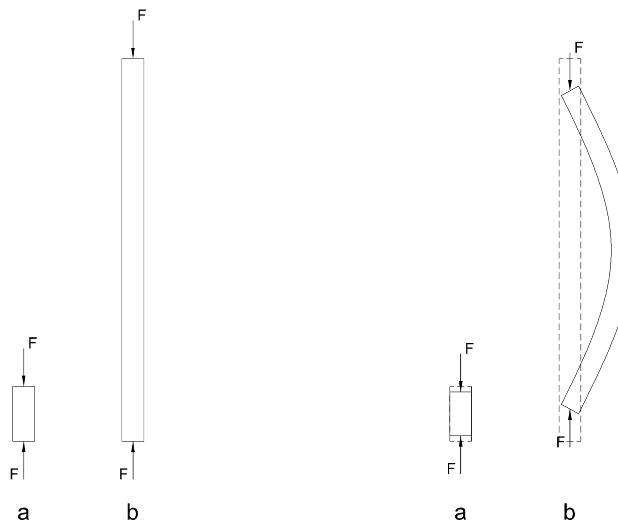
1. Introduction.

1.1. Mise en évidence du phénomène.

Considérons 2 éléments a et b (même section A, inertie I et matériau) soumis à un effort de compression F croissant jusqu'à la ruine :

→ L'élément a atteindra sa capacité plastique maximale $N_{pl,Rd} = A.fy/\gamma_{M0}$ et subira un raccourcissement proportionnel à $N_{pl,Rd}$.

→ L'élément b atteindra la ruine bien avant $N_{pl,Rd}$ (donc avec $\sigma < f_y$) et subira une importante déformation latérale à cause du phénomène de flambement.



Etat initial Etat à la ruine

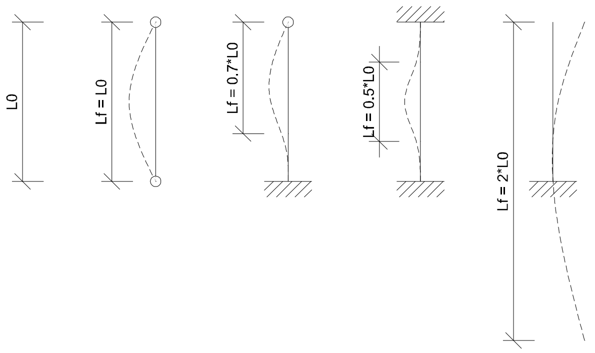
Le flambement est un phénomène d'instabilité touchant les barres comprimées fortement élancées (longueur importante vis-à-vis des dimensions transversales).

Le flambement est dangereux car la ruine arrive de façon brutale.

1.2. Caractéristiques géométriques liées au flambement.

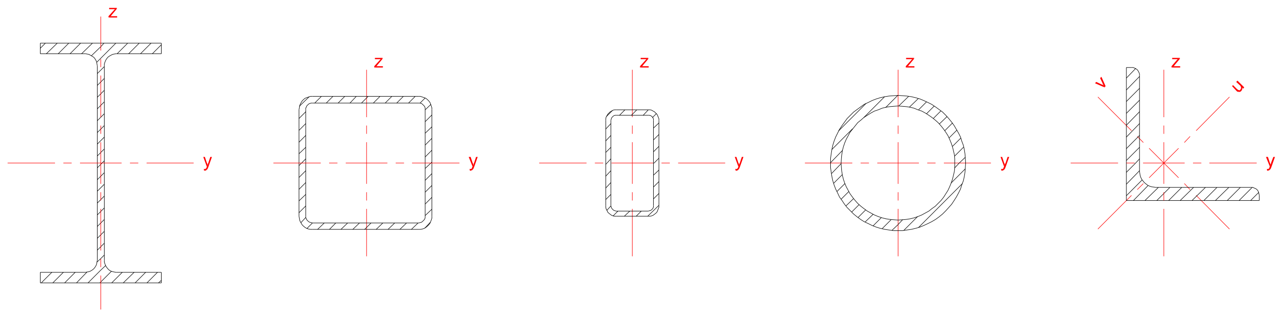
→ Longueur de flambement l_f (ou l_{cr}): liée à la longueur d'épure l_0 et aux conditions d'appuis. C'est une longueur fictive représentant la longueur d'un élément bi-articulé équivalent ayant la même résistance au flambement.

