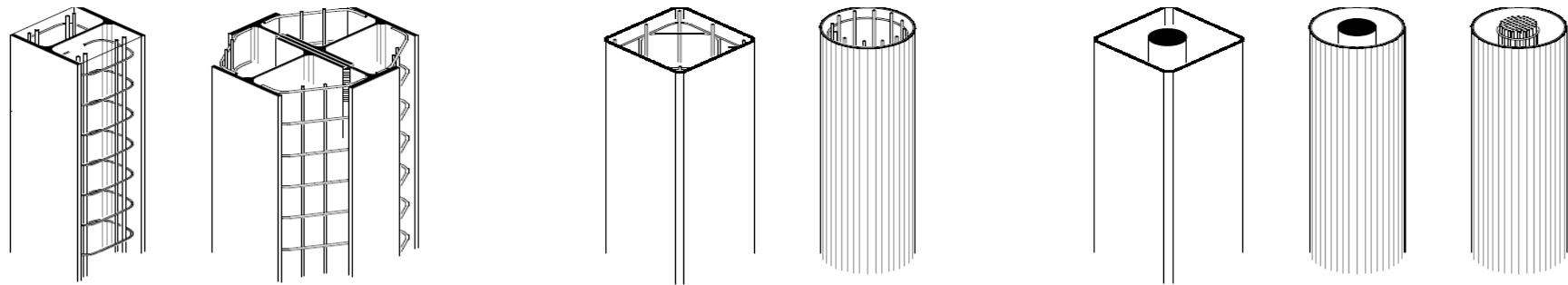
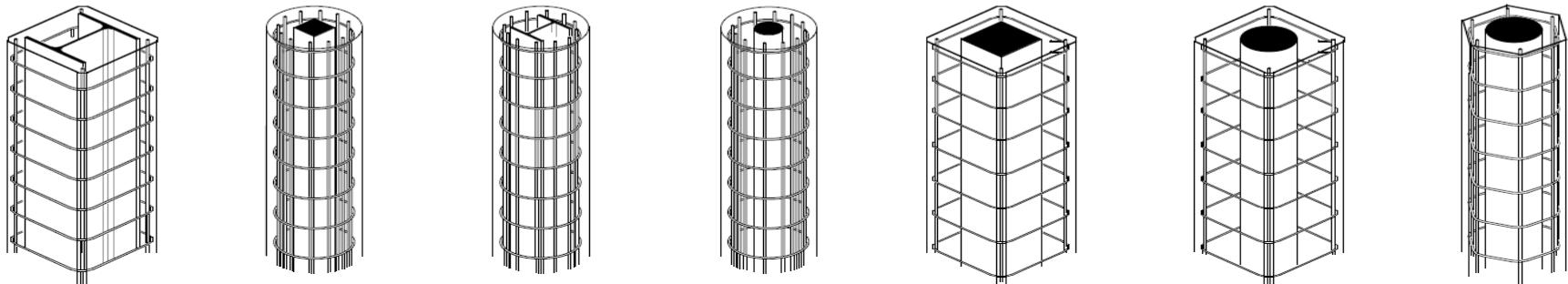


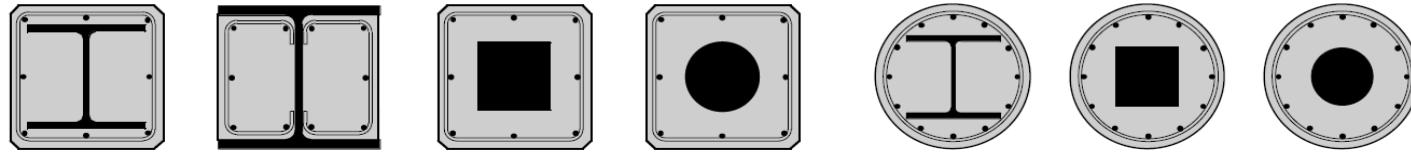
- Exemples de conception
- Résistance des poteaux
- Vérifications ELU
- Introduction des charges
- Pieds de poteaux

## Différentes solutions

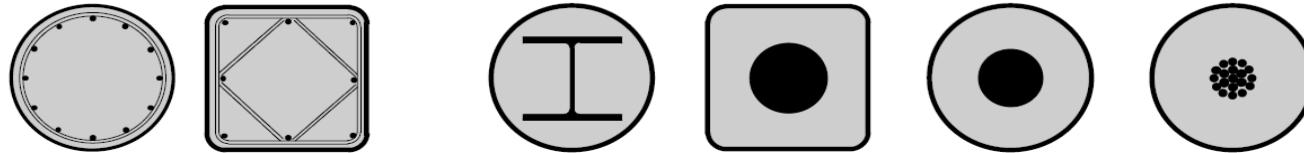


Colonnes enrobées, (totalement ou partiellement) Tubes remplis de béton avec noyau en acier





Sections métalliques enrobées de béton

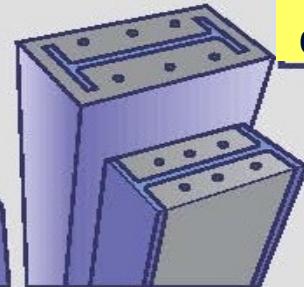
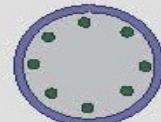


Tubes remplis de béton

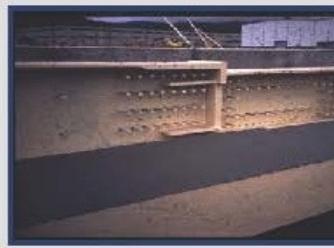
# Conception



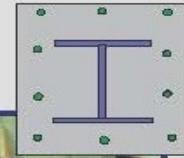
Tubes remplis de béton



Sections enrobées de béton

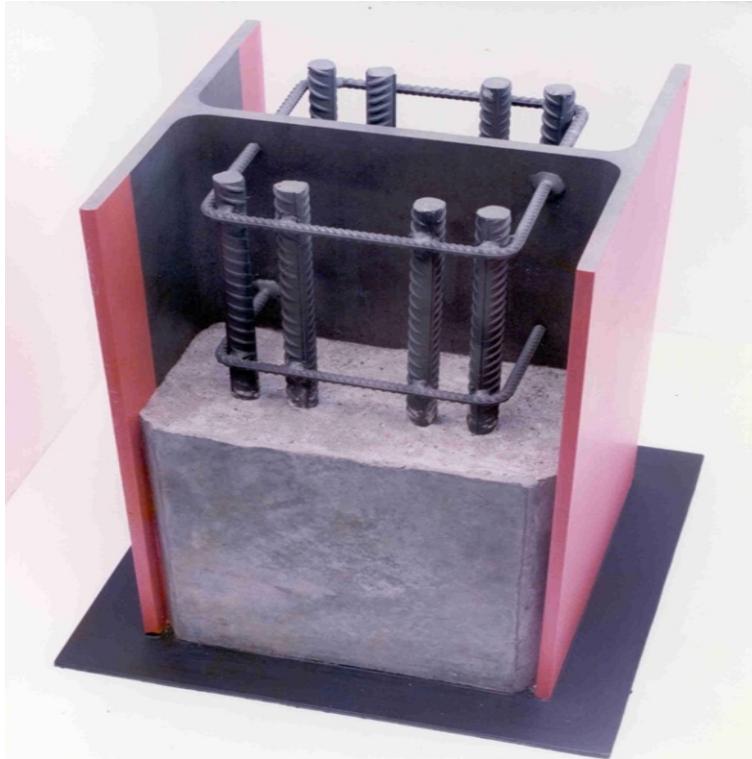


Sections partiellement enrobées de béton

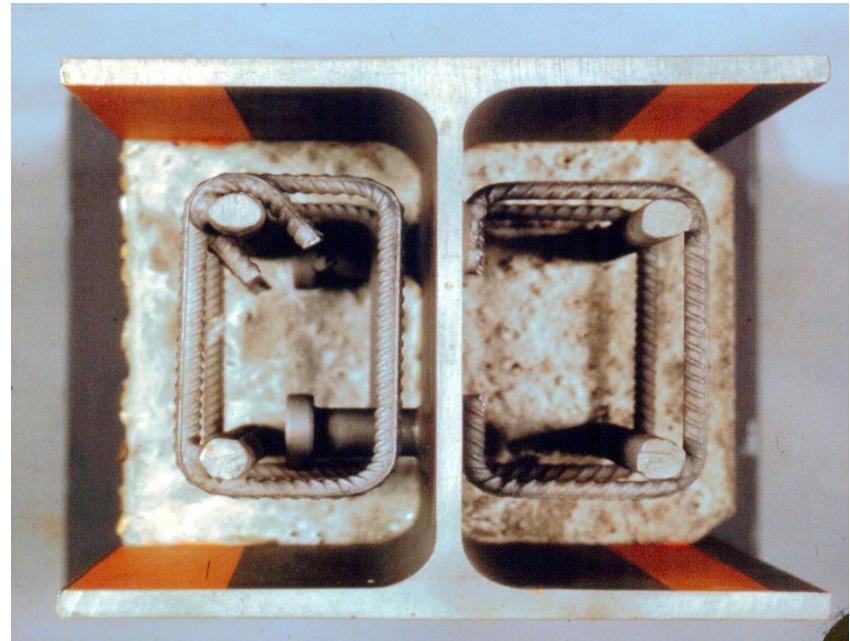


Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

## Sections métalliques partiellement enrobées de béton



■ CIVIL526, Prof. A. Nussbaumer



# Poteaux mixtes, avantages généraux

- Sections transversales plus petites que des sections en béton
- Le béton protège le métal du feu et d'une élévation de température marquée
- Le béton protège la section en métal des chocs (parking)
- Préfabrication (précision dimensionnelle)

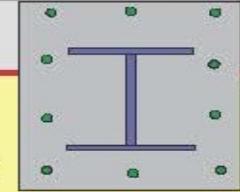


## Avantages:

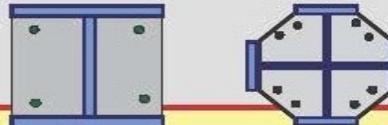
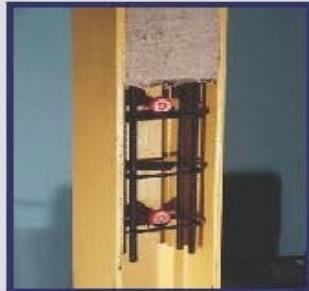
- Résistance élevée
- Grande résistance au feu
- Solution économique (en regard du coût des matériaux)

## Inconvénients:

- Coût du coffrage
- Solution compliquée pour la liaison avec les poutres
- Difficultés pour renforcement ultérieur
- Protection des bords éventuelle



