; \text{ si } \lambda \leq 60 \Rightarrow \alpha = \frac{0{,}86}{\left[1+\left(\frac{\lambda}{62}\right)^2\right]} \quad ; \text{si } 60 < \lambda \leq 120 \Rightarrow \alpha = \left(\frac{32}{\lambda}\right)^{1{,}3}$$

$$k_h = (0{,}75 + 0{,}5h)(1 - 6\rho\delta) \text{ pour } h < 50\ cm \text{ sinon } k_h = 1$$

$$\delta = \frac{d'}{h} \text{ avec } d' : \text{enrobage des aciers; } \rho = \frac{A_s}{b.h}$$

$$\text{si } \delta \text{ et } \rho \text{ sont inconnus } \Rightarrow \mathrm{k_h} = 0{,}93$$

$$k_s = 1{,}6 - \frac{0{,}6 f_{yk}}{500} \text{ pour } f_{yk} > 500\,MPa \text{ et } \lambda > 40 \text{ sinon } k_s = 1$$

Méthode simplifiée des recommandations professionnelles de la FFB

Cas d'un poteau de section circulaire (de diamètre D) : $N_{Rd} = k_h.k_s.\alpha.\left[\frac{\pi D^2}{4}.f_{cd} + A_s f_{yd}\right]$

Tel que:

$$\lambda = \frac{4l_0}{D};\ \text{si}\ \ \lambda \leq 60 \Rightarrow \alpha = \frac{0,84}{\left[1+\left(\frac{\lambda}{52}\right)^2\right]} \qquad ;\text{si}\ \ 60 < \lambda \leq 120 \Rightarrow \alpha = \left(\frac{27}{\lambda}\right)^{1,24}$$

$$k_h = (0,7+0,5D)(1-8\rho\delta)\ \text{pour}\ D < \ 60\ cm\ \ \text{sinon}\ k_h = 1$$

$$\delta = \frac{d'}{D}\ \ \text{avec}\ \ d':\text{enrobage}\ \ \text{des aciers;}\quad \rho = \frac{4.A_s}{\pi.D^2}$$

$$\text{si}\ \delta\ \text{et}\ \rho\ \text{sont}\ \ \text{inconnus}\ \ \Rightarrow \mathrm{k_h} = 0,93$$

$$k_s = 1,6 - \frac{0,65 f_{yk}}{500}\ \text{pour}\ f_{yk} > 500 MPa\ \text{et}\ \lambda > 30\ \ \text{sinon}\ k_s = 1$$

Méthode simplifiée des recommandations professionnelles de la FFB

Sections d'aciers extrêmes

Selon l'ANF, il faut vérifier que : $A_{s,\min} \leq A_s \leq A_{s,\max}$

Tel que:
$$A_{s,\min} = \frac{0{,}10\, N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0{,}2 \frac{A_c}{100}$$

$$A_{s,\max} = \begin{cases} 4 \times \dfrac{A_c}{100} : \text{hors recouvrement} \\ 8 \times \dfrac{A_c}{100} : \text{zone recouvrement} \end{cases}$$

Si on trouve que $A_s > A_{s,max}$, il faut augmenter les dimensions de la section du poteau

Coffrage

Selon la méthode des recommandations professionnelles, on a:

$$\frac{N_{Ed}}{A_c} \leq k_h.k_s.\alpha.\left[f_{cd} + \frac{A_s}{A_c} f_{yd} \right] \text{ on suppose généralement que } \frac{A_s}{A_c} \approx 1\%$$

