



# Construction Métallique

## 07.c- Longueurs de flambement



**ISA BTP**  
ÉCOLE D'INGÉNIEURS

**Philippe MARON**  
Maître de conférences  
ISABTP-UPPA

23 mars 2020

- **A l'issue de ce chapitre, l'étudiant doit être capable à partir du dossier d'un nouveau bâtiment du même type et d'une sollicitation de vent et/ou de neige donnée :**
  - d'expliquer le phénomène de flambement
  - de comprendre la notion de force critique de flambement
  - de déterminer la longueur de flambement de l'élément
  - d'identifier les éléments susceptibles de subir une instabilité de flambement
  - de contrôler le dimensionnement des éléments susceptibles de subir une instabilité de flambement à l'État Limite Ultime (ELU)

## • Introduction

- La théorie du flambement a permis de définir la charge critique de flambement  $N_k$  et la longueur de flambement associée  $l_k$

- Poteau bi-articulé 
$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_k^2}$$

- $l_k$  : Longueur de flambement

## • Longueur de flambement :

- Longueur du poteau bi-articulé qui aurait même charge critique que le poteau considéré

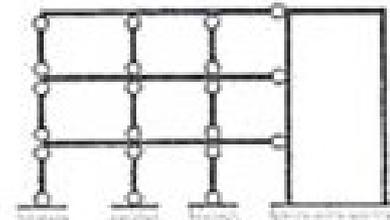
## • La charge critique et la longueur de flambement varient en fonction des liaisons extérieures du poteau

- **Longueur de flambement :**

- Longueur de flambement d'un poteau "isolé" pour différentes conditions d'appuis



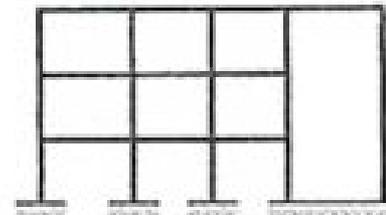
(a) poteau isolé individuel



(b) poteaux articulés dans une structure à nœuds fixes



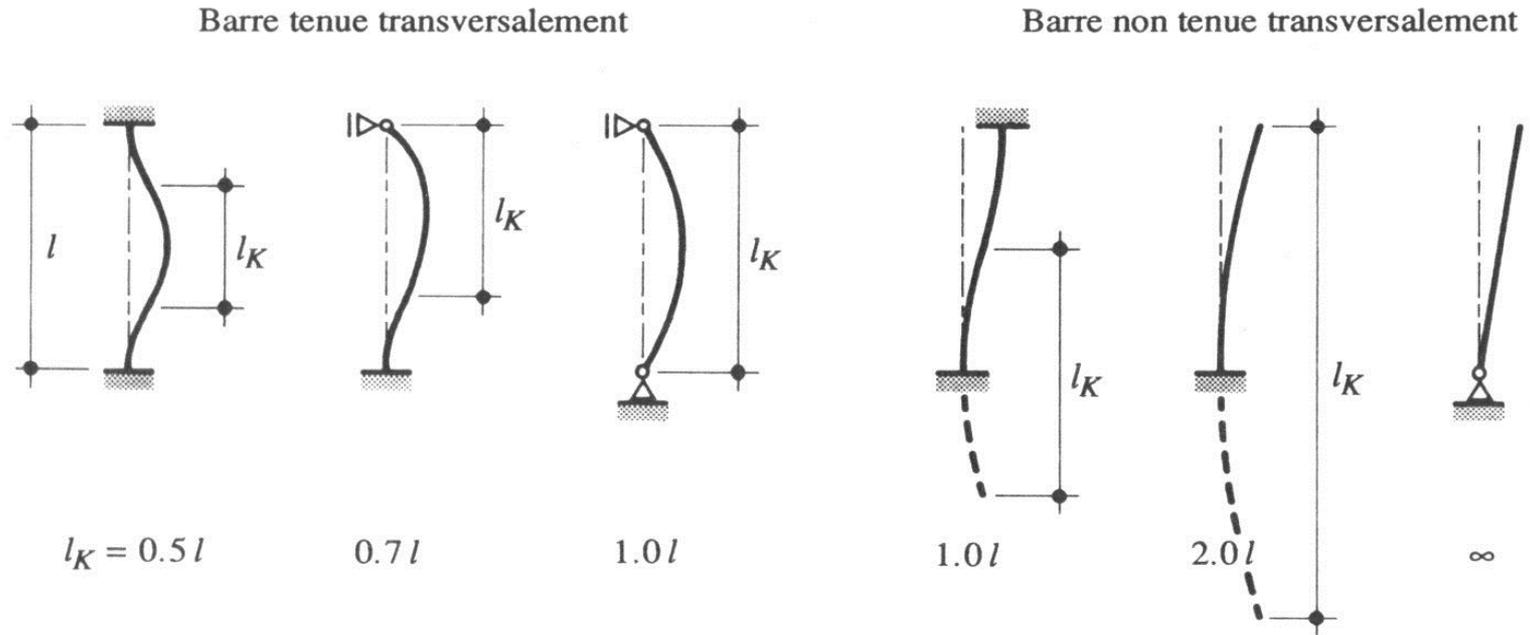
(c) élément de contreventement élancé, considéré comme un poteau isolé