# Sections partiellement enrobées de béton



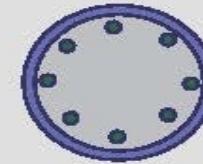
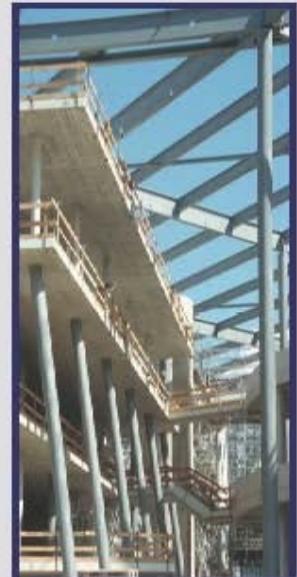
## Avantages:

- Résistance élevée, particulièrement en cas de sections soudées
- Pas besoin de coffrage
- Solution simple pour les assemblages et l'introduction des charges
- Permet des renforcements ultérieurs
- Pas besoin de protection des bords

## Inconvénients:

- Plus faible résistance au feu que les sections totalement enrobées de béton

# Tubes remplis de béton



## Avantages:

- Haute résistance et poteaux élancés
- Solution avantageuse en cas de flexion biaxiale
- Ne nécessite pas de protection des bords

## Inconvénients:

- Coût de l'acier des tubes
- Difficulté de bétonnage
- Armature additionnelle nécessaire pour la protection au feu

# Tubes remplis de béton avec noyau en acier



## Avantages:

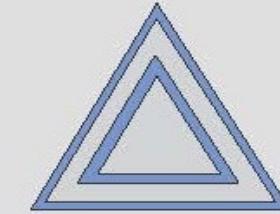
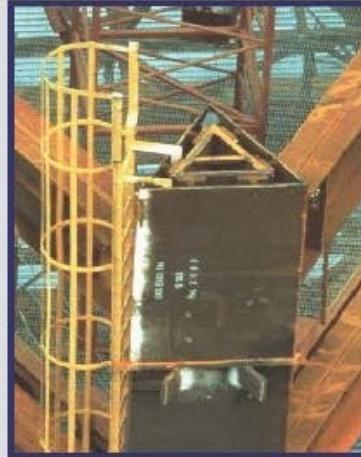
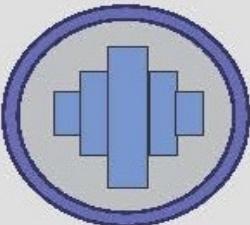
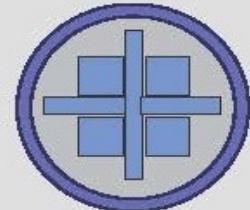
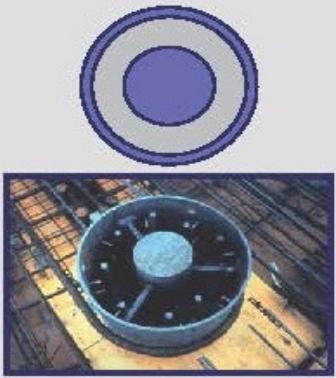
- Résistance très élevée en combinaison avec des poteaux élancés
- Section transversale constante possible dans les bâtiments élevés
- Haute résistance au feu sans armature additionnelle
- Ne nécessite pas de protection des bords



## Inconvénients:

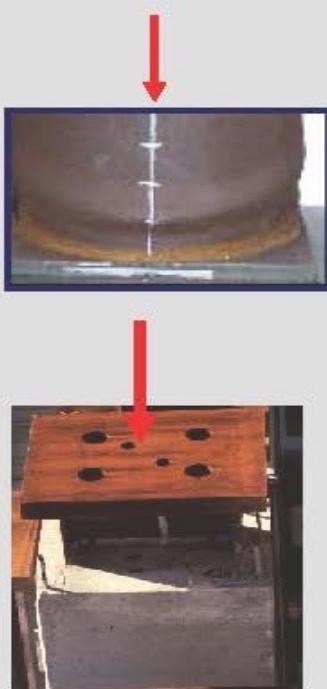
- Coût des matériaux
- Difficultés de bétonnage

# Tubes remplis de béton avec noyau en acier



Commerzbank  
Frankfurt

## Vérifications des poteaux mixtes



Résistance structurale de l'élément  
(stabilité et résist. en section)

Méthode Générale (FEM, GMNIA)

Méthode simplifiée

EN

← SIA 264, EN

Résistance au voilement local

Introduction des forces

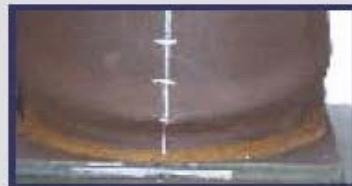
Cisaillement longitudinal hors des zones  
d'introduction des charges

Sections totalement enrobées

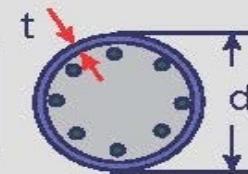
$$c_z \geq \begin{cases} 40 \text{ mm} \\ b/6 \end{cases}$$

Vérification superflue lorsque

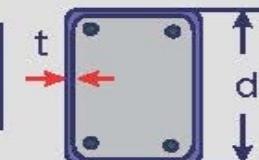
Tubes remplis de béton



$$\max\left(\frac{d}{t}\right) = 90 \varepsilon^2$$



$$\max\left(\frac{d}{t}\right) = 52 \varepsilon$$



Sections partiell. enrobées

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{yk,o}}{f_{yk}}}$$

$$f_{yk,o} = 235 \text{ N/mm}^2$$



$$\max\left(\frac{b}{t}\right) = 44 \varepsilon$$

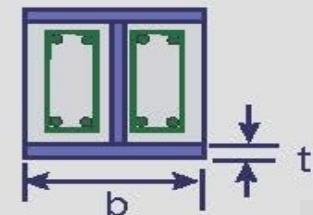


Tableau 3: Critères d'élancement d'  
 $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$

Profilé laminé	Poutres
$0,8 \leq \frac{b_c}{b} \leq 1,0$	
Classe de section	
1	
2	
3	

Tableau 6: Valeurs limites  $(d/t)$ ,  $(h/t)$  et  $(b/t_f)$ 

Section transversale	Max $(d/t)$ , max $(h/t)$ et max $(b/t)$
Profilé creux circulaire 	$\max(d/t) = 90 \varepsilon^2$
Profilé creux rectangulaire 	$\max(h/t) = 52 \varepsilon$
Profilé à double té à âme enrobée 	$\max(b/t_f) = 44 \varepsilon$

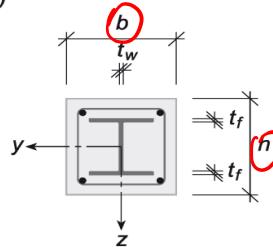
## Définitions et limites

- Poteaux en béton  $\delta < 0.2$
- Poteaux mixtes  $0.2 \leq \delta \leq 0.9$
- Poteaux métalliques  $\delta \geq 0.9$

$$\delta = \frac{A_a f_y / \gamma_a}{N_{pl,Rd,b}}$$

Pour le calcul, l'armature longitudinale ne doit pas excéder **6 %** de la section de béton

a)

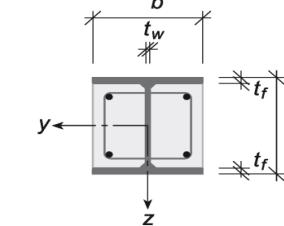


limite inf.  
 $A_s \geq 0,6\%$

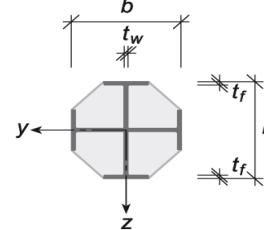
SIA262

§ 5.5.4.2

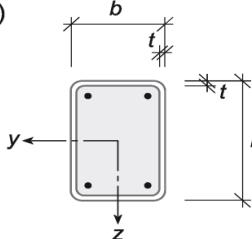
b)



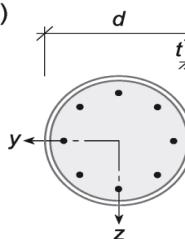
c)



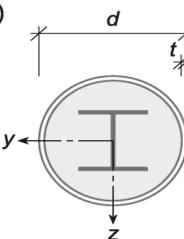
d)



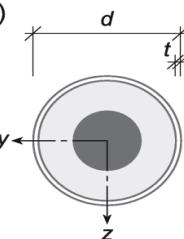
e)



f)



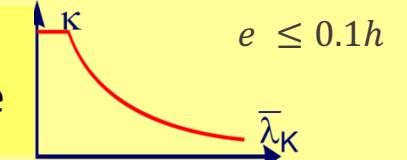
g)



# Méthode simplifiée de vérification

Compression  
axiale

Méthode basée sur les  
courbes européennes de  
flambage



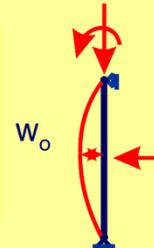
Méthode basée sur une analyse  
2<sup>nd</sup> ordre avec imperfections  
géométriques en arc

$$\left( \text{ou } \frac{N_{Ed}}{N_{cr,eff}} > 0,1 \right)$$



Résistance de  
l'élément sous  
combinaison de  
compression et  
flexion

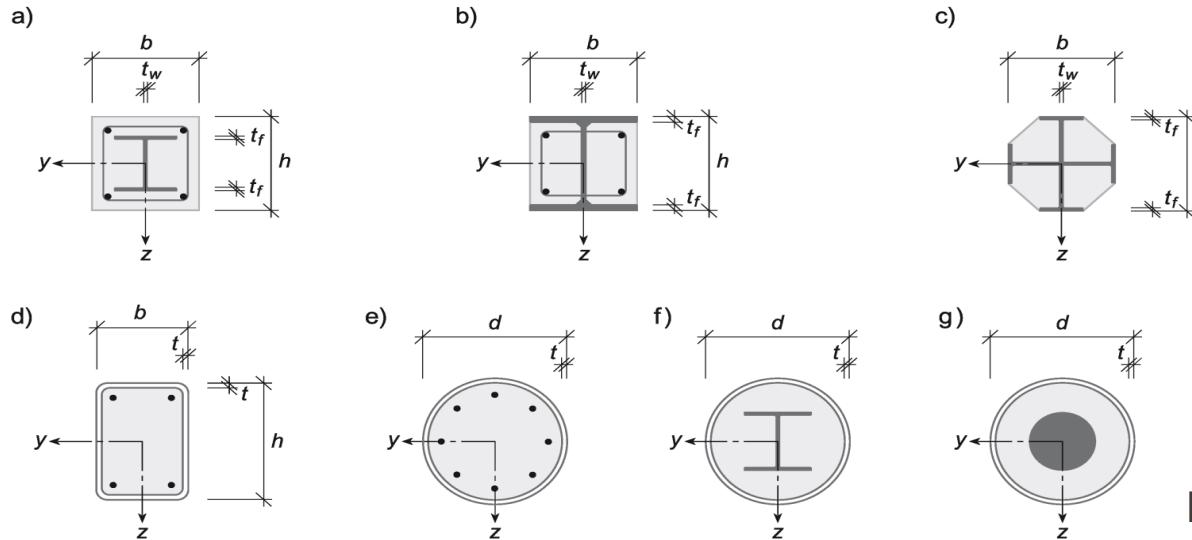
Méthode basée sur une analyse  
2<sup>nd</sup> ordre avec imperfections  
géométriques en arc



