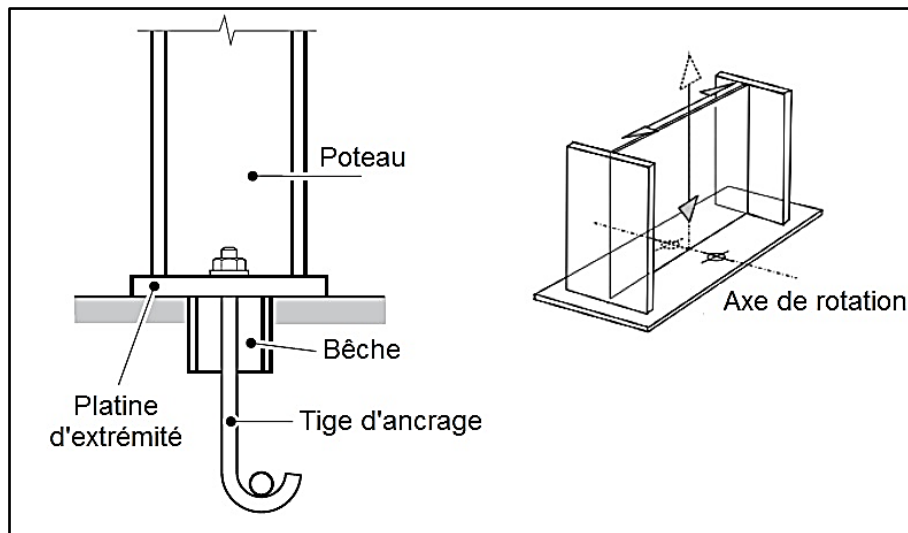


**Introduction :**

Cette partie du cours traite des assemblages courants de pieds de poteaux par platines soudées à l'extrémité du poteau et solidarités à la fondation par des tiges d'ancrages (généralement 2 tiges). Les assemblages traités ici sont des assemblages dits articulés, c'est à dire qu'ils ne transmettent pas de moment et par conséquent les rotations du poteau au niveau de la fondation sont normalement libres de se développer. Les efforts transmis par l'assemblage à la fondation sont donc réduits à un effort normal et un effort de cisaillement. Ce type d'assemblage est couramment utilisé dans les bâtiments industriels. Cependant, le poteau articulé en pied ne peut assurer seul la stabilité de la palée où il se trouve ; dans un bâtiment industriel, cette fonction est assurée dans le sens longitudinal (long-pan) par des barres de contreventement et dans le sens transversal (pignon) par l'encastrement de la poutre ou la ferme du portique sur la tête du poteau.



La fonction première de la **platine d'extrémité** est de répartir sur le béton de la fondation la charge verticale de compression  $N$ . Ses dimensions  $b_p$  et  $h_p$  sont choisies de façon à ce que la pression moyenne sur le béton soit admissible. La plaque étant raidie par le poteau, il en résulte une déformation non uniforme et donc une mise en flexion de la plaque sous effort normal en compression comme en traction. Les critères adéquats sur les contraintes admissibles en flexion permettent de déterminer l'épaisseur de la platine  $t_p$ .

Les **tiges d'ancrage** servent uniquement à reprendre les efforts verticaux de traction. Leur dimensionnement (diamètre et longueur de la tige) dépend :

- De la résistance à la traction de la section résistante de la tige ;
- Des caractéristiques d'adhérence et de résistance du béton.

Il est possible de compter sur le frottement de la platine d'extrémité sur l'embase en béton pour transmettre les efforts horizontaux. Ainsi, si pour toutes les combinaisons d'actions possibles :

- $N$  est toujours un effort de compression ;
- L'effort tranchant  $V \leq 0,3N$  ;

Il n'y a pas lieu de prévoir de bêche. Dans le cas contraire, la mise en place d'une bêche est nécessaire et celle-ci doit être dimensionnée pour transmettre l'intégralité des efforts horizontaux.