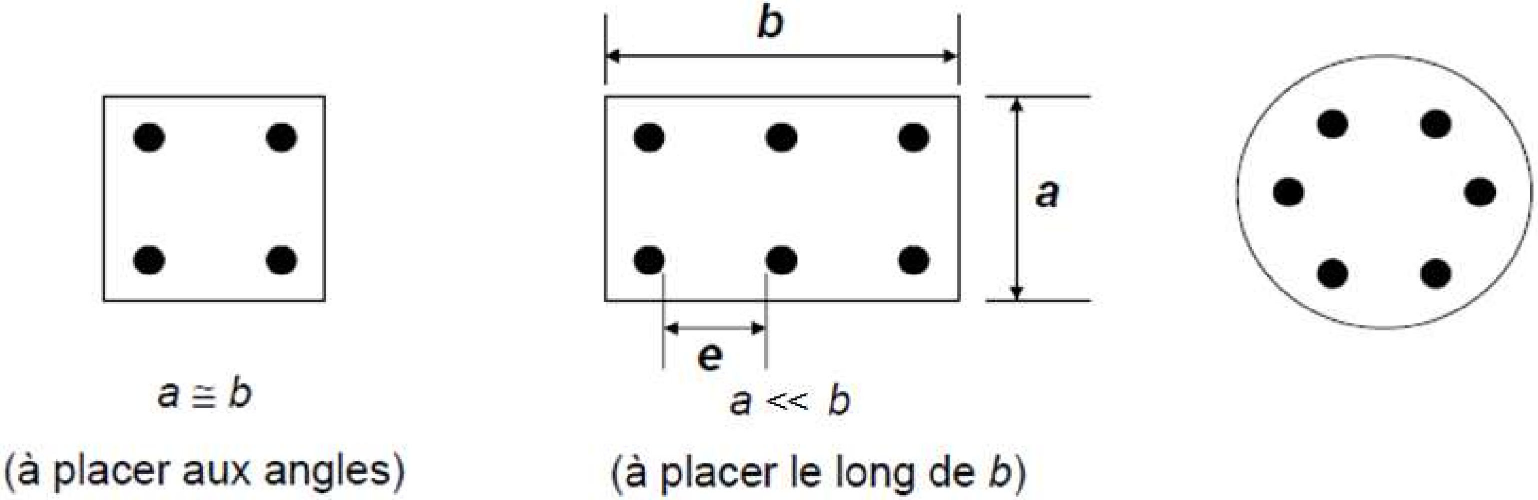
Ainsi:
$$\boxed{A_c \geq \frac{N_{Ed}}{k_h.k_s.\alpha.\left[f_{cd} + \dfrac{f_{yd}}{100} \right]}}$$

Dispositions constructives

- **Diamètres** : $\phi_l \geq \phi_{min}$= **8 *mm*** (valeur recommandée et à utiliser pour l'ANF).

- Les armatures longitudinales doivent être réparties le long des parois:
  - Sections rectangulaires: au moins une barre dans chaque angle.
  - Sections circulaires: au moins 6 barres régulièrement réparties

$$e = \min(40cm; a + 10cm)$$



Armatures transversales

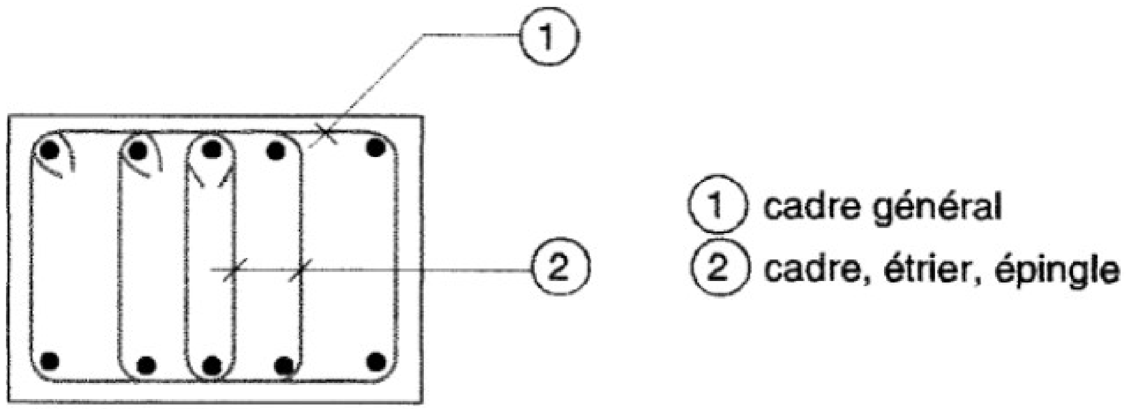
Rôle principal: Eviter la rupture prématurée du poteau par flambement local des aciers longitudinaux

Elles sont constituées de nappes successives perpendiculaires à l'axe longitudinal de la pièce et régulièrement espacées, avec :

- un cadre général entourant l'ensemble des armatures longitudinales ;
- des cadres, étriers ou épingles maintenant les barres longitudinales intermédiaires.