# Résistance des poteaux mixtes

## Définitions et limites

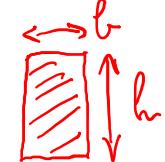
- Vérification à la compression si  $e \leq 0.1h$  ou  $e \leq 0.1d$ 
  - En section, et courbes de flambage
- Sinon vérification à la compression et flexion selon un axe
  - Diagrammes d'interaction N-M



Méthode simplifiée pour les sections bi-symétriques (y.c. tubes)

Conditions:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,b}}} \leq 2,0 \quad 0,2 \leq h/b \leq 5,0$$



La résistance plastique à la compression  $N_{pl,Rd}$  d'une section mixte vaut:

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} + A_c \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \cdot \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

$\gamma_a \leftarrow 1.05$        $\gamma_c \leftarrow 1.50$        $\gamma_s \leftarrow 1.15$

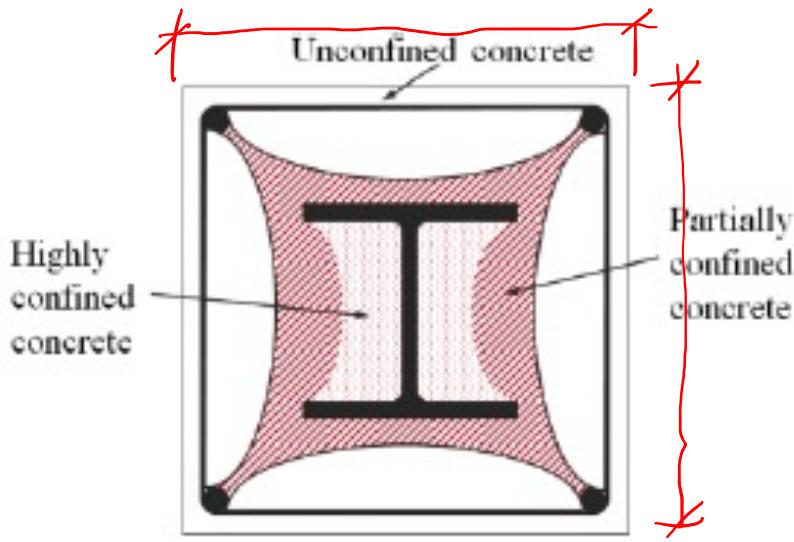
Pour les tubes remplis de béton 0.85 peut être remplacé par 1.0 dans l'expression ci-dessus

La valeur caractéristique de la résistance à la compression vaut:

$$N_{pl,Rk} = A_a \cdot f_y + A_c \cdot \cancel{0,85} \cdot f_{ck} + A_s \cdot f_{sk}$$

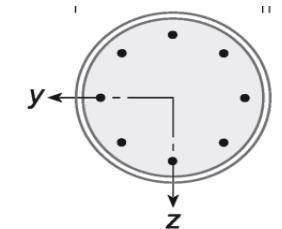
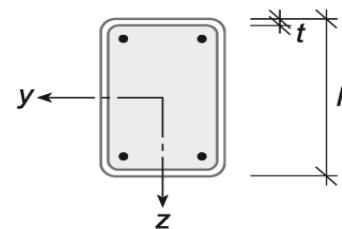
# Résistance des poteaux mixtes, confinement

- Si entièrement enrobé, confinement pas considéré
- Mais section totale utilisée dans les calculs
- Modèle plus réaliste confirme validité de la simplification



Sections creuses remplies de béton:

- Confinement “moyen”  $\Rightarrow +15\%$
- Différence entre coeff. de Poisson
- Effets retrait



Ref.: Chiew et Cai - 2018 - Design of high-strength  
steel reinforced concrete columns

## Flambage ( $\bar{\lambda}_k - \chi_k$ )

$$N_{cr,b} = \frac{\pi^2 \cdot (E \cdot I)_{eff,\lambda}}{L_k^2}$$

$$(E \cdot I)_{eff,\lambda} = E_a \cdot I_a + 0.6 \cdot E_c \cdot I_c + E_s \cdot I_s$$

Influence des effets différés sur la rigidité du béton

$$E_{c,eff} = E_{cm} \frac{1}{1 + (N_{G,Ed} / N_{Ed}) \varphi_t} \quad (= E_{cm}/2.5 \text{ première approximation})$$

$N_{Ed}$  valeur de calcul de l'effort normal

$N_{G,Ed}$  part de cet effort normal agissant de manière permanente

$\varphi_t$  est le coefficient de fluage

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}} \leq 2,0$$

Courbes de flambage 

$\chi_k$

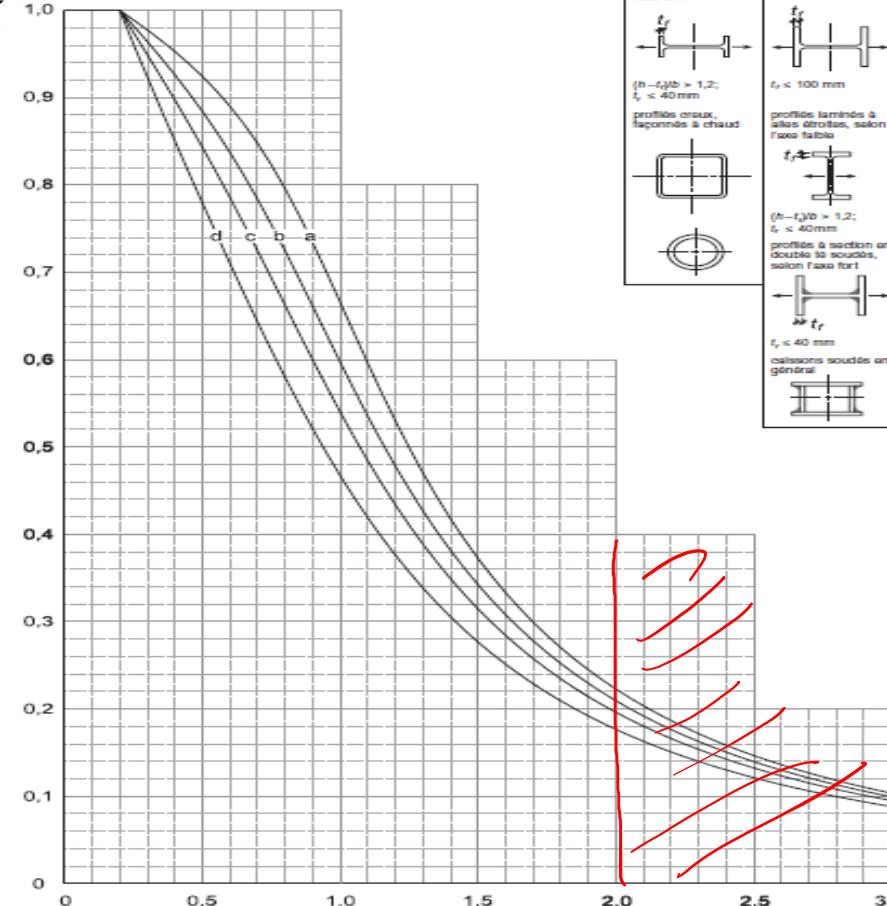
# Courbes de flambage

 $\chi_K$ 

Vérification:

$$N_{Ed} \leq \chi_K \cdot N_{pl,Rd}$$

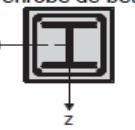
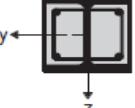
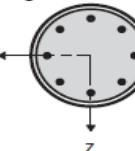
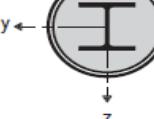
$\underbrace{\phantom{0}}$   
 $N_{k,Rd,b}$



Choix de la courbe de flambage pour les sections courantes			
a	b	c	d
profils laminés à ailes étroites, selon l'axe fort  $t_f \leq t_r$ $(h-t_r)/b > 1,2$ $t_r \leq 40 \text{ mm}$	profils laminés, selon l'axe fort  $t_r \leq 100 \text{ mm}$	profils laminés, selon l'axe faible  $t_r \leq 100 \text{ mm}$	profils laminés, selon l'axe faible, avec ailes épaisse  $t_f \geq t_r$ $t_r > 100 \text{ mm}$
profils creux, façonnés à chaud  $t_r \leq 40 \text{ mm}$	profils laminés à ailes étroites, selon l'axe faible  $t_r \leq 40 \text{ mm}$	profils à section en double tôle soudée, selon l'axe faible  $t_r \geq 40 \text{ mm}$	profils à section en double tôle soudée, selon l'axe faible  $t_r \geq 40 \text{ mm}$
caissons soudés avec soudures épaissees ( $a > 0,5 t_r$ ) et $dt_r < 30$  $t_r \leq 40 \text{ mm}$	caissons soudés en général  $t_r \leq 40 \text{ mm}$	profils creux façonnés à froid  $(h-t_r)t_r < 30$	sections plates 

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}} \leq 2,0$$

Tableau 6.5 : Courbes de flambement et imperfections de barres pour les poteaux mixtes

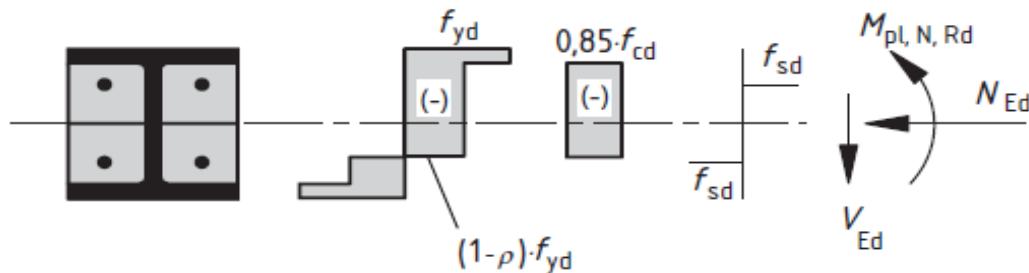
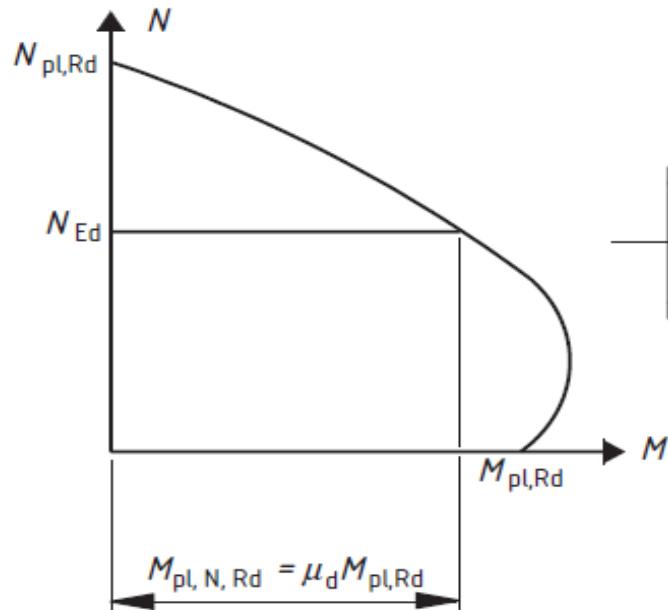
Section	Limites	Axe de flambement	Courbe de flambement	Imperfection d'élément
Profilé enrobé de béton 		y-y	b	$L/200$
		z-z	c	$L/150$
Profilé partiellement enrobé de béton 		y-y	b	$L/200$
		z-z	c	$L/150$
Profil creux circulaire et rectangulaire en acier 	$p_s \leq 3\%$	quelconque	a	$L/300$
	$3\% < p_s \leq 6\%$	quelconque	b	$L/200$
Profil creux circulaire en acier avec adjonction d'un profilé en I 		y-y	b	$L/200$
		z-z	b	$L/200$
Profilé partiellement enrobé de béton avec profilés en I disposés en croix 		quelconque	b	$L/200$

$$= w_0 = \ell_0$$

## Tableau complet de l'EN

$L$ : longueur du poteau

La résistance d'une section **comprimée et fléchie** peut être calculée au moyen d'une courbe d'interaction calculée avec l'hypothèse d'une répartition plastique des contraintes