(d) poteaux à extrémités encastrées dans une structure à nœuds fixes

• Longueur de flambement :

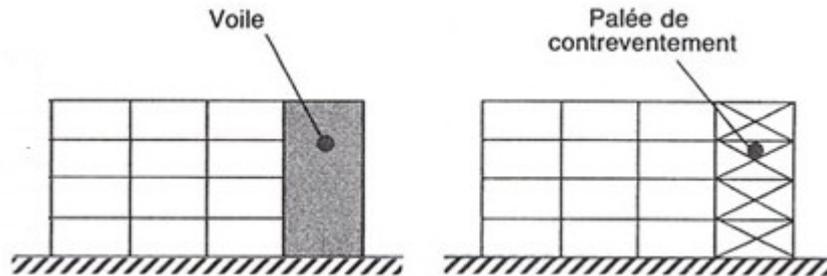
▪  $l_k = m \cdot l_0$



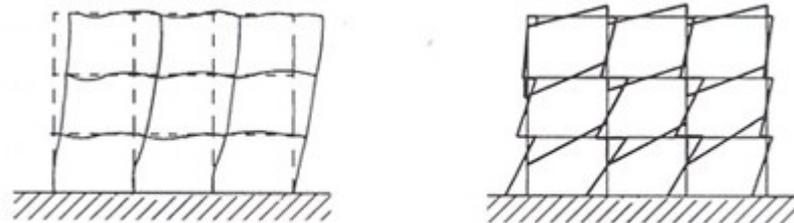
Longueurs de flambage  $l_K$  d'une barre comprimée pour différentes conditions d'appui.