Diamètre minimal

$$\phi_t \geq \max\begin{cases} 6\ mm \\ \dfrac{\phi_{l,\max}}{4} \end{cases}$$



Armatures transversales

Espacement

- ***En zone courante:***

$$S_{cl,t\max} \leq Min\begin{cases} 40\ cm \\ b \\ 20\ \phi_{l\min} \end{cases}$$

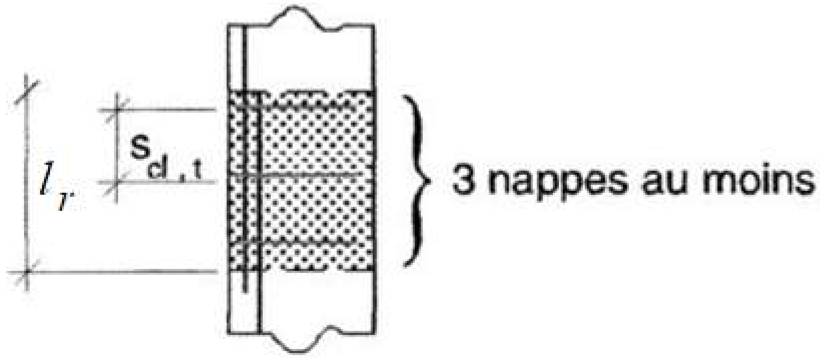
Avec b est la plus petite dimension de la section transversale

- ***En zone de recouvrement***

  - Il faut calculer la longueur de recouvrement (l_r) (Voir chapitre 2/ cours BA I)
  - Si le diamètre maximal des barres longitudinales ($\phi_{l,max}$) est supérieur à *14 mm*, prévoir au moins trois nappes transversales, régulièrement espacées, sur la longueur de recouvrement (l_r) .
  - Dans la pratique, on assure un léger dépassement ($2\phi_l$ environ) au niveau des extrémités des barres longitudinales arrêtées par rapport aux nappes extrêmes sur le recouvrement.

Avec:

$$S_{cl,t} \leq 0{,}6 \times S_{cl,t\max}$$



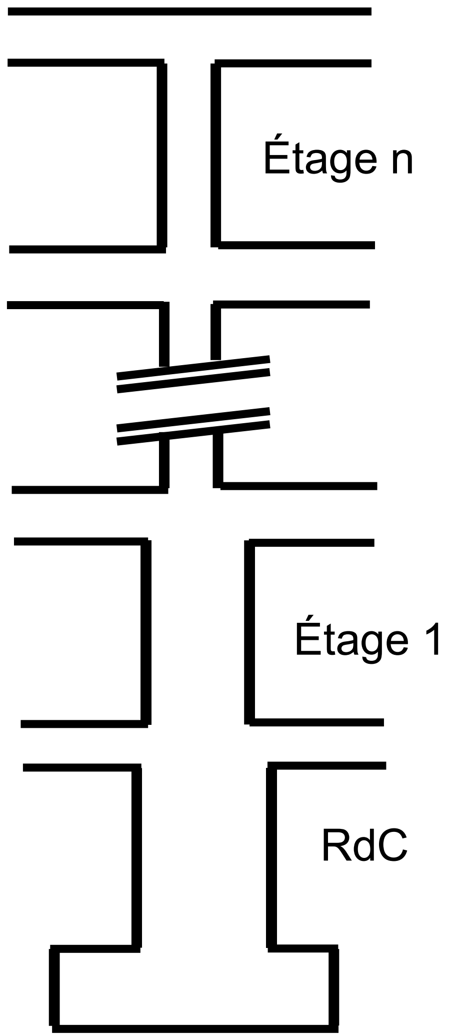
Différentes sections de poteaux de bâtiments courants

22 × (22 – 25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 55 – 60 – 65 ...)
25 × (25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 55 – 60 – 65 ...)
30 × (30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 55 – 60 – 65 ...)
35 × (35 – 40 – 45 – 50 – 55 – 60 – 65 ...)
40 × (40 – 45 – 50 – 55 – 60 – 65 ...)
45 × (45 – 50 – 55 – 60 – 65 ...)
50 × (50 – 55 – 60 – 65 ...)
55 × (55 – 60 – 65 ...)
60 × (60 – 65 ...)
65 × (65 ...)