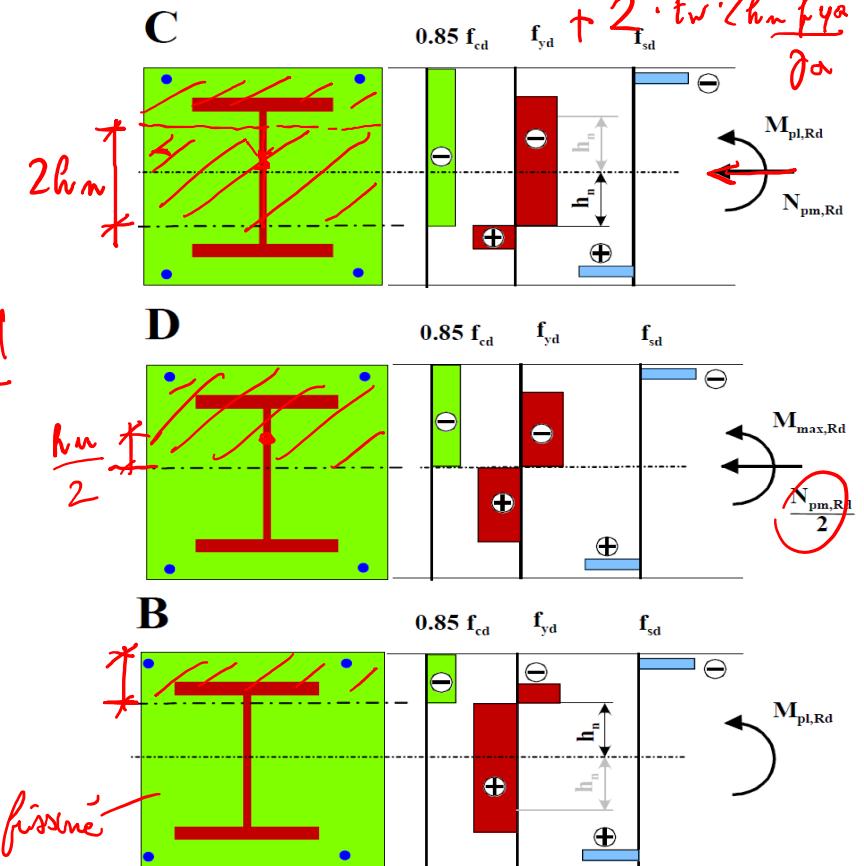
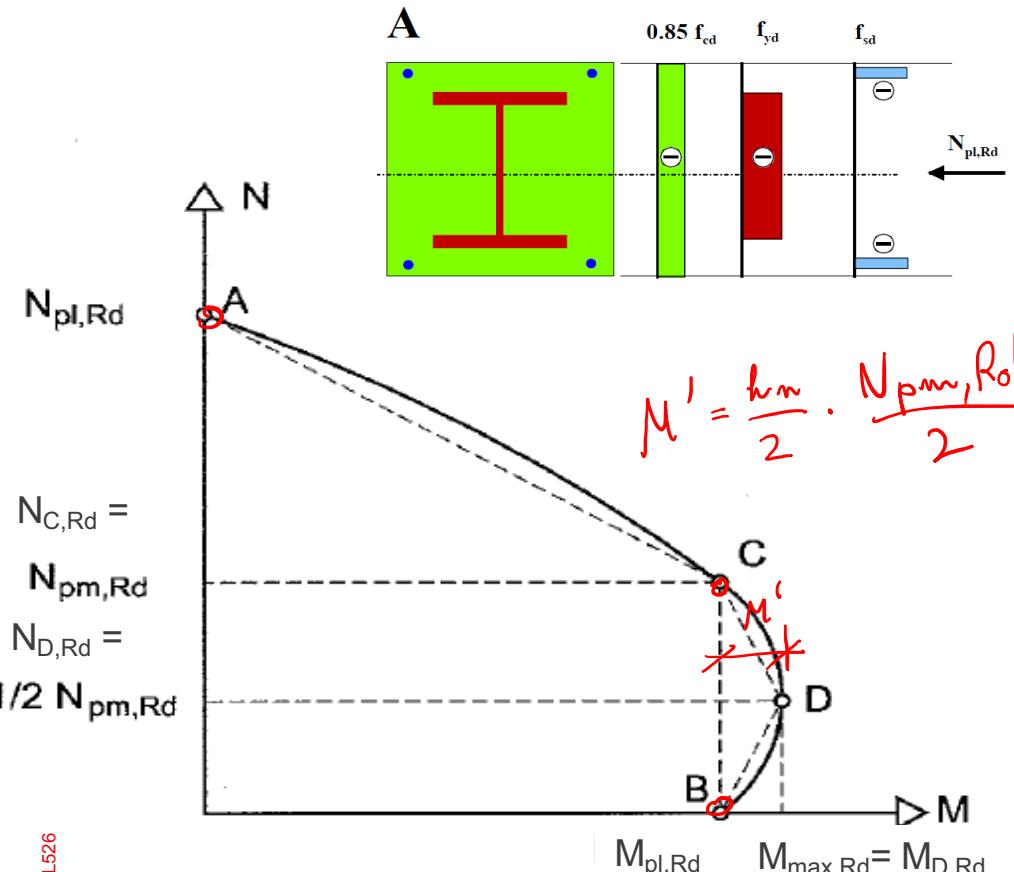


$$M_{pl,N,Rd} = \mu_d \cdot M_{pl,Rd}$$

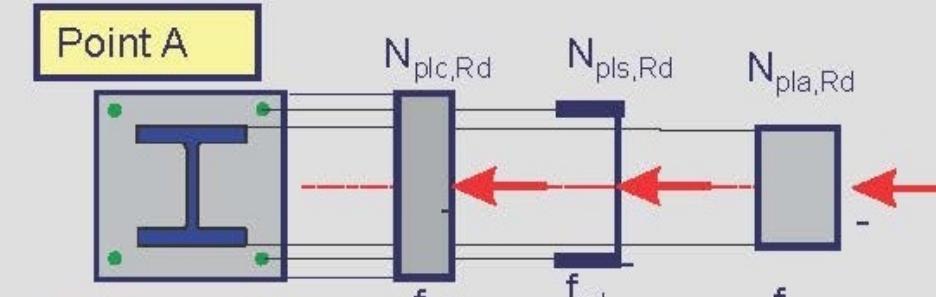
(EN 1994-1-1, fig. 6.18)

# Courbe d'interaction N – M et simplification

$$N_{pm,Rd} = \frac{0.85 f_{cd}}{\gamma_c} + 2h_m^{27} f_y$$

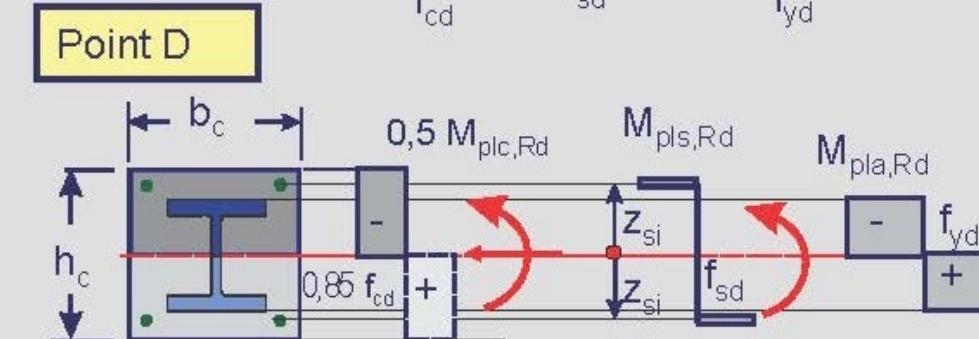
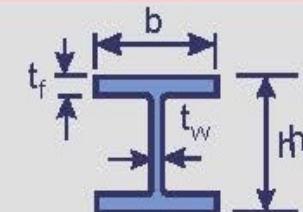


(TGC10, Fig. 6.21)



$$N_{pl,Rd} = N_{pla,Rd} + N_{plc,Rd} + N_{pls,Rd}$$

$$M_{A,Rd} = 0$$



$$N_{D,Rd} = 0,5 N_{plc,Rd}$$

$$M_{D,Rd} = M_{max,Rd}$$

$$M_{max,Rd} = M_{pla,Rd} + M_{pls,Rd} + 1/2 M_{plc,Rd}$$

$$M_{pla,Rd} = W_{pl,a} f_{yd} = \left[ \frac{(h - 2t_f)^2 t_w}{4} + bt_f (h - t_f) \right] f_{yd}$$

