

# Compression simple

# 1) Définition

Une pièce en béton armé est soumise à la **compression simple** lorsque les forces agissants sur une section droite se réduisent à **un effort normal N de compression appliqué au centre de gravité de la section.**

# 2) Effort normal résistant

Une section en béton armé d'aire B contenant une section d'acier A résiste théoriquement à un effort normal ultime :

$$N_{\text{uth}} = Bf_{bu} + A \sigma_s(2\text{‰})$$

# 3) Poteaux soumis à une compression centrée

Pratiquement, les **charges** transmises aux poteaux ne sont **jamais parfaitement centrées** (imperfections d'exécution, moments transmis par les poutres, dissymétrie de chargement etc...)

Réglementairement (Art. B.8.4), un poteau est **réputé** soumis à une "compression centrée" si :

- l'excentricité de l'effort normal est faible (inférieure à la moitié de la dimension du noyau central).
- l'imperfection géométrique du poteau est estimée au plus égale à  $\max(1\text{cm}, \ell_0/500)$  avec  $\ell_0$  = la longueur libre du poteau.
- l'élanement mécanique " $\lambda$ " du poteau est inférieur ou égal à 70.

## 4) Elancement et longueur de flambement d'un poteau

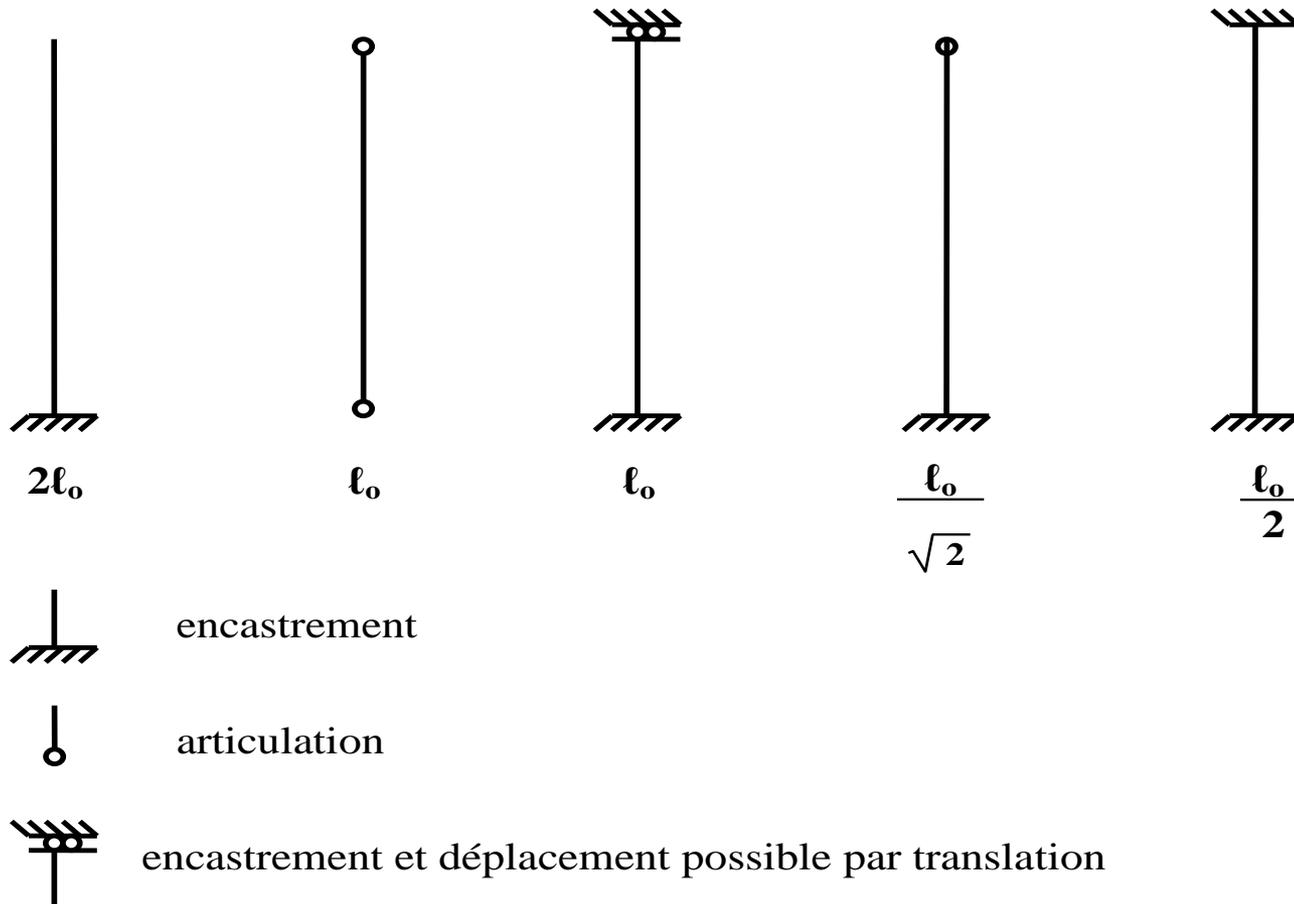
### a) Elancement mécanique

$$\lambda = \frac{\ell_f}{i} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} \ell_f = \text{longueur de flambement du Poteau} \\ i = \sqrt{\frac{I}{B}} = \text{rayon de giration} \\ I = \text{moment d'inertie de la section transversale de béton} \\ \quad \text{seul dans le plan de flambement.} \\ B = \text{aire de la section transversale de béton} \end{array} \right.$$