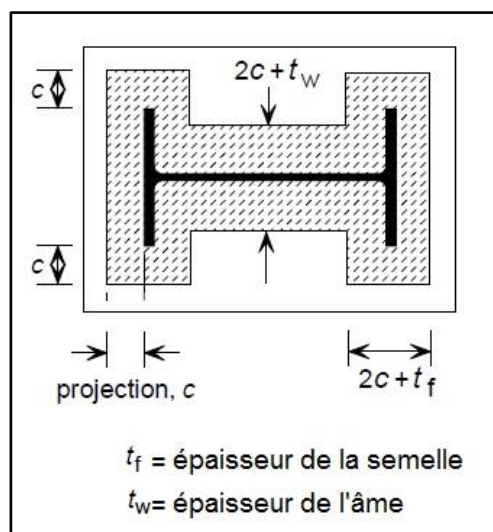
Pour les soudures, elles sont en général des soudures d'angle dont l'épaisseur de gorge  $a$  doit être telle que les soudures puissent reproduire la capacité de résistance à la traction de la section complète du poteau. A défaut de calculs plus précis, on peut prendre  $a = 0,7t$  où  $t$  est l'épaisseur de la tôle à souder la plus mince.

### Résistance à la compression :

#### ➤ Résistance du béton à la pression localisée:

On considère que la pression localisée  $f_{jd}$  sous la platine d'assise atteint la résistance en compression du béton. Cette contrainte est atteinte sous l'ensemble de la platine d'assise si celle-ci est suffisamment rigide.

Lorsque la platine est mince, cette pression n'est pas atteinte sous toute la surface. On considère alors qu'elle est atteinte sur une largeur  $c$  de part et d'autre des éléments qui transfèrent la compression à la fondation : âme, semelles, ...



La résistance du béton à la pression localisée est égale à :

$$f_{jd} = \beta_{jd} \cdot \alpha_{bf} \cdot f_{cd}$$

$\alpha_{bf}$  : est un coefficient qui dépend de la profondeur de la fondation et des distances entre la platine et les bords de la fondation. Il peut raisonnablement être pris égale à 1,5 si les dimensions de la fondation ne sont pas connues.

$\beta_{jd}$  : peut être pris égal à 2/3.

$f_{cd}$  : est la résistance de calcul du béton de la fondation à la compression avec :

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c}$$

Avec :  $\alpha_{cc} = 0,85$  et  $\gamma_c = 1,5$ .

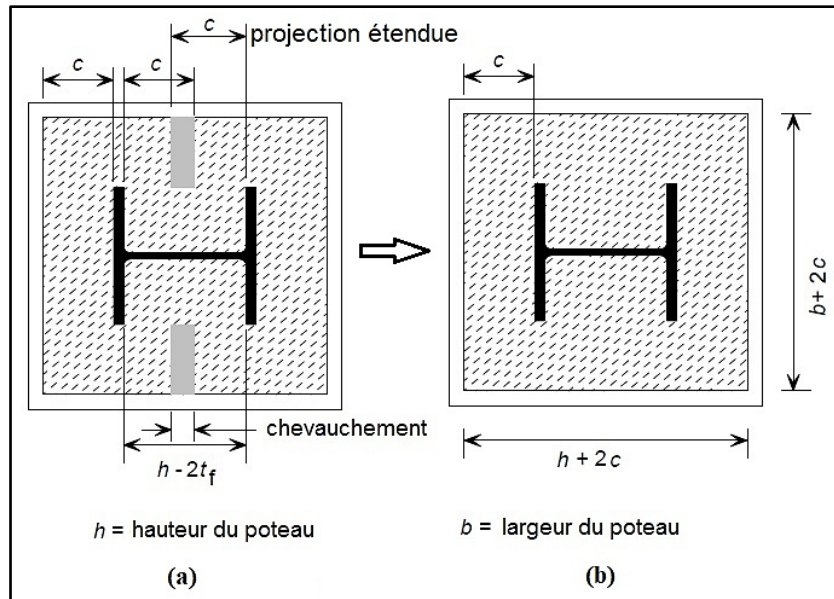
La procédure de calcul des pieds de poteaux est tirée de la norme *BS EN 1993-1-8* et suit une approche basée sur l'aire efficace. La procédure couvre le calcul des pieds de poteaux sous compression axiale uniquement.

On suppose que la pression d'appui sur l'aire efficace est uniforme et que la platine se comporte comme une simple console autour du périmètre de la section. L'aire efficace est basée sur la largeur d'appui additionnelle  $c$  de part et d'autre de l'âme et des semelles comme illustrée sur la figure précédente.