- **Longueur de flambement :**

- Poteau non isolé au sein d'une structure contreventée



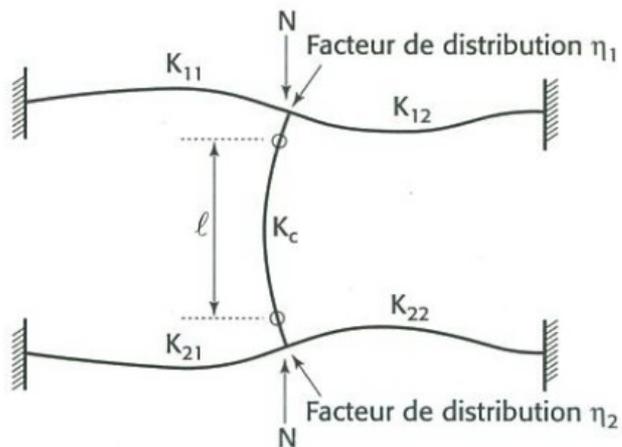
Portique à noeuds non déplaçables



Portique à noeuds déplaçables

# • Poteau non isolé au sein d'une structure contreventée

- Facteur de distribution - noeuds fixes



(a) Mode de financement à noeuds fixes

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

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

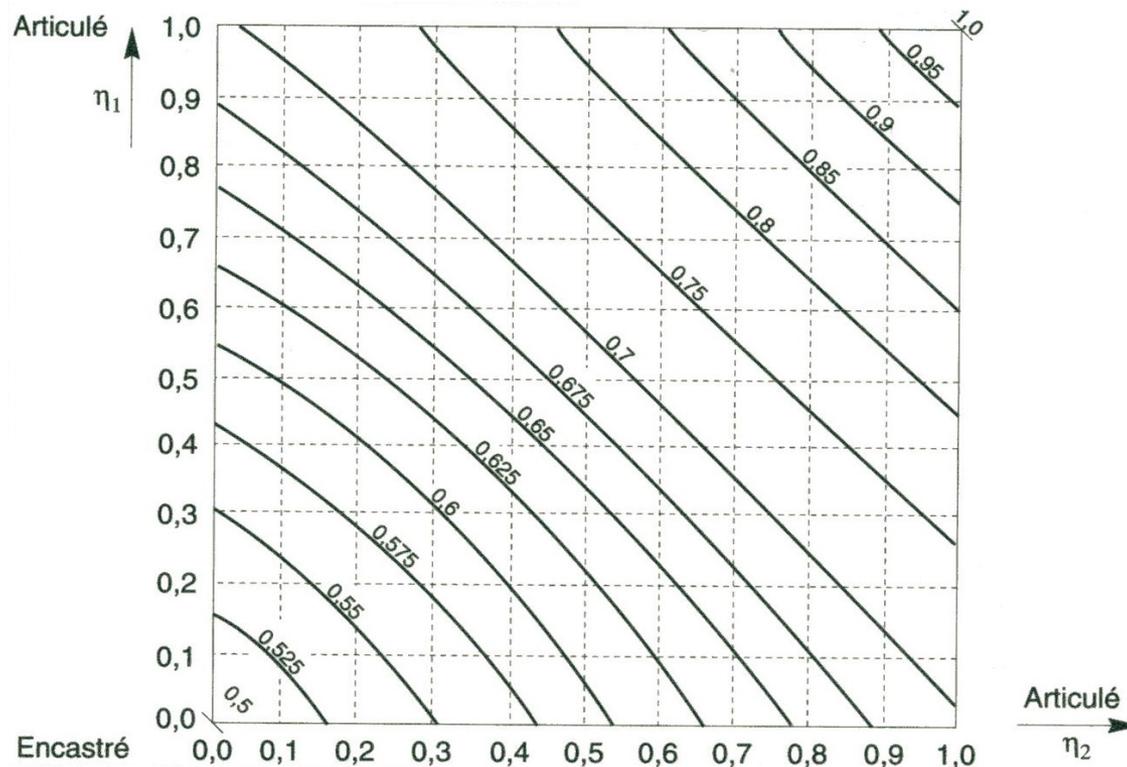
$$K_c = \frac{I_z}{I_0} : \text{rigidité du poteau}$$

$K_{ij}$  : rigidité effective des barres associées

Condition de maintien en rotation à l'extrémité opposée de la poutre	Rigidité effective K de la poutre (à condition que la poutre reste élastique)
Encastrée	$1,0 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Articulée	$0,75 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Rotation égale à celle de l'extrémité adjacente (double courbure)	$1,5 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Rotation égale et opposée à celle de l'extrémité adjacente (simple courbure)	$0,5 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Cas général ; rotation $\Theta_a$ à l'extrémité adjacente et $\Theta_b$ à l'extrémité opposée	$\left(1 + 0,5 \cdot \frac{\Theta_b}{\Theta_a}\right) \cdot \frac{I}{\ell_0}$

- Poteau non isolé au sein d'une structure contreventée

- Facteurs de distribution - noeuds fixes

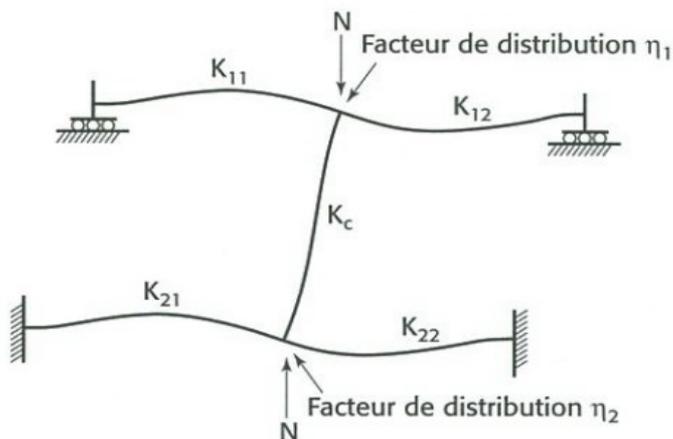


Ou :

$$\frac{\ell_k}{\ell_0} = \left[ \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \right]$$