## b) Longueur de flambement

✓ Cas d'un poteau isolé :

La longueur de flambement dépend des liaisons d'extrémité :



✓ **Poteau d'un bâtiment courant :**

Pour les bâtiments à étages contreventés par des pans verticaux (murs, voile, cage d'escaliers etc...) avec continuité des poteaux et de leur section, la longueur de flambement " $\ell_f$ " est prise égale à :

- $0.7\ell_o$  si le poteau est à ses extrémités :
  - + soit encastré dans un massif de fondation
  - + soit assemblé à des poutres de plancher ayant au moins la même raideur que le poteau dans le sens considéré et le traversant de part en part .
- $\ell_o$  dans les autres cas

$\ell_o$  = longueur libre du poteau

La longueur libre d'un poteau de bâtiment (Art. B8.3,1) est comptée entre faces supérieures de deux planchers consécutifs ou de sa jonction avec la fondation à la face supérieure du premier plancher.

## 5) Evaluation forfaitaire de l'effort normal résistant

- L'étude du flambement suivant les prescriptions de l'article A4.4 du BAEL étant compliquée, on a été amené, dans le cas des poteaux soumis à une "compression centrée", à considérer des **règles forfaitaires** simples.
- L'effort normal résistant ultime (ou force portante) du poteau est obtenu par correction de la formule théorique comme suit (Art. B8.4) :

$$\bar{N}_u = \frac{\alpha}{k} \left[ \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

avec

- $B_r$  = section réduite du poteau obtenue en déduisant 1cm d'épaisseur de béton sur toute sa périphérie.
- $A$  = section d'armatures comprimées prises en compte dans le calcul.
- $\gamma_b = 1.5$
- $\gamma_s = 1.15$
- $\alpha$  = coefficient fonction de l'élançement mécanique  $\lambda$  du poteau

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left( \frac{\lambda}{35} \right)^2} \quad \text{pour } \lambda \leq 50$$

$$\alpha = 0.60 \left( \frac{50}{\lambda} \right)^2 \quad \text{pour } 50 < \lambda \leq 70$$

$$k = \begin{cases} 1.1 & \text{si plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 jours .} \\ 1.2 & \text{si la majeure partie des charges est appliquée avant 28 jours, et on} \\ & \text{prend la contrainte } f_{cj} \text{ au lieu de } f_{c28}. \\ 1 & \text{dans les autres cas} \end{cases}$$

## 6) Calcul des armatures longitudinales

$$N_u \leq \bar{N}_u \quad \Rightarrow \quad N_u \leq \frac{\alpha}{k} \left[ \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

$$\quad \Rightarrow \quad A \geq \left[ \frac{kN_u}{\alpha} - \frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9\gamma_b} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

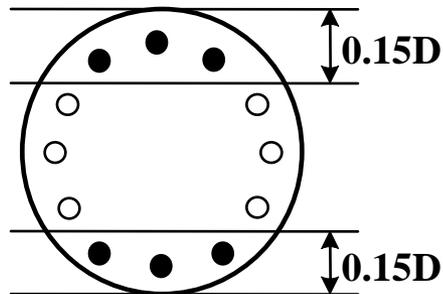
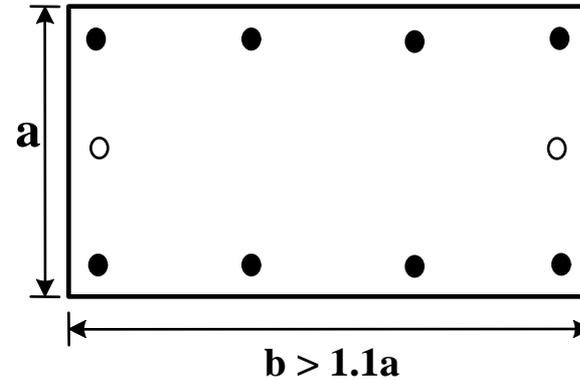
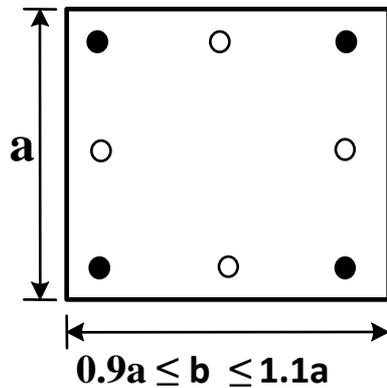
## 7) Sections extrêmes