Calcul de N_{Ed}: Descente de charges verticales

Détermination des charges gravitaires permanentes et d'exploitation:

- Calcul des poteaux
- Calcul des fondations



Bâtiment RdC
+ n étages

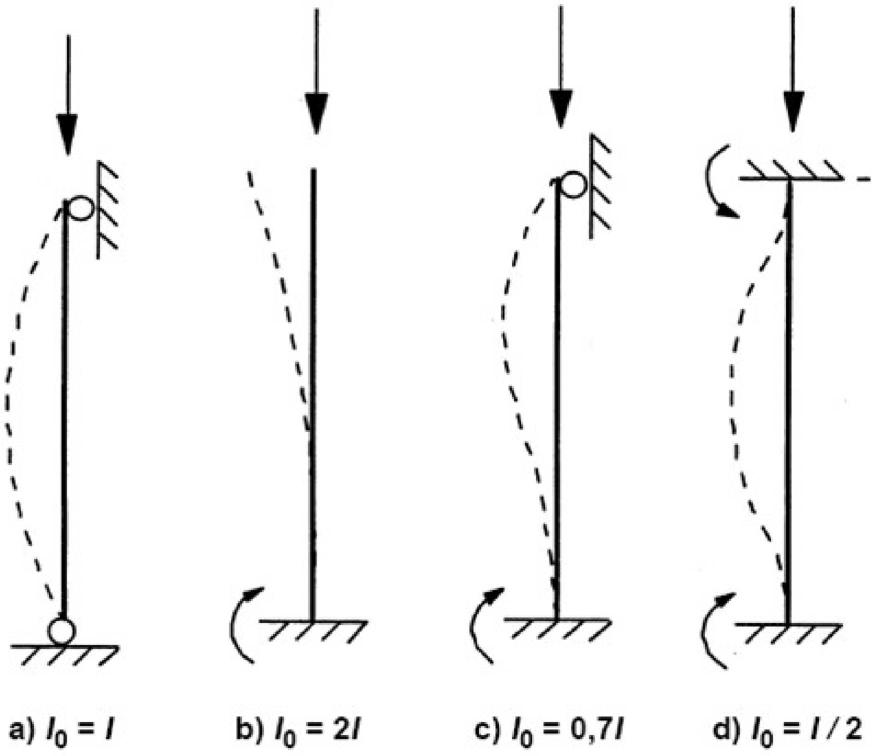
Calcul de N_{Ed}: Descente de charges verticales

	Charges permanentes	Charges d'exploitation	N_{Ed}	N_{ser}
Plancher Terrasse				
Plancher Haut n-1				
…..				
Plancher Haut RdC				

Exercice 1: Énoncé

Soit un poteau isolé de section **27x40 cm²** et de longueur **l =4,2 m**

Calculer la longueur de flambement $\mathbf{l_0}$ et l'élancement mécanique λ pour les 4 cas suivants:



Exercice 1: Correction

On a:

$l_0 = k.l$

a) k=1 => $l_0 = 4,2\ m$ => $\lambda = 53,89$

b) k=2 => $l_0 = 8,4\ m$ => $\lambda = 107,77$

c) k=0,7 => $l_0 = 2,94\ m$ => $\lambda = 37,72$

d) k= 0,5 => $l_0 = 2,1\ m$ => $\lambda = 26,94$

Avec: $i = i_{min} = 7,794$ cm

=> Plus la valeur de λ augmente, plus le risque de flambement est important.

