Flambement flexion

Définition :

C'est un phénomène d'instabilité élastique qui affecte les pièces comprimées et fléchies, donc il s'agit ici d'étudier des poteaux soumis simultanément à une sollicitation de compression et à une sollicitation de flexion (flexion composée). En général, tous les éléments de portiques sont soumis à une flexion composée. Les cas où ils ne supportent qu'un seul effort axial ou une seule flexion ne sont souvent que des cas particuliers de flexion composée pour lesquels une sollicitation est négligeable devant l'autre.

Origine de la flexion composée

La flexion des éléments comprimés provient de différent type de phénomène :

1-les actions gravitaires (charge permanente G, neige Sn) sur les traverses (poutres).

2-les actions horizontales du vent sur les éléments verticaux.

3-les actions ou les phénomènes parasites : c'est le cas des défauts de convergence des axes passant par les centres de gravité des sections (compression excentrée).

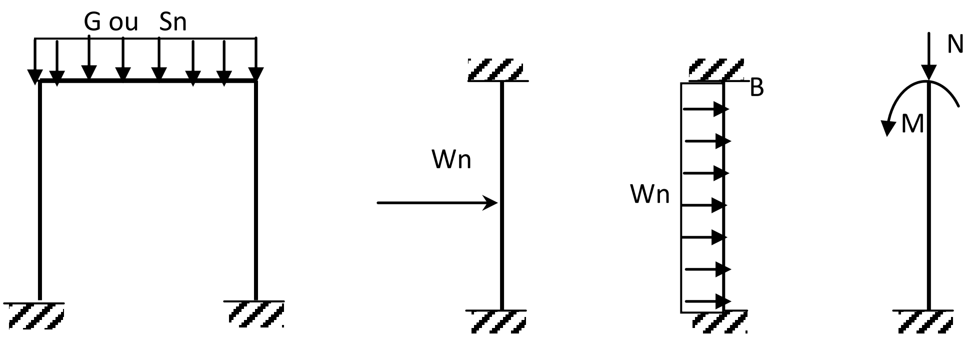


Figure 1 : poteaux sous la flexion composée

Comportement d'un poteau comprimé et fléchi :

Pour un état d'un poteau soumis à une compression combinée avec une flexion, le diagramme qui représente le moment fléchissant comporte en plus du moment fléchissant M, un moment supplémentaire (N.e) dû à la déformée de l'élément c'est l'effet du 2 ^{eme} ordre ou l'effet P-Δ .

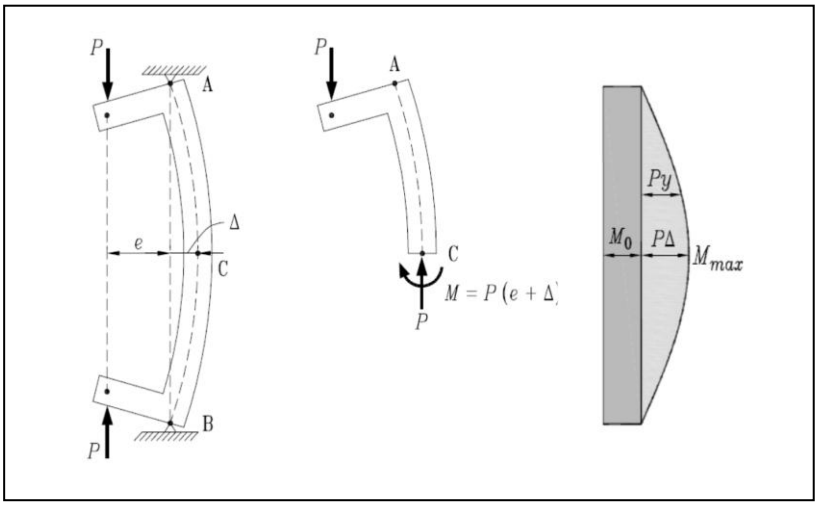


Figure 2 :Colonne sous l'effet du 2eme ordre

Selon EC 3-DAN (Eurocode 3-le Document d'Application Nationale français) précise que la vérification vis-à-vis le flambement flexion de des éléments comprimés et fléchis n'est pas à considérer si :

$$\text{Max}\,(\bar{\lambda}_y ; \bar{\lambda}_z) \leq 0{,}2 \quad \text{ou} \quad \frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A f_y / \gamma_{M1}} \leq 0{,}1 \qquad \textbf{(EC3-DAN § 5.5.4 A)}$$

où $\chi_{min} = \text{Min}\,(\chi_y ; \chi_z)$,

de sorte que le dimensionnement d'éléments d'élancement très faible ou bien d'éléments très peu comprimés, ne soit pas pénalisé par l'application du condition de résistance présenté ci-après.