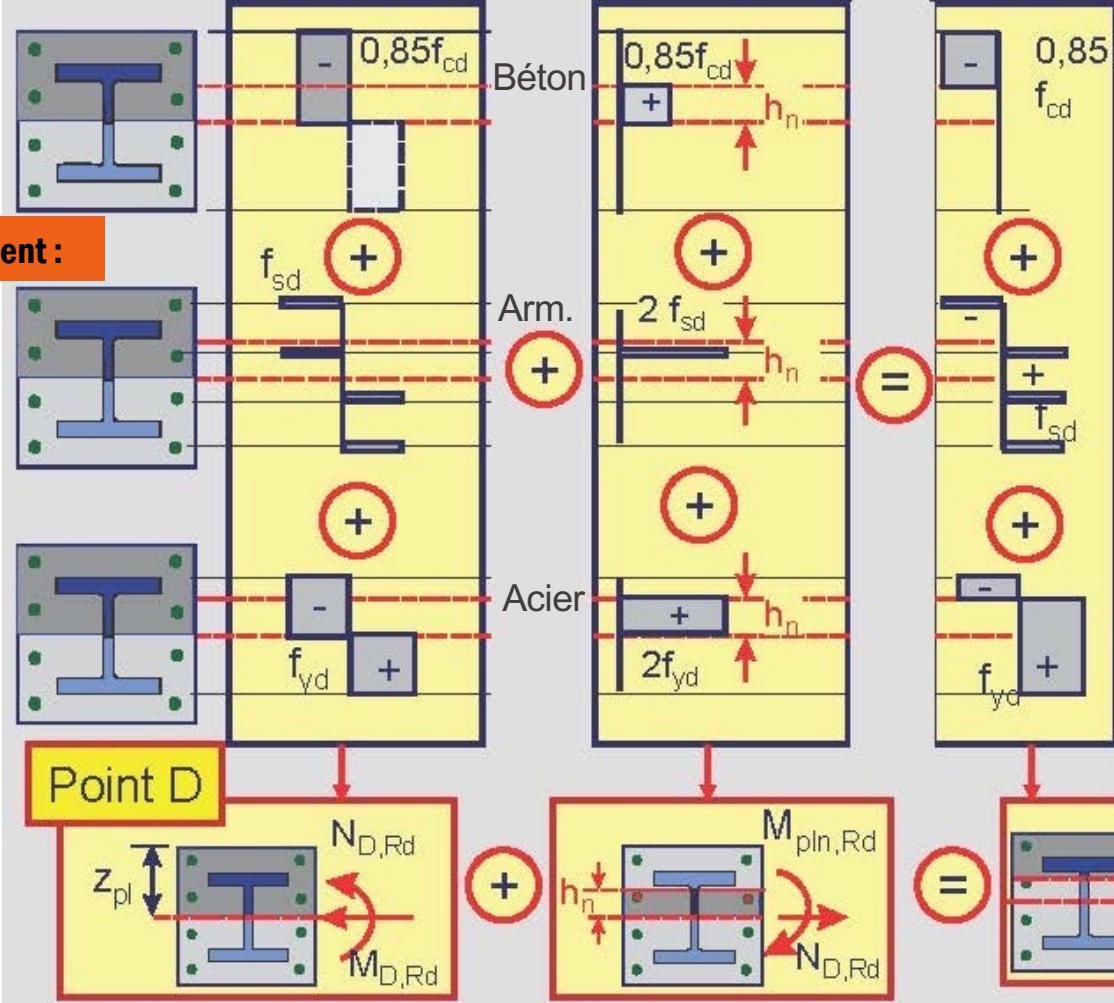
âme

ailes

$$M_{pls,Rd} = W_{pl,s} f_{sd} = [\sum A_{si} z_{si}] f_{ys}$$

$$M_{plc,Rd} = W_{pl,c} 0,85 f_{cd} = \left[ \frac{b_c h_c^2}{4} - W_{pl,a} - W_{pl,s} \right] 0,85 f_{cd}$$

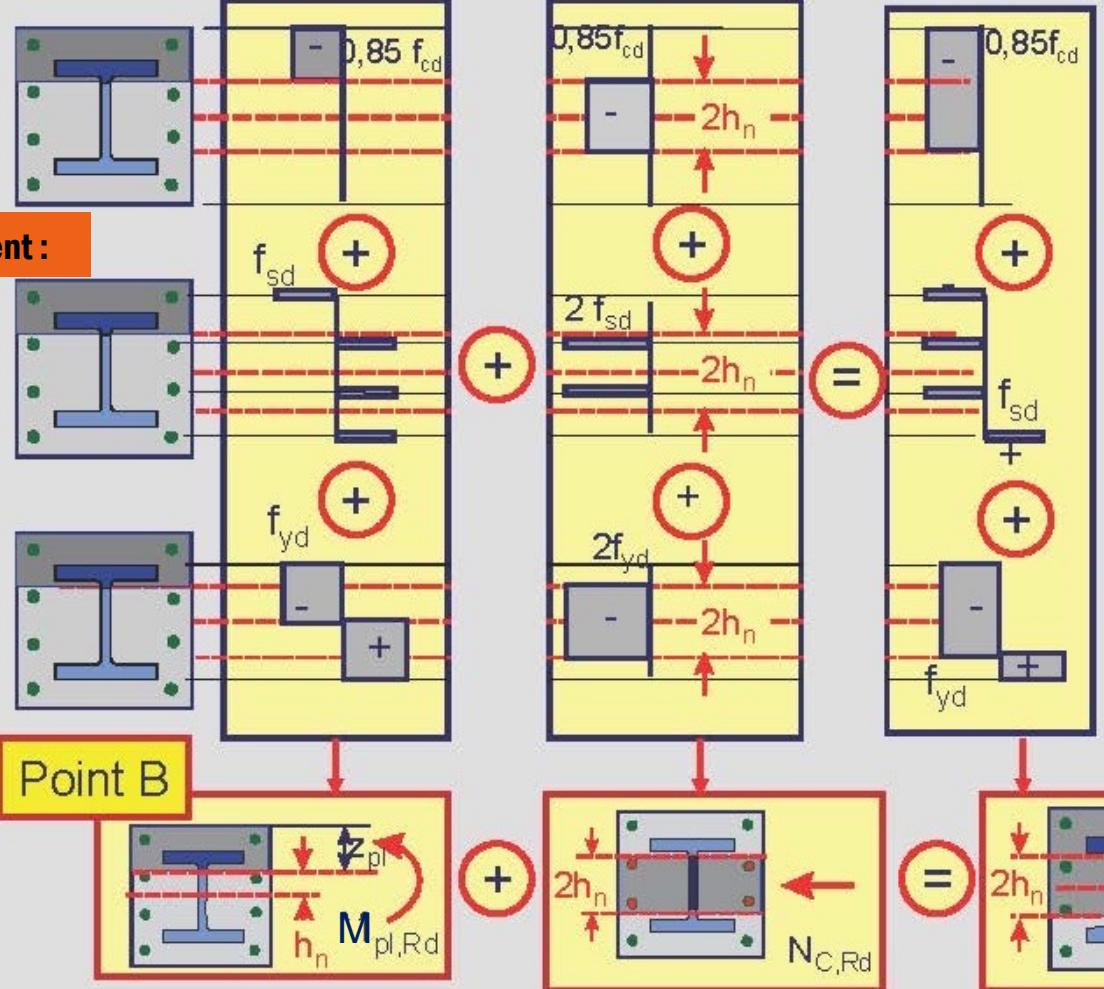
## Complément :



Point B is no resistance to compression forces. Therefore the resistance to compression forces at point D results from the additional cross-section zones in compression. With  $N_{D,Rd}$  the depth  $h_n$  and the position of the plastic neutral axis at point B can be determined. With the plastic bending moment  $M_{n,Rd}$  resulting from the stress blocks within the depth  $h_n$  the plastic resistance moment  $M_{pl,Rd}$  at point B can be calculated by:

$$M_{pl,Rd} = M_{D,Rd} - M_{pln,Rd}$$

Complément :



The bending resistance at Point C is the same as the bending resistance at point B.

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$$

The normal force results from the stress blocks in the zone  $2h_n$ .

$$N_{c,Rd} = 2 N_{D,Rd} = N_{cpl,Rd} = N_{pm,Rd}$$

Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

# EPFL Résistance d'un poteau poteau comprimé et fléchi

31

Influence de l'effort tranchant (si petit, repris par acier uniquement):

Lorsque  $V_{a,Ed} > 0.5 V_{pl,a,Rd}$ , influence cisaillement sur résistance à la flexion + effort normal. Réduction limite d'élasticité de l'acier de l'âme,  $(1-\rho)f_{yd}$ :

$$\rho = \left( 2V_{a,Ed} / V_{Rd} - 1 \right)^2$$

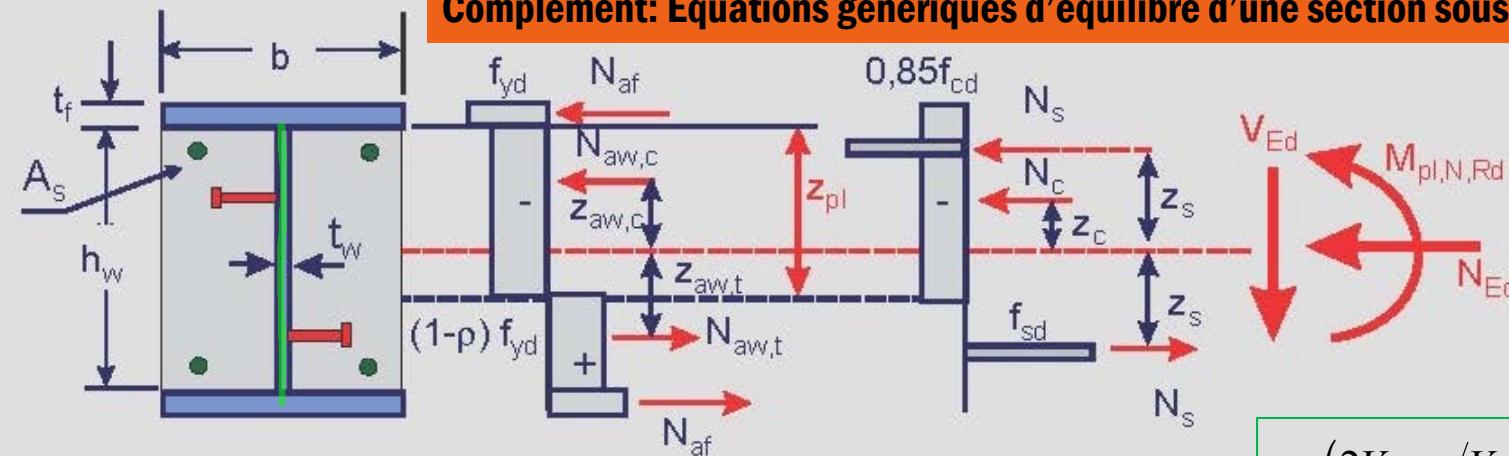
$$\frac{f_{y\alpha}}{f_y}$$

L'effort tranchant  $V_{Ed}$  peut être repris par acier seul, ou réparti en  $V_{a,Ed}$  (acier) et  $V_{c,Ed}$  (section béton) selon :

$$V_{a,Ed} = V_{Ed} \frac{M_{pl,a,Rd}}{M_{pl,Rd}}$$

$M_{pl,a,Rd}$  moment de résistance plastique de la section métallique

$M_{pl,Rd}$  moment de résistance plastique de la section mixte



Position of the plastic neutral axis:  $\sum N_i = N_{Ed}$

$$\rho = \left( 2V_{a,Ed} / V_{Rd} - 1 \right)^2$$

$$N_c + N_{aw,c} - N_{aw,t} = N_{Ed}$$

$$(b - t_w)z_{pl} 0,85 f_{cd} + t_w z_{pl} (1 - \rho) f_{yd} - t_w (h_w - z_{pl}) (1 - \rho) f_{yd} = N_{Ed}$$

$$z_{pl} = \frac{N_{Ed} + h_w t_w (1 - \rho) f_{yd}}{(b - t_w) 0,85 f_{cd} + 2t_w (1 - \rho) f_{yd}}$$