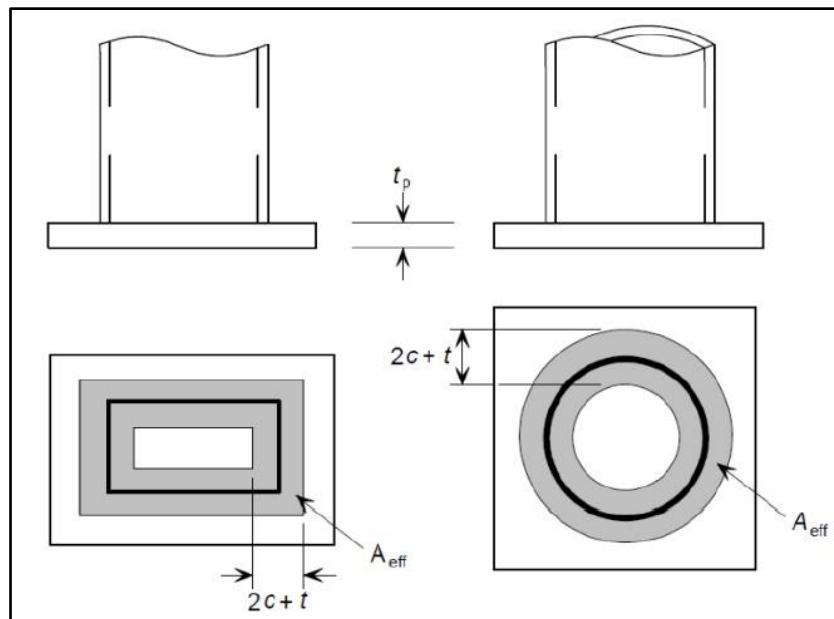
La largeur d'appui additionnelle  $c$  est le minimum requis pour garantir que la pression à la base ne dépasse pas la résistance du béton à la pression localisée.

Dans certaines circonstances, on peut constater que la largeur d'appui additionnelle  $c$  devient si importante que les bandes entre les semelles du poteau se chevauchent comme le montre la figure ci-dessous. (Projection étendue  $c > (h - 2t_f)/2$ ).

La zone de chevauchement ne peut pas être comptabilisée deux fois, et de ce fait l'aire efficace doit être recalculée comme illustrée sur la figure ci-dessus (**cas b**).



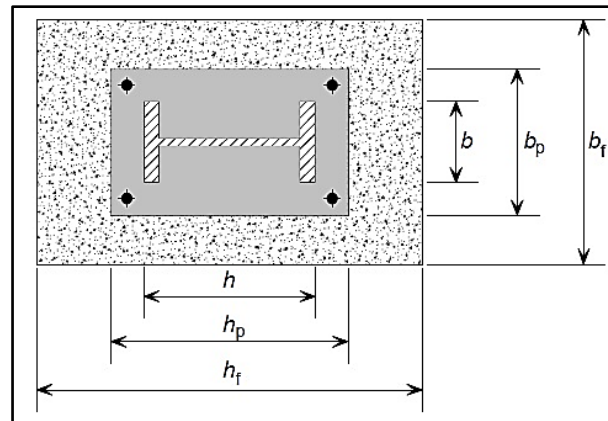
Pour les poteaux à section creuse, la procédure de calcul est similaire à celle des sections en H, comme le montre la figure ci-dessous.



**Procédure de calcul :**

- Surface requise : il faut s'assurer que la surface de la platine soit supérieure ou égale à la surface requise :

$$A_p \geq A_{req}$$



$A_p$  : est la surface de la platine qui est égale à  $h_p \cdot b_p$

$A_{req}$  : est la surface requise qui est égale à :

$$A_{req} = \frac{N_{Ed}}{f_{jd}}$$

Pour la conception initiale de l'assemblage, on peut admettre que la résistance du béton à la pression localisée  $f_{jd}$  est égale à la résistance de calcul du béton à la compression  $f_{cd}$ .

- Aire efficace : il faut s'assurer que la surface requise soit inférieure ou égale à l'aire effective :

$$A_{req} \leq A_{eff}$$

$$\text{Avec : } A_{eff} = 4c^2 + P_{col} c + A_{col}$$

Où :

$c$  : est la largeur d'appui additionnelle ;

$P_{col}$  : est le périmètre du poteau ;

$A_{col}$  : est la section transversale du poteau.