# • Poteau non isolé au sein d'une structure contreventée

- Facteur de distribution - noeuds déplaçables



$$K_c = \frac{I_z}{I_0} : \text{rigidité du poteau}$$

$K_{ij}$  : rigidité effective des barres associées

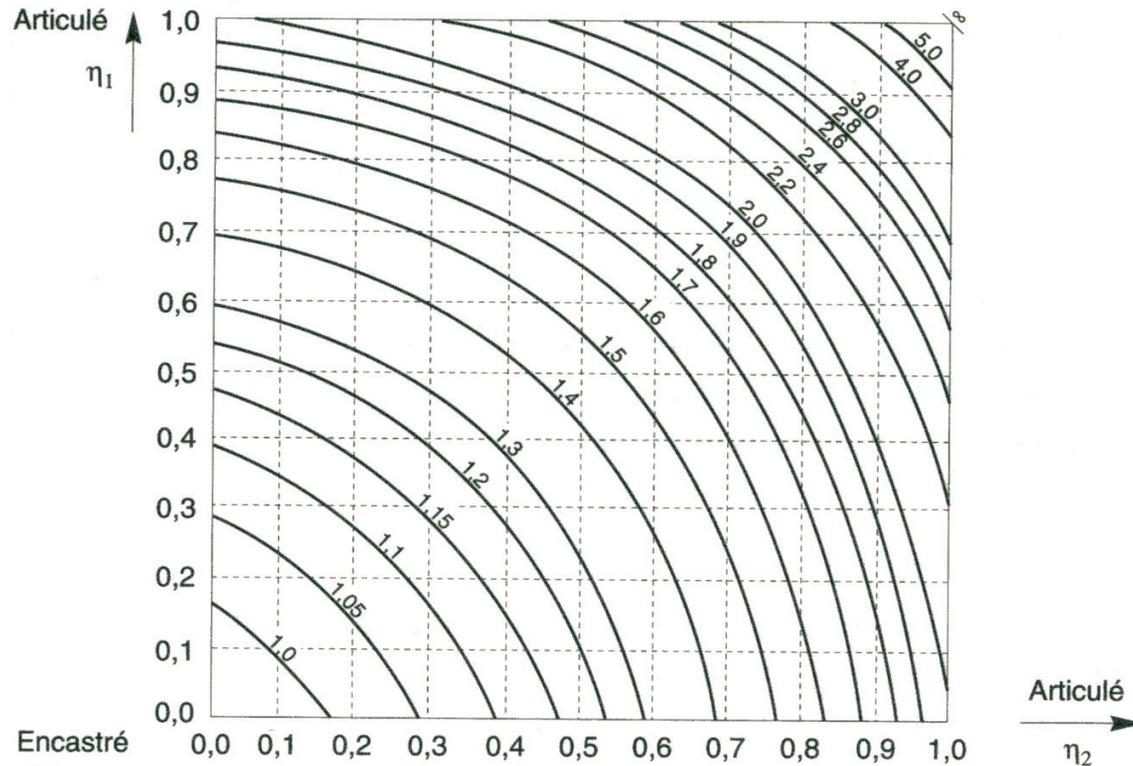
(b) Mode de financement à nœuds déplaçables

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

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

Condition de maintien en rotation à l'extrémité opposée de la poutre	Rigidité effective K de la poutre (à condition que la poutre reste élastique)
Encastrée	$1,0 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Articulée	$0,75 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Rotation égale à celle de l'extrémité adjacente (double courbure)	$1,5 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Rotation égale et opposée à celle de l'extrémité adjacente (simple courbure)	$0,5 \cdot \frac{I}{\ell_0}$
Cas général ; rotation $\Theta_a$ à l'extrémité adjacente et $\Theta_b$ à l'extrémité opposée	$\left(1 + 0,5 \cdot \frac{\Theta_b}{\Theta_a}\right) \cdot \frac{I}{\ell_0}$

- Poteau non isolé au sein d'une structure contreventée
  - Facteurs de distribution - noeuds déplaçables



Ou :

$$\frac{\ell_k}{\ell_0} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

- **Elancement  $\lambda$  :**

- Contrainte normale critique : 
$$\sigma_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{I_k^2 \cdot A} = \frac{\pi^2 \cdot E}{I_k^2} \cdot i_z^2 = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

- Elancement : 
$$\lambda = \frac{I_k}{i_z}$$

- Rayon de giration : 
$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

- “plus  $\lambda$  est grand, plus la longueur de la poutre est grande vis à vis des dimensions de sa section droite”

- **Plans de flambement:**

- L'élanement d'une pièce dépend du plan dans lequel le flambement peut se produire.
- La section droite possédant deux axes d'inertie, il conviendra de calculer deux élanements et deux longueurs de flambement (conditions de liaisons non nécessairement équivalentes dans les deux plans).
  - ♦  $\lambda_y$  (et  $I_{ky}$ ) suivant l'axe fort d'inertie
  - ♦  $\lambda_z$  (et  $I_{kz}$ ) suivant l'axe faible d'inertie
- => L'axe critique de flambement sera celui pour lequel l'élanement présentera la plus grande valeur.

## CONTACT

**Philippe MARON**

ISABTP - UPPA

philippe.maron @univ-pau.fr

[www.univ-pau.fr/~maron/const\\_metal/](http://www.univ-pau.fr/~maron/const_metal/)



# ISA BTP

ÉCOLE D'INGÉNIEURS