Cas simples :



→ Inertie I : la déformation se fait par flexion.

Pour une barre bi-articulée, les sections flambent autour de l'axe de plus faible inertie.



Autour de z | Autour de y ou z | Autour de z | Pas de direction privilégiée | Autour de v

2. Calcul de résistance au flambement.

2.1. Cas d'une barre idéale bi-articulée.

EULER montra qu'une barre bi-articulée de longueur L, parfaitement rectiligne, de section constante (inertie I), de matériau homogène (module d'Young E) supporte un effort critique N_{cr} au-delà duquel la barre flambe :

$$N_{cr} = \frac{\pi^2.E.I}{L^2}$$

2.2. Cas d'une barre réelle, calcul réglementaire.

Une barre réelle ne remplit pas les conditions ci-dessus et présente des défauts de rectitude, des contraintes résiduelles dues au laminage, des excentrements de charges dues aux assemblages…
En conséquence la résistance au flambement $N_{b,Rd}$ (b=buckling) sera toujours inférieure à N_{cr}.

→ Le calcul réglementaire est défini par [EC3-1.1-§6.3.1]

Critère :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

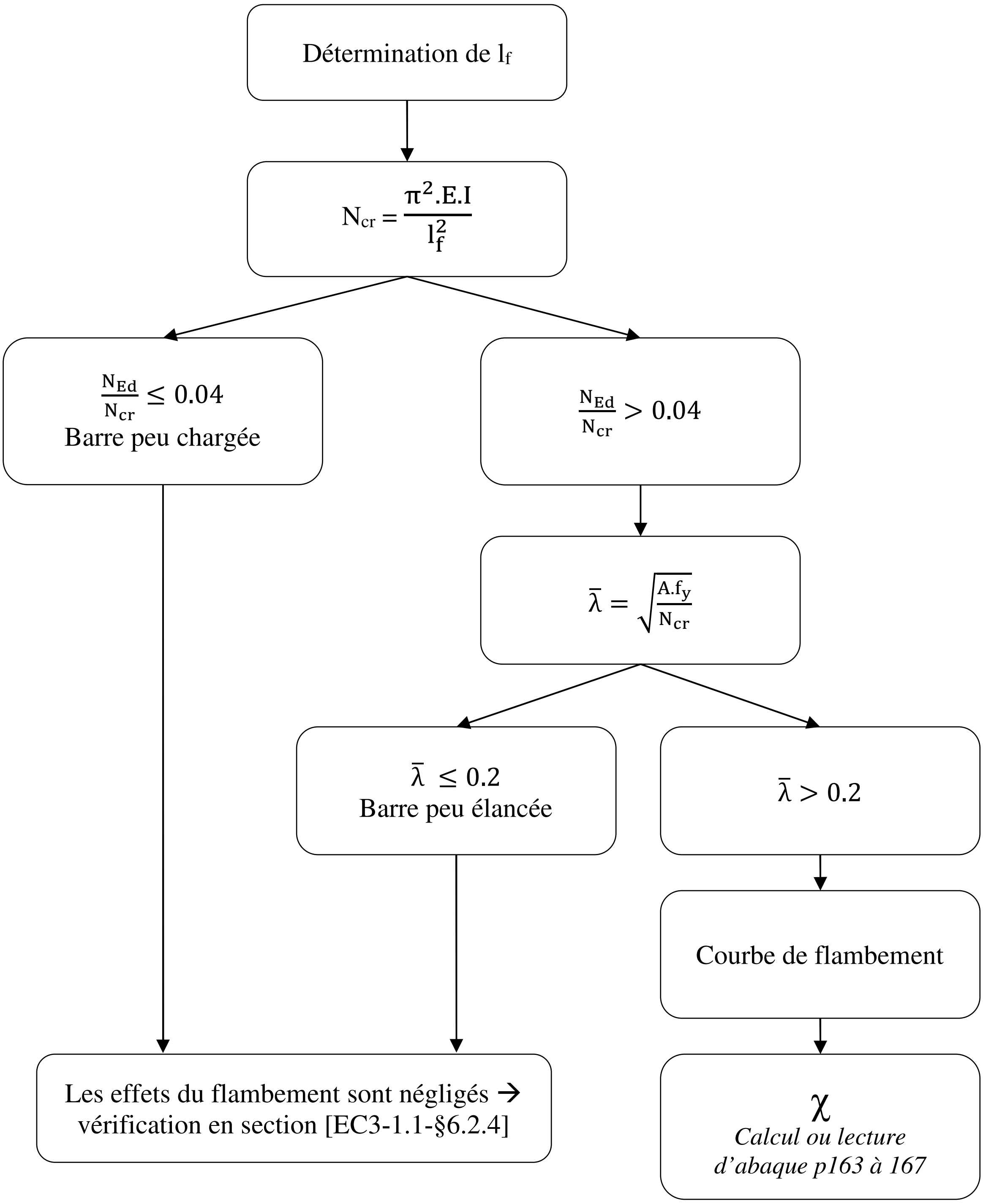
N_{Ed} = effort de compression

$N_{b,Rd} = \chi \frac{A.f_y}{\gamma_{M1}}$ (section de classe 1, 2, 3)

$\frac{A.f_y}{\gamma_{M1}}$ = capacité de la section (= $N_{pl,Rd}$ à γ_{M1} près mais $\gamma_{M1} = 1$)

χ = coefficient de réduction avec $\chi \leq 1.0$

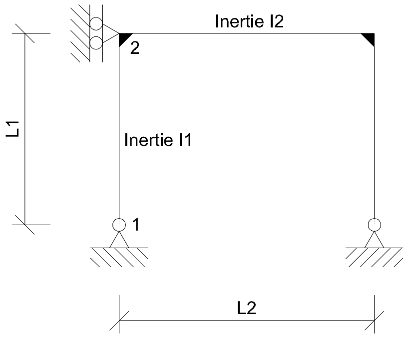
→ Organigramme du calcul de χ



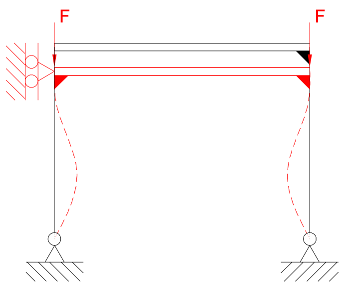
3. Longueur de flambement de poteaux liés rigidement à des poutres.

3.1. Effet des rigidités.

Quelle sera la longueur de flambement du poteau 1-2 ?

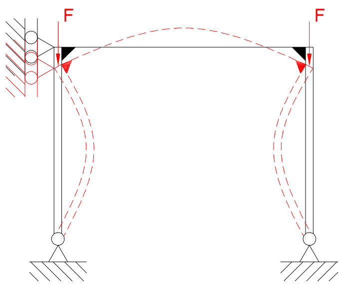


→ Cas où I1 est très petite devant I2.



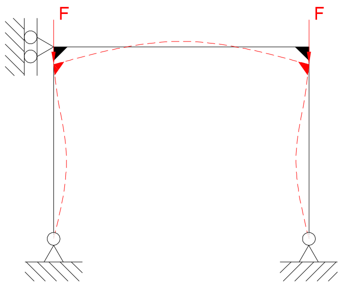
$l_f \approx 0.7*L1$

→ Cas où I1 est très grande devant I2.