Dans le cas où il y a chevauchement (projection étendue  $c > (h - 2t_f)/2$ ) :

$$A_{eff} = 4c^2 + 2(h + b)c + hb$$

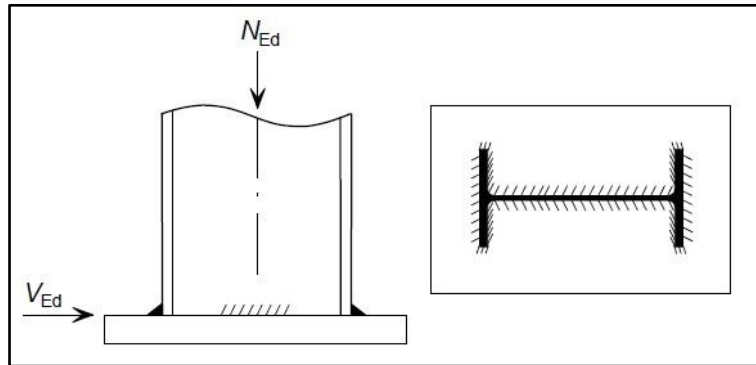
$h$  et  $b$  : sont la hauteur et la largeur du poteau respectivement.

En résolvant l'équation du second degré, la largeur d'appui additionnelle  $c$  peut être obtenue.

- Épaisseur de la platine : l'épaisseur de la platine peut être évaluée en utilisant la formule ci-dessous :

$$t_p \geq t_{p,min} = c \sqrt{\frac{3 f_{jd} \gamma_{M0}}{f_{yp}}}$$

- **Résistance de la soudure au cisaillement** : la soudure entre la platine et le poteau doit résister à l'effort de cisaillement à la base  $V_{Ed}$  :



$$F_{w,Ed} = \frac{V_{Ed}}{l_{w,eff}} \leq F_{w,Rd} = F_{vw,d} a = \frac{f_u \cdot a}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}}$$

$$V_{Ed} \leq \frac{f_u \cdot a}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} l_{w,eff}$$

Avec :

$a$  : gorge utile du cordon de soudure.

$l_{w,eff}$  : longueur totale efficace des soudures dans la direction de l'effort de cisaillement.

$f_u$  : résistance nominale ultime à la traction de la pièce assemblée la plus faible.

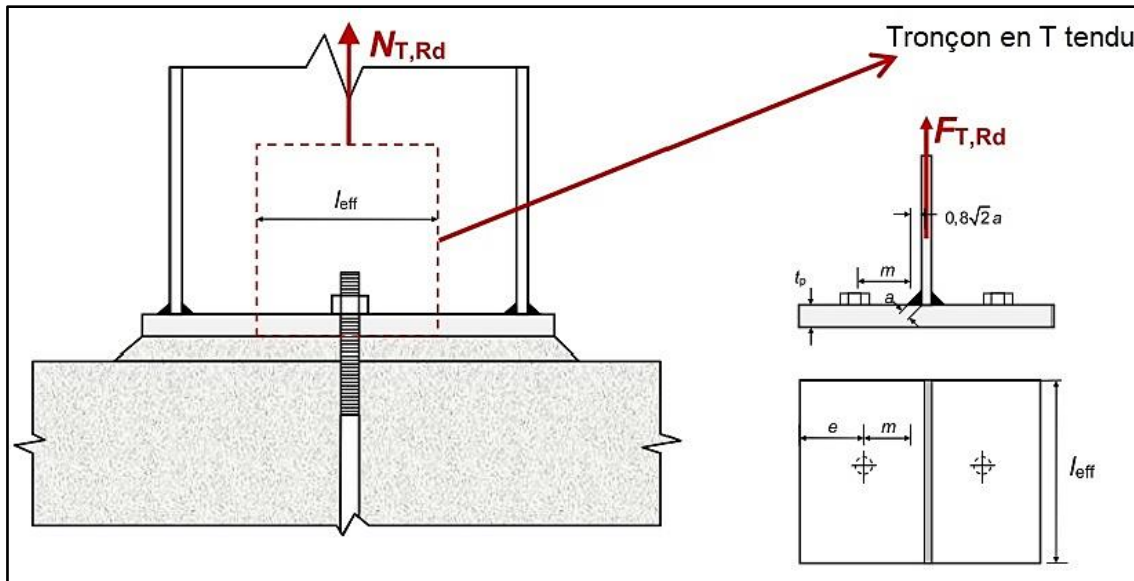
$\gamma_{M2}$  : Coefficient partiel de sécurité égale à 1,25.

$\beta_w$  : facteur de corrélation fonction de la nuance d'acier utilisé.