Plastic resistance to bending  $M_{pl,N,Rd}$  in case of the simultaneously acting compression force  $N_{Ed}$  and the vertical shear  $V_{Ed}$ :

$$M_{pl,N,Rd} = N_c z_c + N_{aw,c} z_{aw,c} + N_{aw,t} z_{aw,t} + N_{af} (h_w + t_f) + 2N_s z_s$$

$$N_{aw,c} = z_{pl} t_w (1 - \rho) f_{yd}$$

$$N_{aw,t} = (h_w - z_{pl}) t_w (1 - \rho) f_{yd}$$

$$N_{af} = b t_f f_{yd}$$

$$N_c = (b - t_w) z_{pl} 0,85 f_{cd}$$

$$N_s = 2A_s f_{sd}$$

# Poteau comprimé et fléchi. Rappel formule d'Ayrton-Perry

- #### ■ 2 limites à respecter:

$$1) \quad M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$

$$2) \quad M_{Ed} \leq \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}\right) M_{pl,Rd}$$

- #### ▪ Dans le cas des poteaux mixtes:

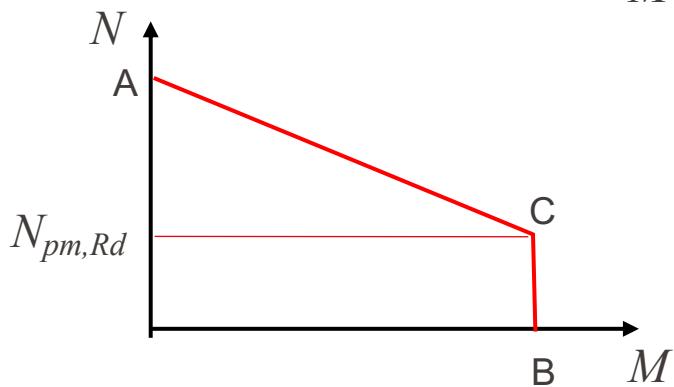
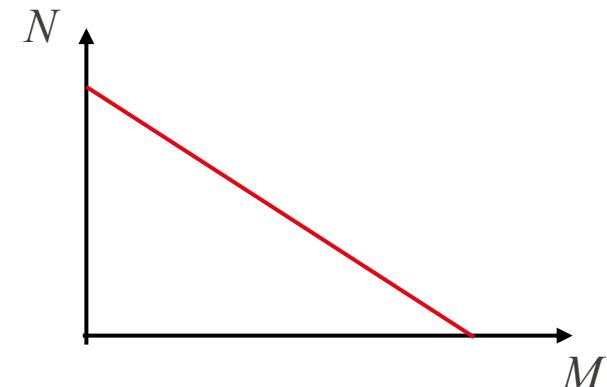
$$1) \quad M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$

$$2) \quad M_{Ed} \leq \left( \frac{N_{pl,Rd} - N_{Ed}}{N_{pl,Rd} - N_{pm,Rd}} \right) M_{pl,Rd}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\mu_d}$

$$\left| \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \right| \leq 1.0$$

$$M_{Ed} \leq \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}\right) M_{pl,Rd} \leq M_{pl,Rd}$$



# Poteau comprimé et fléchi. Rappel : formules vérification interaction $N_{comp} + M$

- Formule interaction:  
SIA 263, equ. (49)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{k,Rd}} + \frac{1}{1 - N_{Ed}/N_{cr}} \frac{\omega \cdot M_{Ed,max}}{M_{Rd}} \leq 1.0$$

- Ou 2<sup>ème</sup> ordre et vérif. en section:
- Calcul  $M_{Ed}$  de 1<sup>er</sup> ordre, y.c. effet  $e_1$ :

$$M_{e1,Ed,I} = e_1 \cdot N_{Ed} + M_{Ed,I}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{1}{1 - N_{Ed}/N_{cr}} \frac{M_{e1,Ed}}{M_{Rd}} \leq 1.0$$

$\mathcal{M}_{Ed} = M_{Ed,II}$

- Pour poteaux mixtes, avec 2<sup>ème</sup> ordre s'exprime comme:

$$M_{Ed,II} = k \cdot M_{Ed} \leq 0.9 \cdot \mu_d \cdot M_{pl,Rd}$$

Les effets du second ordre doivent être pris en compte dans

l'analyse de la structure si:  $\frac{N_{Ed}}{N_{cr,eff}} > 0,1$  (sans ou avec flexion)

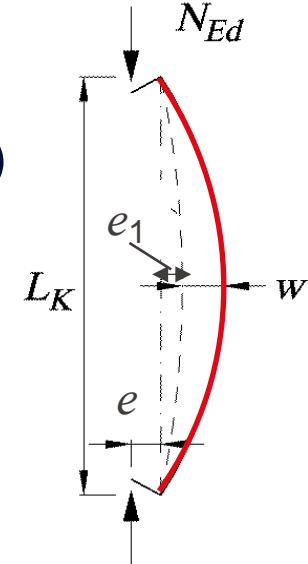
## Analyse élastique du second ordre

Doit être faite avec  $EI_{eff,d}$  (réduit ≠ et <  $EI_{eff,\lambda}$ ):

$$(E \cdot I)_{eff,d} = 0,9 \cdot (E_a \cdot I_a + 0,5 \cdot E_{cm} \cdot I_c + E_s \cdot I_s)$$

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 \cdot (E \cdot I)_{eff,d}}{L_k^2}$$

Imperfections géométriques initiales &  $\sigma_{res}$  prises comme une imperfection équivalente  $e_1$  de l'élément (ou  $w_0$ ) en arc



## Analyse élastique du second ordre

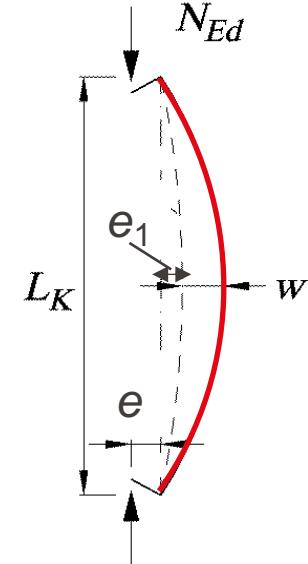
Les effets du second ordre sont considérés en amplifiant les effets du premier ordre au moyen du coefficient  $k$ :

$$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,eff}}} \geq 1.0 \quad \text{Influence forme diagramme des moments}$$

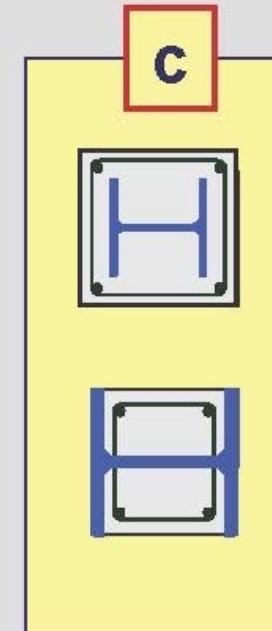
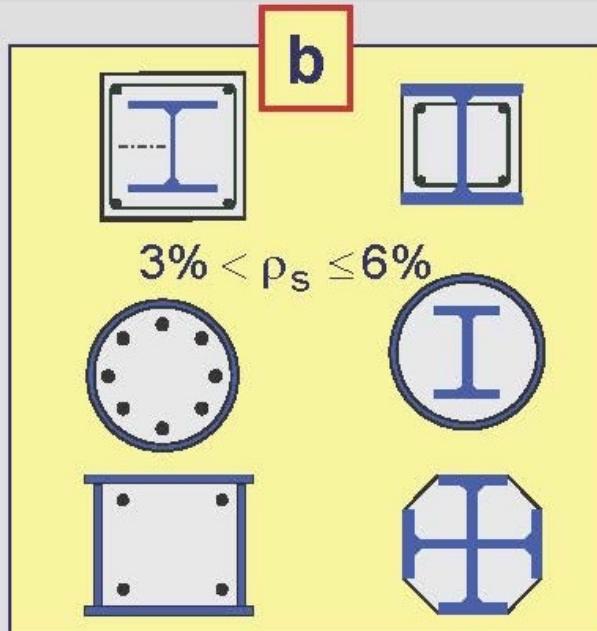
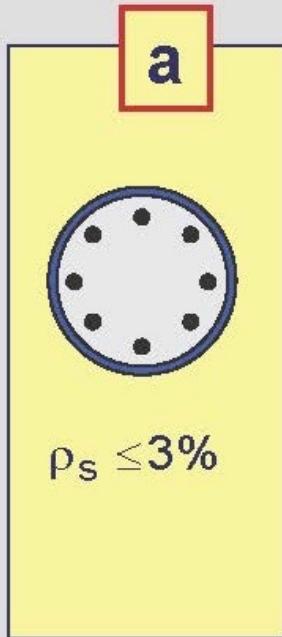
Moment de second ordre résultant:

$$M_{Ed,II} = k(M_{Ed,I} + N_{Ed} \cdot e_1)$$

En fonction du diagramme des moments, soit  $M_{Ed,II}$ , soit  $M_{Ed, ext}$  peut être déterminant  $\Rightarrow$  Vérification avec  $M_{Ed,max}$



Courbe de flambement



Imperfection d'élément

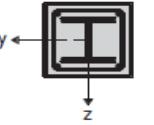
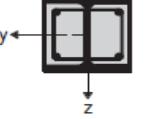
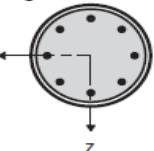
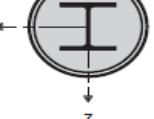
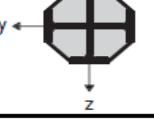
$$w_o = L/300$$

$$e_1 = w_o = L/200$$

$$w_o = L/150$$

Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

Tableau 6.5 : Courbes de flambement et imperfections de barres pour les poteaux mixtes

Section	Limites	Axe de flambement	Courbe de flambement	Imperfection d'élément
Profilé enrobé de béton 		y-y	b	$e_1 = L/200$
		z-z	c	$L/150$
Profilé partiellement enrobé de béton 		y-y	b	$L/200$
		z-z	c	$L/150$
Profil creux circulaire et rectangulaire en acier 	$p_s \leq 3\%$	quelconque	a	$L/300$
	$3\% < p_s \leq 6\%$	quelconque	b	$L/200$
Profil creux circulaire en acier avec adjonction d'un profilé en I 		y-y	b	$L/200$
		z-z	b	$L/200$
Profilé partiellement enrobé de béton avec profilés en I disposés en croix 		quelconque	b	$L/200$