L'article A8.1,21 préconise  $A_{\min} \leq A \leq A_{\max}$

$$\text{avec } \begin{cases} A_{\min} = \max \begin{cases} 4 \text{ cm}^2 / \text{m de périmètre} \\ 0.2 \frac{B}{100} \end{cases} \\ A_{\max} = 5 \frac{B}{100} \end{cases}$$

## 8) Armatures longitudinales prises en compte dans les calculs de résistance

Si  $\lambda > 35$  : seules, sont à prendre en compte dans les calculs, les armatures augmentant le plus efficacement la rigidité dans le plan de flambement (Art. B8.4,1).

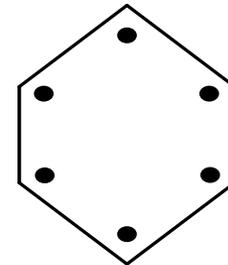
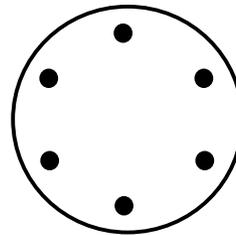
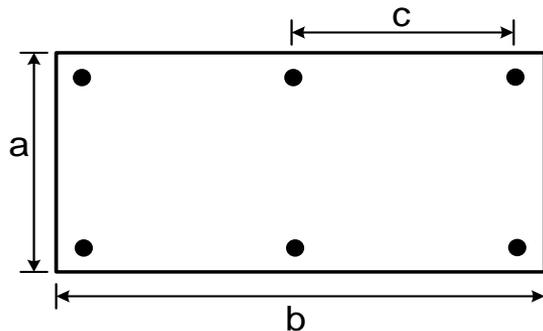


- Barres prises en compte dans les calculs
- Barres non prises en compte

## 9) Dispositions des armatures longitudinales

Les armatures (Art.A8.1,22) doivent être réparties le long des parois.

- pour les sections rectangulaires ( $a < b$ ) la distance maximale "c" de deux barres voisines doit respecter la condition :  $c \leq \min [(a+10 \text{ cm}) ; 40 \text{ cm}]$
- pour les sections circulaires, on place au moins 6 barres régulièrement espacées
- pour les sections polygonales, on place au moins une barre dans chaque angle.



## 10) Armatures transversales

a) **Diamètre :**  $\frac{\varnothing_\ell}{3} \leq \varnothing_t \leq 12 \text{ mm}$

b) **Espacement :**

- En zone courante :  $s_t \leq \min (40\text{cm} ; a+10\text{cm} ; \varnothing_{\ell_{\min}} )$

a = plus petite dimension transversale de la section ou son diamètre

- En zone de recouvrement :

Dans les zones où il y a plus de la moitié des barres en recouvrement, on dispose au moins 3 nappes d'armatures transversales sur  $\ell_r$  avec  $\ell_r = 0.6 \ell_s$  dans les cas courants et  $\ell_r = \ell_s$  pour les pièces soumises aux chocs.

c) **Remarque :**

Les armatures transversales doivent maintenir :

- toutes les barres prises en compte dans les calculs de résistance
- les barres de diamètre  $\geq 20 \text{ mm}$  même celles non prises en compte dans les calculs.

## 11) Coffrage

- La condition de résistance donne
 
$$B_r \geq \frac{\frac{kN_u}{\alpha}}{\frac{f_{c28}}{0.9 \gamma_b} + \frac{A}{B_r} \frac{f_e}{\gamma_s}}$$
- On peut adopter par exemple  $\frac{A}{B_r} = 1 \%$  d'où
 
$$B_r \geq \frac{\frac{kN_u}{\alpha}}{\frac{f_{c28}}{0.9 \gamma_b} + \frac{f_e}{100 \gamma_s}}$$
- On peut aussi chercher à atteindre  $\lambda = 35$  pour que toutes les armatures participent à la résistance.

## Exercice n°21

Déterminer le ferrailage d'un poteau soumis en ELU à un effort de compression centré  $N_u = 1000$  KN.

Données :

- $f_{c28} = 27$  MPa
- $f_e = 400$  MPa
- charges appliquées après 90 jours
- longueur de flambement :  $\ell_f = 3$  m
- section du poteau :  $B = 20 \times 40$  cm<sup>2</sup>

## Exercice n°22

Calculer la force portante d'un poteau de bâtiment de section  $20 \times 30$  cm<sup>2</sup> armé de 6HA12 en acier FeE 400.

Données :

- $f_{c28} = 25$  MPa
- 60% des charges sont appliquées avant 90 jours
- longueur de flambement :  $\ell_f = 3.2$  m
- $A_t = 4$ HA6 ;  $s_t = 18$  cm