_ **χ** : est le coefficient de réduction pour le sens de flambement à considérer. Ce coefficient doit être calculé à partir de l'élancement réduit λ et de la courbe de flambement appropriée. Lorsque le flambement est à considérer par rapport aux deux axes principaux d'inertie yy et zz , on retient la valeur la plus faible des deux coefficients : **$\chi = \text{Min}(\chi_y, \chi_z)$**

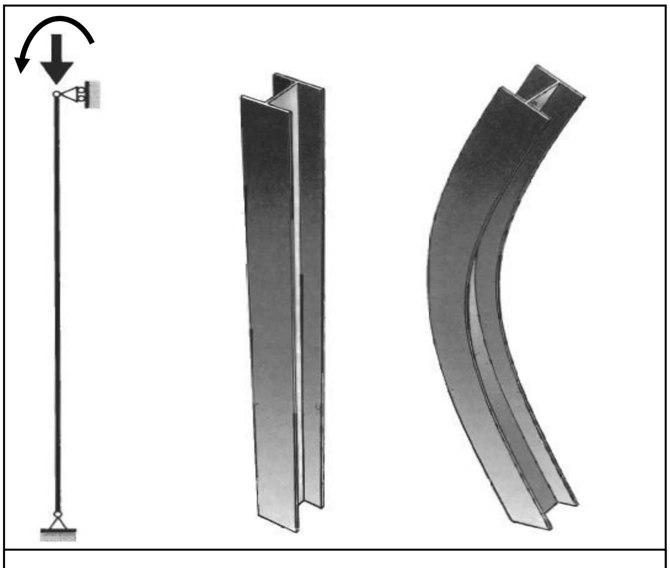


Figure 3 : Flambement d'un poteau sous la flexion composée

1------ *Sections de Classe 1 ou 2 (résistance plastique)*

Critère de résistance sans prise en compte du déversement

Un élément comprimé et fléchi à section transversale de Classe 1 ou 2 doit satisfaire à la condition de résistance suivante :

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y M_{y.Sd}}{W_{pl.y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{z.Sd}}{W_{pl.z} f_y / \gamma_{M1}} \leqslant 1 \quad \textbf{(EC3-DAN § 5.5.4 (1))}$$

où
- χ_{min} est la plus petite valeur des coefficients de réduction pour le flambement χ_y et χ_z,
- k_y et k_z sont des coefficients qui tiennent compte, entre autres, de la forme du diagramme de moment fléchissant,

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Sd}}{\chi_y A f_y} \qquad \text{mais} \quad k_y \leqslant 1{,}5$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2\beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl.y} - W_{el.y}}{W_{el.y}} \qquad \text{mais} \quad \mu_y \leqslant 0{,}9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Sd}}{\chi_z A f_y} \qquad \text{mais} \quad k_z \leqslant 1{,}5$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z (2\beta_{Mz} - 4) + \frac{W_{pl.z} - W_{el.z}}{W_{el.z}} \qquad \text{mais} \quad \mu_z \leqslant 0{,}9$$

β_{My} et β_{Mz} sont les facteurs de moment uniforme équivalent pour le flambeme par flexion, respectivement pour le diagramme de moment par rapport à l'a: de forte inertie et pour le diagramme de moment par rapport à l'axe de faib inertie. Ils peuvent être déterminés selon l'**EC3-DAN Figure 5.5.3** que nous po vons résumer ainsi :

$$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})$$

où : – M_Q est le moment maximal en valeur absolue sous les seules charg transversales, calculé en supposant que la barre repose sur deux appu simples (« moment isostatique »),

– ΔM est l'amplitude en valeur absolue du diagramme de moment :

$$\Delta M = M^{+}_{max} - M^{-}_{max}$$

– $\beta_{M,\psi}$ est le facteur de moment uniforme équivalent de la barre supposée soumise aux seuls moments d'extrémité. Soit ψ, le rapport des moments aux extrémités de la barre tel que $-1 \leqslant \psi \leqslant +1$:

$$\beta_{M,\psi} = 1{,}8 - 0{,}7\,\psi$$

– $\beta_{M,Q}$ est le facteur de moment uniforme équivalent pour les charges transversales, l'EC3-DAN fournit la valeur de $\beta_{M,Q}$ pour les deux cas suivants :

$\beta_{M,Q} = 1{,}3$ pour une charge uniformément répartie,

$\beta_{M,Q} = 1{,}4$ pour une charge concentrée appliquée à mi-longueur de la barre.