# Tableau complet de l'EN

$L$ : longueur du poteau

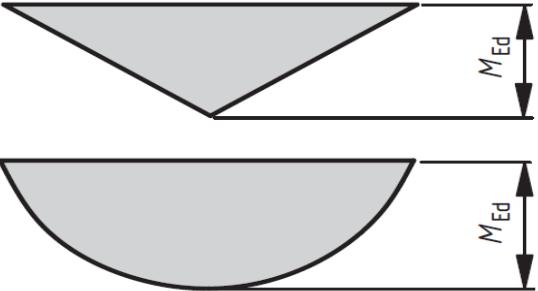
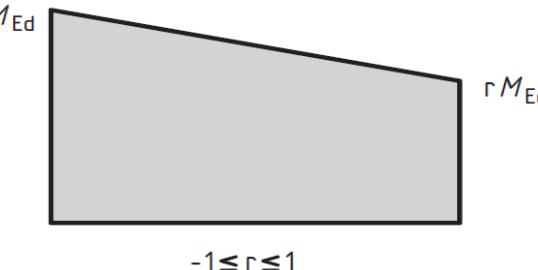
Note:

Vérifications sans effets  
2<sup>ème</sup> ordre uniquement si :

- Poteau biarticulé tenu latéralement
- Aucune flexion

# Effets du second ordre, facteur $\beta$ (EN1994-1-1, tab. 6.4)

Tableau 6.4 : Facteurs  $\beta$  pour la détermination des moments selon la théorie du second ordre

Distribution des moments	Facteurs de moment $\beta$	Commentaire
	<p>Moments fléchissants de premier ordre résultant de l'imperfection de l'élément ou de la charge transversale :</p> $\beta = 1,0$ <p>(<math>\equiv w</math> dans SIA 263)</p>	<p><math>M_{Ed}</math> est le moment fléchissant maximal le long du poteau en ignorant les effets du second ordre</p>
	<p>Moments d'extrémité :</p> $\beta = 0,66 + 0,44r$ <p>mais <math>\beta \geq 0,44</math></p> <p><math>(w = 0,6 + 0,4 \left( \frac{M_{min}}{M_{max}} \right))</math></p>	<p><math>M_{Ed}</math> et <math>r M_{Ed}</math> sont les moments d'extrémité résultant de l'analyse globale au premier ordre ou au second ordre</p>

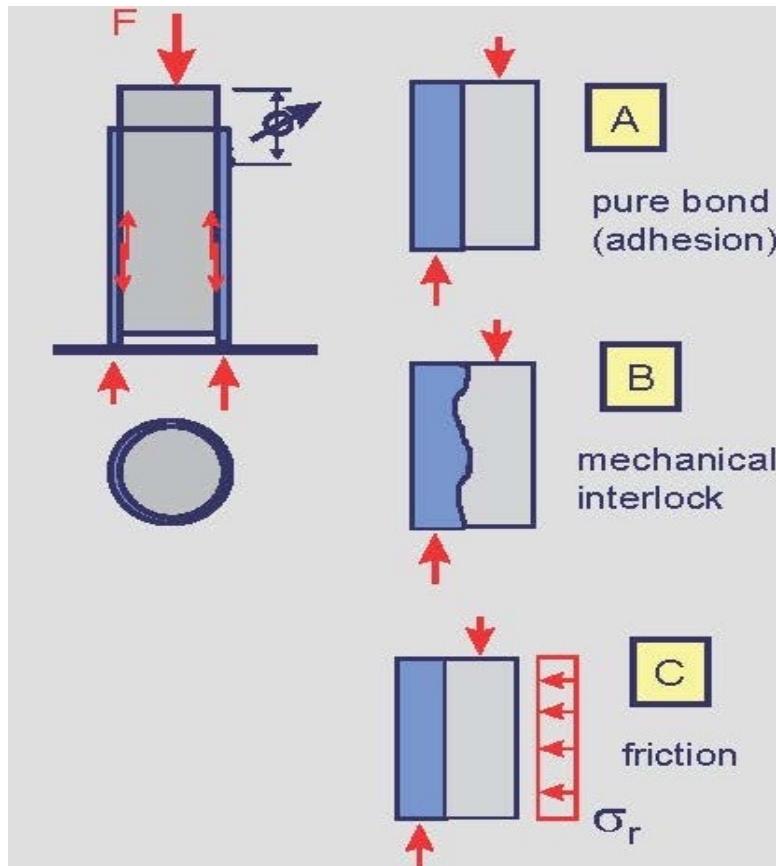
## Effort normal et moment fléchissant

S235, S355      S420, S460

$$\frac{M_{Ed,II}}{M_{pl,N,Rd}} = \frac{M_{Ed,II}}{\mu_d \cdot M_{pl,Rd}} \leq 0,9 \quad \leq 0,8$$

$M_{pl,Rd}$  valeur de calcul du moment de résistance plastique (point B sur le diagramme M – N)

$$M_{Ed,II} = k \cdot M_{e_1,Ed,I} = k(M_{Ed,I} + e_1 N_{Ed})$$



1) Hors de la zone d'introduction des charges, il convient de vérifier le cisaillement longitudinal au niveau de l'interface acier-béton lorsqu'il est provoqué par des charges transversales et /ou des moments d'extrémité. Il convient de prévoir des connecteurs, sur la base de la distribution de la valeur de calcul du cisaillement longitudinal, lorsque celui-ci dépasse la résistance au cisaillement de calcul  $T_{Rd}$ .

A défaut de méthode plus précise, l'analyse élastique, prenant en compte les effets à long terme et la fissuration du béton, peut être utilisée pour déterminer le cisaillement longitudinal au niveau de l'interface.

Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

(EN 1994 § 6.7.4, SIA 264 § 5.3.6)

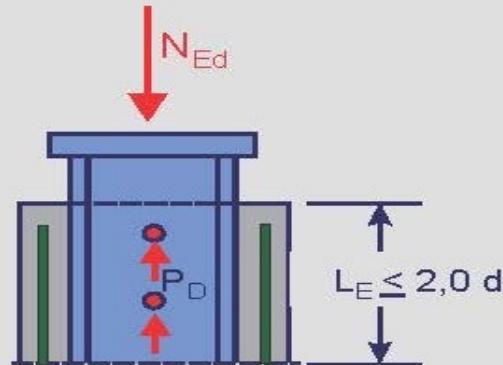
Aucune liaison mécanique n'est nécessaire si  $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd}$

**Tableau 6.6 : Résistance au cisaillement de calcul  $\tau_{Rd}$**

Type de section	$\tau_{Rd}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Profilés en acier totalement enrobés de béton	0,30
Profils creux circulaires remplis de béton	0,55
Profils creux rectangulaires remplis de béton	0,40
Semelles de profilés partiellement enrobés	0,20
Âmes de profilés partiellement enrobés	0,00

- 2) Vérification de l'introduction des forces (modèle plastique):
- Si plaque frontale en contact avec le béton, pas nécessaire
  - Sinon, goujons, etc. à dimensionner (au prorata des  $N_{pl,i}$ ) et à disposer sur  $L_{intro} \leq 2d$

# Introduction des forces dans section acier uniquement

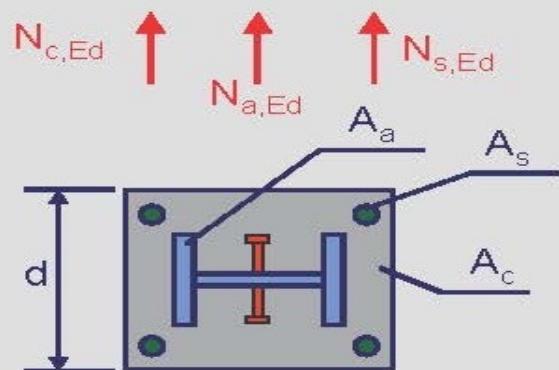


Transfert dans le béton au moyen de goujons sur la longueur  $L_E$

$$L_E \leq \begin{cases} 2d \\ L/3 \end{cases}$$

d dimension transversale minimale de la section  
L longueur du poteau

Répartition des efforts normaux dans la section :



$$N_{a,Ed} = N_{Ed} \frac{N_{pl,a}}{N_{pl,Rd}} \quad N_{s,Ed} = N_{Ed} \frac{N_{pl,s}}{N_{pl,Rd}} \quad N_{c,Ed} = N_{Ed} \frac{N_{pl,c}}{N_{pl,Rd}}$$

Nombre de goujons  $n$  requis pour transmettre les efforts normaux  $N_{c,Ed} + N_{s,Ed}$  dans le béton armé

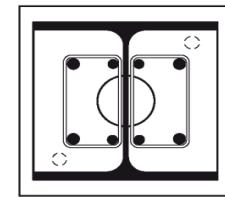
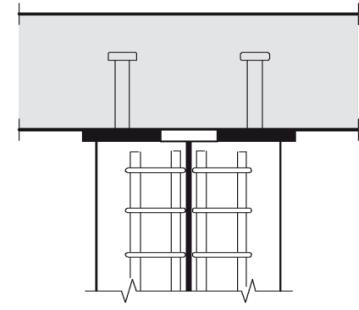
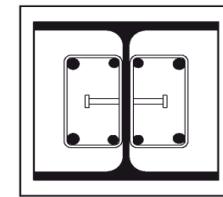
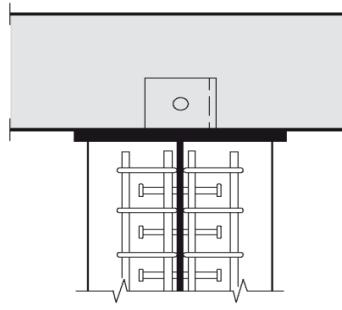
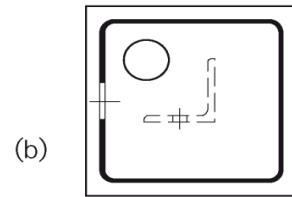
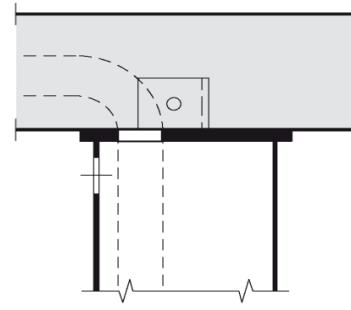
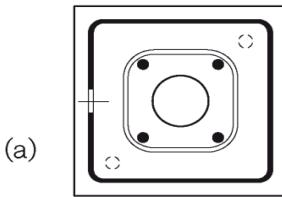
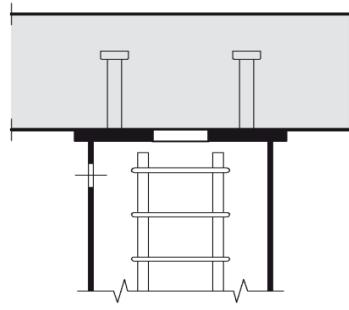
$$V_{L,Ed} = N_{c,Ed} + N_{s,Ed} = N_{Ed} \left[ 1 - \frac{N_{pl,a}}{N_{pl,Rd}} \right]$$