### **Résistance à la traction :**

Dans le cas où le poteau est soumis à un effort de traction (soulèvement), la résistance du pied de poteau est calculée en tenant compte de la déformabilité de la platine d'assise. La résistance à la traction est alors évaluée à partir de la résistance à la traction d'un tronçon en T équivalent  $F_{T,Rd}$ .

Le tronçon en T équivalent est constitué de la platine, des deux tiges d'ancrage et de l'âme du poteau.



Trois modes de ruines possibles peuvent se produire au niveau du pied de poteau à savoir :

- Ruine de la platine fléchie (modes 1 et 2),
- Ruine des tiges d'ancrage tendues (mode 3),
- Ruine de l'âme du poteau tendue (mode 4).

Longueur efficace ( $l_{eff}$ ) :

Afin d'évaluer la résistance d'un tronçon en T équivalent, on doit dans un premier temps déterminer sa longueur efficace  $l_{eff}$ . L'assemblage boulonné est ramené à un tronçon en T.

Lorsque la platine fléchit, des mécanismes de déformation plastiques, qui dépendent de la géométrie de l'assemblage, se forment. La longueur efficace permet de prendre en compte la forme de ces lignes de plastification. Les longueurs efficaces sont associées aux modes de plastification de la platine et de l'âme du poteau.

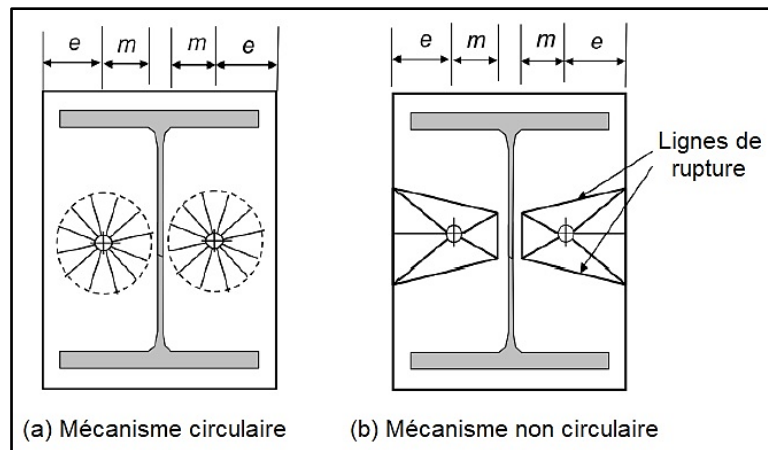
Il existe deux mécanismes et donc deux types de longueurs efficaces : circulaires et non circulaires.

- La longueur efficace associée à un mécanisme circulaire est évaluée comme suit :

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m$$

- La longueur efficace associée à un mécanisme non circulaire est évaluée comme suit :

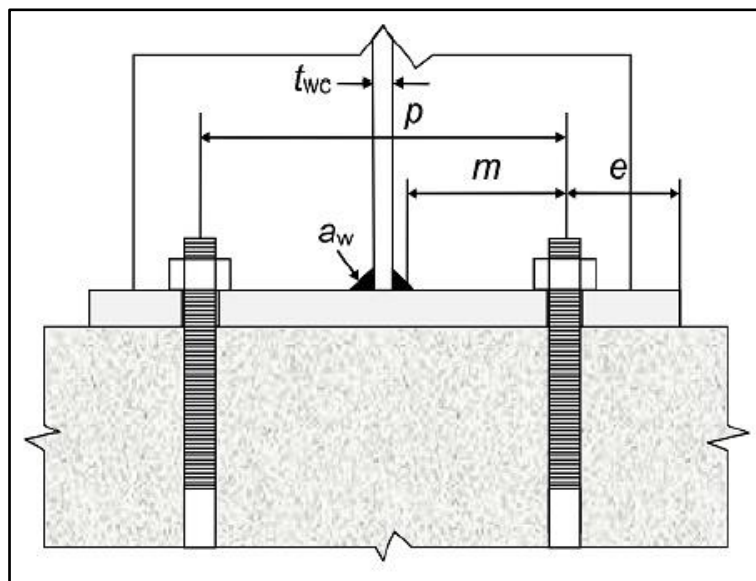
$$l_{eff,nc} = \frac{n}{2} (4m + 1,25e)$$



Avec :

$$m = \frac{P}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w$$

$n$  : nombre de boulon.