Exercice 2: Énoncé

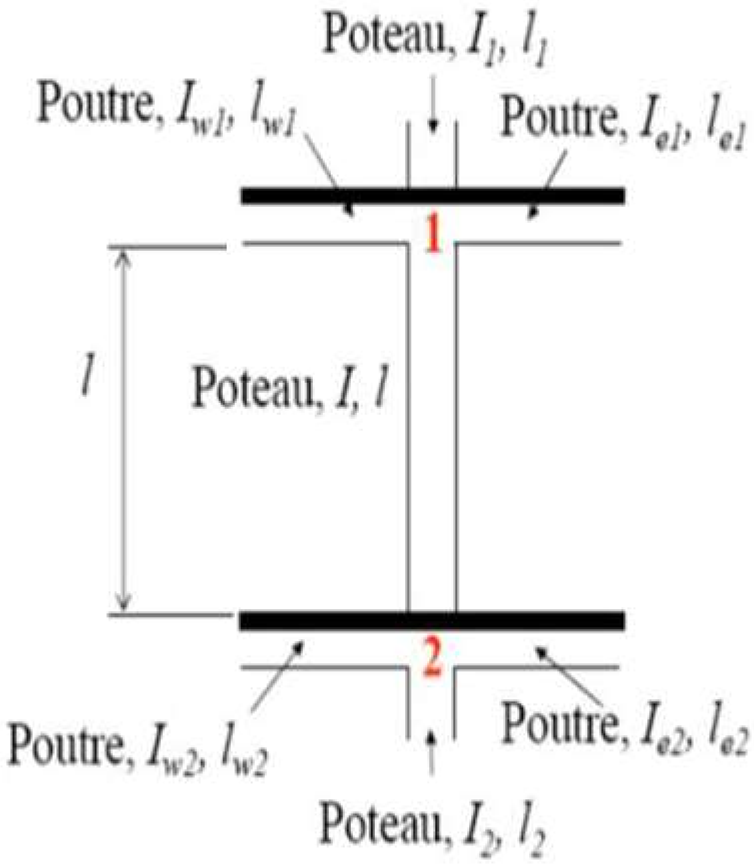
Soit un poteau (*I, l*) de section 22x22 cm² . Les poutres supérieures et inférieures à ce poteau Sont de même section (22x21 cm²) et de longueurs 4 m.

Les poteaux dans les étages supérieur et inférieur sont de même section (22x22 cm²).

Hypothèses:

- Le poteau est contreventé
- Tous les poteaux sont de longueur 3,1 m.

On se propose de déterminer l'élancement mécanique λ de ce poteau.



Exercice 2: Correction

Longueur de flambement l_0

Puisque le poteau est contreventé, alors la longueur de flambement $\boldsymbol{l_0}$ est donnée par:

$$l_0 = 0,5.l.\sqrt{\left(1+\frac{k_1}{0,45+k_1}\right).\left(1+\frac{k_2}{0,45+k_2}\right)}$$

Tel que:

$$k_1 = \frac{\frac{I}{l}+\frac{I_1}{l_1}}{\mu_{w1}\frac{I_{w1}}{l_{w1}}+\mu_{e1}\frac{I_{e1}}{l_{e1}}} \qquad k_2 = \frac{\frac{I}{l}+\frac{I_2}{l_2}}{\mu_{w2}\frac{I_{w2}}{l_{w2}}+\mu_{e2}\frac{I_{e2}}{l_{e2}}}$$

Selon les données de l'exercice :

$$k_1 = k_2 = \frac{\frac{I}{l}}{\mu.\frac{I_{poutre}}{l_{poutre}}} = \frac{\frac{1,95.10^{-4}}{3,1}}{3.\frac{1,7.10^{-4}}{4}} = 0,493$$

$$\Rightarrow l_0 = 0,5 \times 3,1 \times \left(1+\frac{0,493}{0,45+0,493}\right) = 2,36\ m$$

Exercice 2: Correction

Élancement mécanique λ

$$\text{On a } \lambda = \max\left(\frac{l_0.\sqrt{12}}{b};\frac{l_0.\sqrt{12}}{h}\right) = \frac{l_0.\sqrt{12}}{b}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{2{,}36 \times \sqrt{12}}{0{,}22} = 37{,}16}$$

Exercice 3: Énoncé

On considère un poteau isolé bi-articulé de longueur libre l =3,75m, de section 25 x40 cm².

Le poteau est soumis à un effort normal permanent N_G=50 tonnes et un effort normal variable N_Q=15 tonnes.

Matériaux:

- Béton: C25/30
- Aciers longitudinaux: HA S500
- Aciers transversaux: RL S235
- Enrobage d'= 2,5 cm

Travail demandé:

1- Déterminer l'élancement mécanique du poteau

2- Déterminer, par la méthode des « recommandations professionnelles : FFB » la section des aciers longitudinaux, à disposer en 6 barres.

3- Déterminer le diamètre ϕ_t et l'espacement $s_{cl,tmax}$ des armatures transversales en zone courante.