$$V_{L,Rd} = n P_{Rd}$$

$P_{Rd}$  : valeur de calcul de la résistance d'un goujon

Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

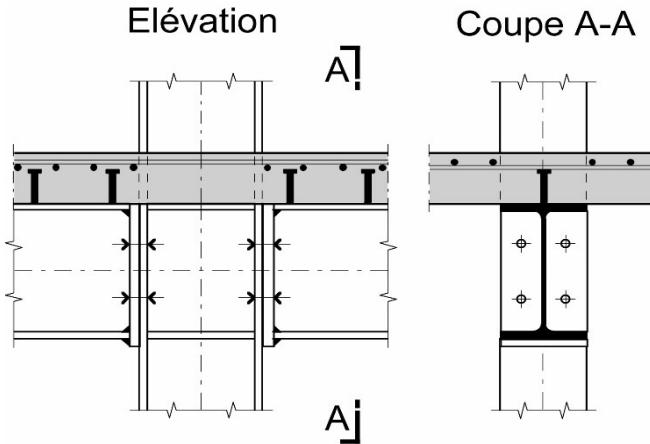
# Détail des assemblages, poteau interrompu



source: Szs

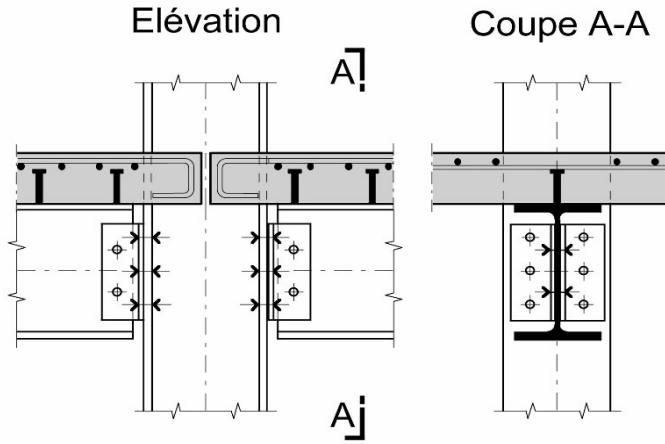
# Détail des assemblages, poteau continu

Elévation

A<sup>j</sup>

(a) Rigides

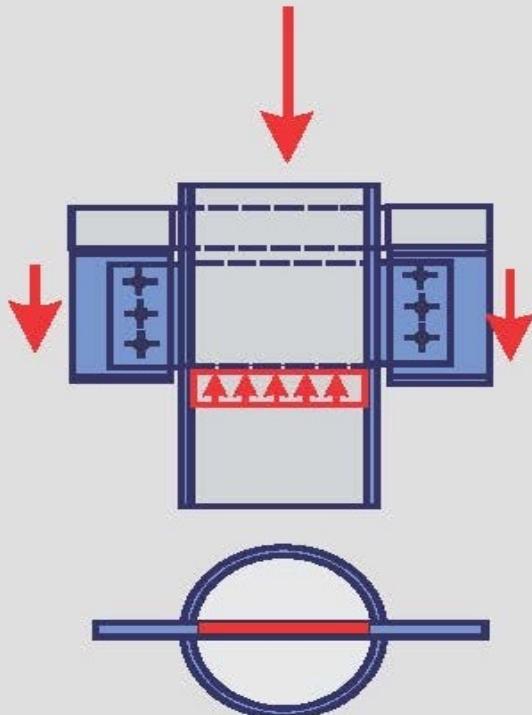
Elévation

A<sup>j</sup>

(b) Articulés

source: TGC 11, fig. 13.17

# Détail des assemblages, poteau continu



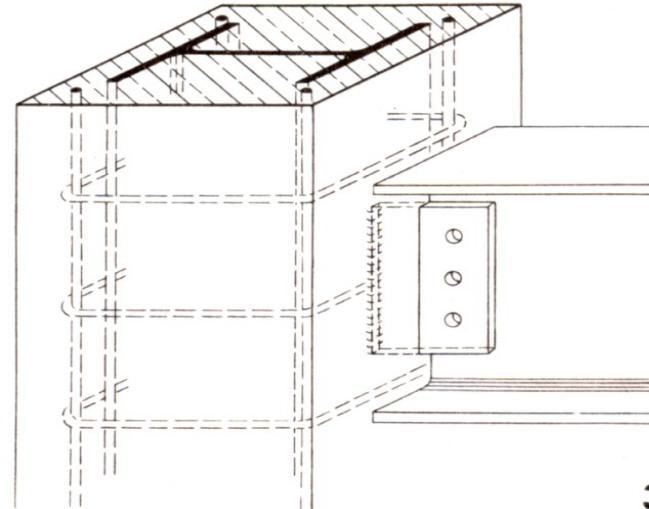
Introduction des charges  
au moyen de goussets

Augmente l'aire pour transférer  $\tau$  et aussi  
transfert par pression supplémentaire

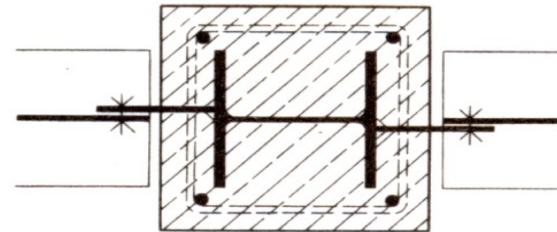
Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

# Détail des assemblages, poteau continu

- Chercher l'erreur (détail constructif)



3



source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

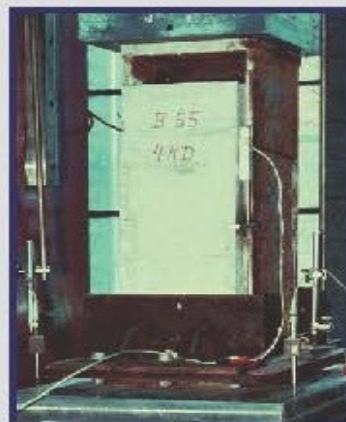
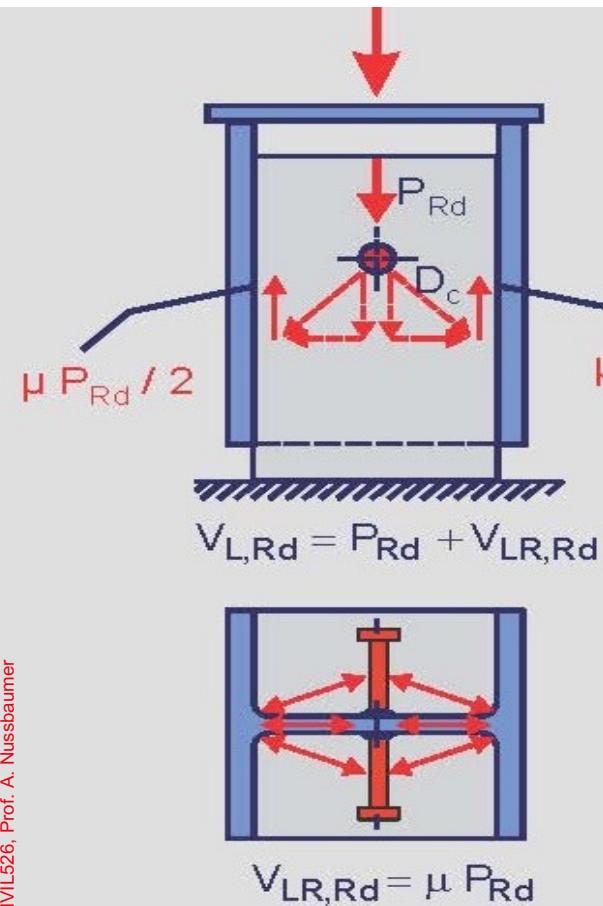


■ CIVIL526, Prof. A. Nussbaumer

Merci

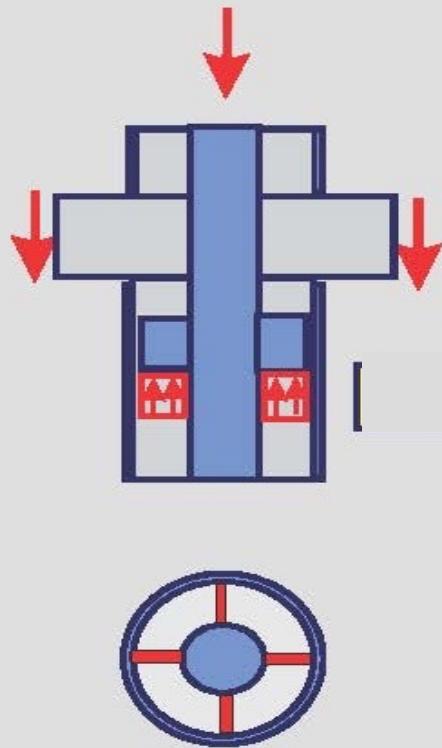
Prof. A. Nussbaumer  
RESSLab

The Mecca Clock Tower  
Source: [www.mayr-ludescher.de](http://www.mayr-ludescher.de)



Lorsque des goujons sont fixés sur l'âme d'une section en I en acier totalement ou partiellement enrobée de béton ou d'une section similaire, les forces de frottement résultant de l'empêchement de dilatation latérale du béton par les semelles en acier adjacentes peuvent être prises en compte. Cette résistance peut être ajoutée à la résistance calculée des connecteurs. Le supplément de résistance peut être supposé égal à  $\mu P_{Rd}/2$  sur chaque semelle et pour chaque file horizontale de goujons, comme indiqué sur la Figure, où  $\mu$  est le coefficient de frottement approprié. Pour les profilés en acier non peints,  $\mu$  peut être pris égal à 0,5. Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

# Annexe: Détail des assemblages

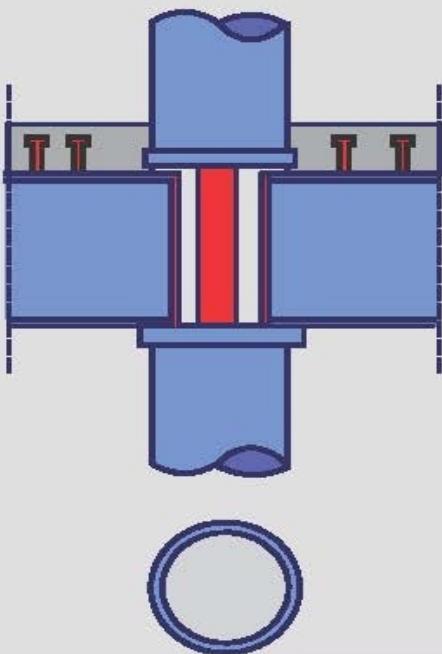


Post Tower Bonn



Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal

# Annexe: Détail des assemblages



Introduction des charges au moyen de plaques de tête partiellement chargées



Source: G. Hanswille, Univ. Wuppertal