$l_f \approx L1$

→ Cas général.



$0.7*L1 < l_f < L1$

Conclusion :

→ La longueur de flambement varie en fonction des raideurs du poteau et de(s) poutre(s) liées rigidement.

→ La raideur d'un élément vaut $\frac{\text{Inertie}}{\text{longueur}}$

→ Les conditions de liaison du poteau (articulation ou encastrement), de même que le maintien en rotation à l'extrémité opposée de la poutre rentrent en compte également dans le calcul de la longueur de flambement.

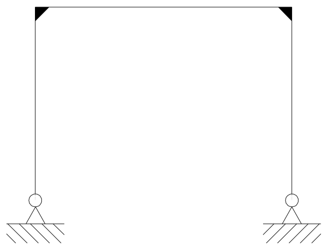
3.2. Structures à nœuds fixes ou déplaçables.

Dans le cas où les nœuds des poteaux ne sont pas bloqués en translation (cas des portiques), on parle de structures à nœuds déplaçables. Dans les autres cas on parle de structures à nœuds fixes.

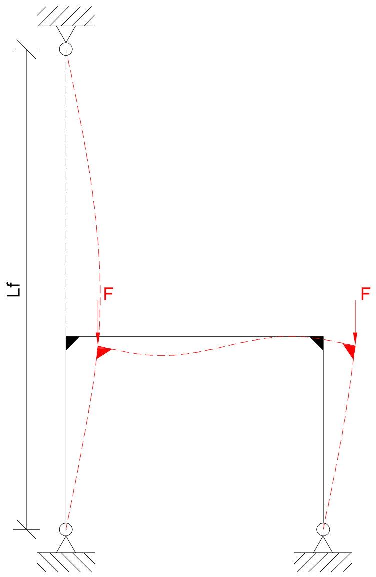
3.2.1. Structures à nœuds fixes.

Illustrée au 3.1

3.2.2. Structures à nœuds déplaçables.



→ Cas général.



L1 < l_f < x*L1
x pouvant facilement valoir 2 voire 4

4. **Méthode de calcul.**

4.1. Méthode.

$K_1 = I_1 / L_1$

$K_{11} = 1*I_{11} / L_{11}$ — η_1 — $K_{12} = 1*I_{12} / L_{12}$

Poteau étudié (longueur L)
$\mathbf{K_c} = I_c / L$

$K_{21} = 1*I_{21} / L_{21}$ — η_2 — $K_{22} = 1*I_{22} / L_{22}$

$K_2 = I_2 / L_2$

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

↓

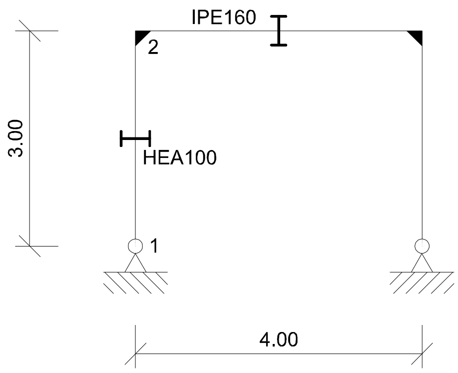
Structure à nœuds fixes ou déplaçables ?

↓

Lecture de l_f/L → abaques (p170 et 171)

4.2. Application.

→ Calcul de la longueur de flambement l_{fy} du poteau 1-2.



$K_1 = 0$

$K_{11} = 0$ — η_1 — $K_{12} = 1*869.3 / 400 = 2.17$

$K_c = 349.2 / 300 = 1.16$

$K_{21} = 0$ — η_2 — $K_{22} = 0$

$K_2 = 0$

$$\eta_1 = \frac{1.16}{1.16+2.17} = 0.35$$

$$\eta_2 = \frac{1.16}{1.16} = 1$$

↓

Structure à nœuds déplaçables

↓

$l_{fy} / L = 2.3$
→ $l_{fy} = 2.3*3 = 6.90$ m