4- Faire un schéma du ferraillage longitudinal et transversal en zone courante du poteau

Exercice 3: Correction

Caractéristiques des matériaux

Béton

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} (\alpha_{cc} = 1) \Rightarrow f_{cd} = 1 . \frac{25}{1,5} = 16,7 MPa$$

Aciers

$$S500 \Rightarrow f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 MPa$$

Sollicitation à l'ELU

$$N_{Ed} = 1,35.N_G + 1,5.N_Q \Rightarrow N_{Ed} = 90\, t$$

1- Détermination de l'élancement mécanique du poteau

On a un poteau isolé et bi-articulé : $k_f = 1 \Rightarrow l = l_0 = 3,75$ m et $i = i_{min} = 7,217$ cm

Ainsi, $\lambda = 51,96$

Exercice 3: Correction

2- Application de la méthode des « recommandations professionnelles : FFB »

On a:

$$\left\{\begin{array}{l} A_c = b \times h = 1000 \text{ cm}^2 \\ \alpha = 0{,}505 \\ k_h = 0{,}93 \\ k_s = 1 \end{array}\right. \Longrightarrow A_s = 5{,}73 \text{ cm}^2 \text{ (soit 6 HA 12 = 6,79 cm}^2\text{)}$$

Armatures longitudinales: sections extrêmes

$$A_{s,\min} = Max\begin{cases} \dfrac{0{,}10.N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0{,}2.\dfrac{A_c}{100} \end{cases} = Max\begin{cases} 2{,}07cm^2 \\ 0{,}2.\dfrac{40\times 25}{100} = 2cm^2 \end{cases} \Rightarrow A_{s,\min} = 2{,}07cm^2$$

$$A_{s,\max} = 4.\frac{A_c}{100} \Rightarrow A_{s,\max} = 4.\frac{40\times 25}{100} = 40cm^2$$

$$\Rightarrow A_{s,\min} \leq A_s \leq A_{s,\max}$$

Exercice 3: Correction

3- Détermination du diamètre ϕ_t et l'espacement $s_{cl,tmax}$ des armatures transversales en zone courante:

$$\phi_t \geq Max \begin{cases} 6mm \\ \dfrac{\phi_{l,\max}}{4} \end{cases} \Rightarrow \phi_t = 6mm$$

<u>*Espacement en zone courante*</u>

$$s_{cl,t\,max} = Min \begin{cases} 20.\phi_{l,min} \\ b \\ 400mm \end{cases} \Rightarrow s_{cl,t\,\max} = 240\,mm = Min \begin{cases} 20 \times 12 = 240\,mm \\ b = 250\,mm \\ 400\,mm \end{cases}$$

⇨ soit un cadre + un étrier RL $\phi 6$ espacés de 24 cm en zone courante

Exercice 4: Énoncé

Soit un poteau (*I, l*) de section ***hx40 cm²*** et de longueurs l=2,1 m.

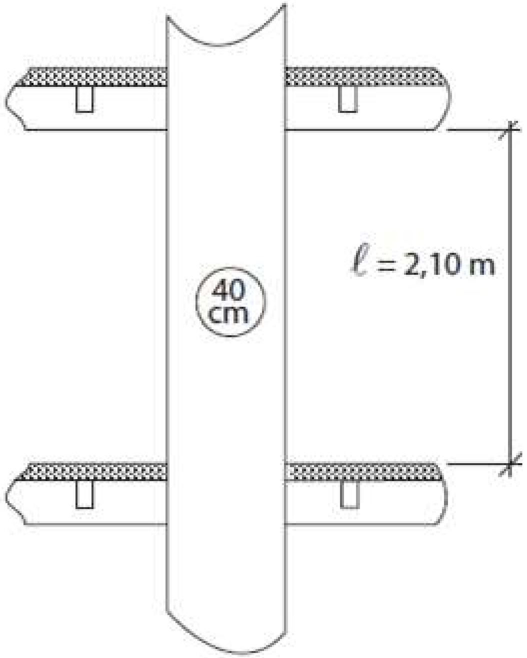
Les poteaux dans les étages supérieur et inférieur sont de même section et de même longueur.

Le poteau est soumis (sous plancher supérieur) à:

- N_G=1390 kN: Effort normal dû aux charges permanentes
- N_Q=1000 kN: Effort normal dû aux charges variables

Matériaux:
- Béton: C25/30
- Aciers longitudinaux: HA S500 à palier horizontal
- Aciers transversaux: RL S235
- Enrobage des aciers d'= 3cm

Hypothèses:
- Le poteau est non intégré au contreventement
- Le poteau est beaucoup moins rigide que les poutres du plancher



On se propose de :

1- déterminer le coffrage du poteau

2- Choisir les armatures longitudinales et transversales