<u>Remarques</u> : a) Le facteur β_M doit être calculé en considérant le diagramme de moment fléchissant sur la longueur du tronçon entre points de maintien au flambement dans le plan considéré. Dans cette vérification, le tronçon de barre pour le calcul de $\beta_{M.z}$ peut ne pas être le même que celui pour le calcul de $\beta_{M.y}$.

b) De l'expression du facteur de moment uniforme équivalent, il ressort que ce facteur est compris entre 1,1 pour le cas d'un moment constant ($\psi = +1$), et 2,5 pour le cas d'un moment qui varie linéairement de $-M_{Sd}$ à $+M_{Sd}$ ($\psi = -1$).

c) Le coefficient μ peut être positif ou négatif.

d) Les coefficients k_y et k_z peuvent prendre des valeurs inférieures à 1.

2----Sections de Classe 3 (résistance élastique)

Aussi bien pour la résistance des éléments comprimés et fléchis sans prise en compte du déversement que pour la résistance avec prise en compte du déversement, la formulation est celle des sections de Classe 1 ou 2 présentée au paragraphe précédent, dans laquelle les modules de résistance plastique sont remplacés par les modules de résistance élastique de la section. De ce fait, dans l'expression des coefficients μy et μz, le second terme disparaît.

Dans le cas de sections qui ne sont pas doublement symétriques, il convient de prendre en compte les modules de résistance élastique *Wel.y* et *Wel.z* calculés pour la fibre extrême de la section où les contraintes dues à chaque sollicitation maximale *NSd*, *My.Sd* et *Mz.Sd* se cumulent avec le même signe **(EC3-DAN § 5.5.4 (1)A)**.

3----- *Sections de Classe 4 (résistance élastique calculée à parti tiques efficaces)*

Critère de résistance sans prise en compte du déversement

Un élément comprimé et fléchi à section transversale de Classe 4 do condition de résistance suivante :

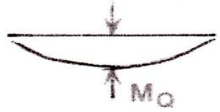
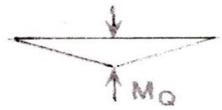
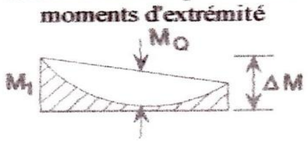
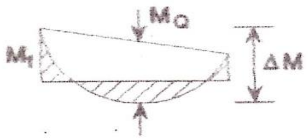
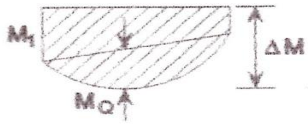
$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A_{eff} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y (M_{y.Sd} + N_{Sd} e_{N.y})}{W_{eff.y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z (M_{z.Sd} + N_{Sd} e_{N.z})}{W_{eff.z} f_y / \gamma_{M1}} \leqslant 1 \quad \textbf{(EC3}$$

Les coefficients k_y, k_z et χ_{min} sont calculés comme pour les sections de mais en remplaçant l'aire A par l'aire efficace A_{eff} de la section. Les coe prennent les expressions suivantes :

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2\beta_{My} - 4) \quad \text{mais} \quad \mu_y \leqslant 0{,}9$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z (2\beta_{Mz} - 4) \quad \text{mais} \quad \mu_z \leqslant 0{,}9$$

Tableau 1 - Facteurs de moment uniforme équivalent βM

Diagramme des moments	Facteur de moment uniforme équivalent β_M
Moments d'extrémité 	$\beta_{M,\psi} = 1{,}8 - 0{,}7\psi$
Moment créé par des forces latérales dans le plan  	$\beta_{M,Q} = 1{,}3$ $\beta_{M,Q} = 1{,}4$
Moment créé par des forces latérales dans le plan et des moments d'extrémité   	$\beta_M = \beta_{m,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M}(\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})$ $M_Q = \lvert MaxM \rvert$ dû aux charges transversales seulement $\Delta M = \begin{cases} \lvert \max M \rvert & \text{pour diagrammes de moment sans changement de signe} \\ \lvert \max M \rvert + \lvert \min M \rvert & \text{pour diagrammes de moment avec changement de signe} \end{cases}$