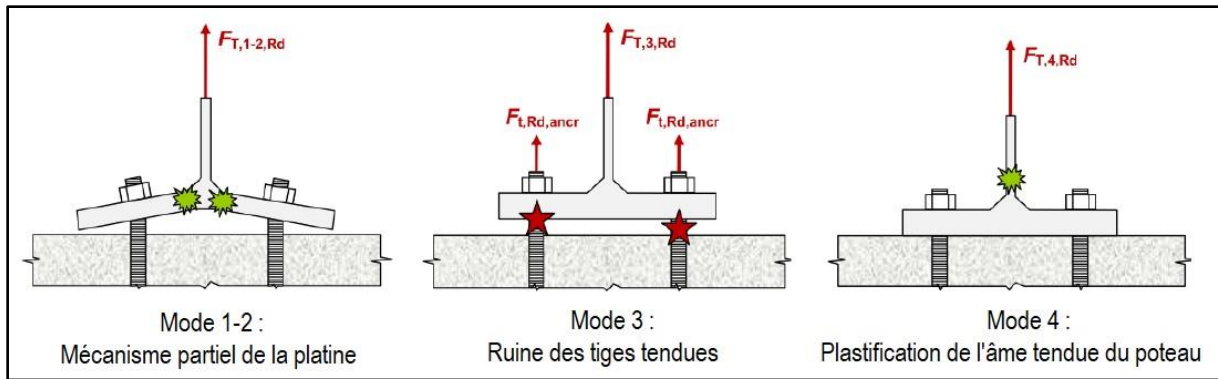


### Modes de rupture

A chaque mode  $i$  de ruine (mode 1-2, mode 3 ou mode 4) correspond une valeur de la résistance en traction  $F_{T,i,Rd}$ . La résistance de l'assemblage est donnée par :

$$F_{T,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}, F_{T,4,Rd}]$$





### ▪ Modes 1-2

La résistance en flexion dans la platine sans effet de levier est donnée par :

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$$

Avec :

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,Rd} l_{eff,1}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 f_{yp}}{4 \gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp} ; l_{eff,nc})$$

$f_{yp}$  : limite d'élasticité de la platine ;

$t_p$  : épaisseur de la platine ;

$\gamma_{M0}$  : coefficient partiel de sécurité égal à 1.

### ▪ Modes 3

La résistance à la rupture des tiges d'ancrage est donnée par :

$$F_{T,3,Rd} = n F_{t,Rd}$$

$n$  : nombre de tiges d'ancrage ;

$$F_{t,Rd} : \text{résistance d'une tige d'ancrage en traction } F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

▪ **Modes 4**

La résistance en plastification de l'âme du poteau est donnée par :

$$F_{T,4,Rd} = \frac{l_{eff,1} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$$

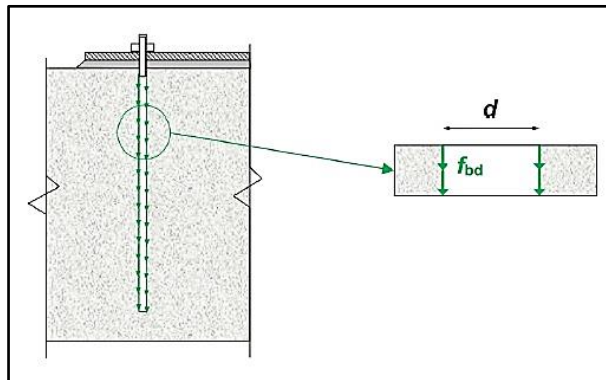
$f_{y,wc}$  : limite d'élasticité de l'âme du poteau ;

$t_{wc}$  : épaisseur de l'âme du poteau.

**Résistance de l'ancrage**

- Limite d'adhérence : La contrainte d'adhérence  $f_{bd}$  entre la surface de la tige d'acier et le béton pour des tiges d'ancrage lisses est d'après l'EN1993-1-8 :

$$f_{bd} = \frac{0,36\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c}$$



$\gamma_c$  : coefficient partiel de sécurité pour la résistance du béton égal à 1,5.

$f_{ck}$  : résistance caractéristique de compression sur cylindre en béton (N/mm<sup>2</sup>).

- Résistance à l'adhérence : On peut en déduire alors la résistance à l'adhérence d'une tige d'ancrage selon son type:

Tige droite :

$$F_{t,c,Rd} = \pi \cdot d \cdot l_b \cdot f_{bd}$$

Tige courbe :

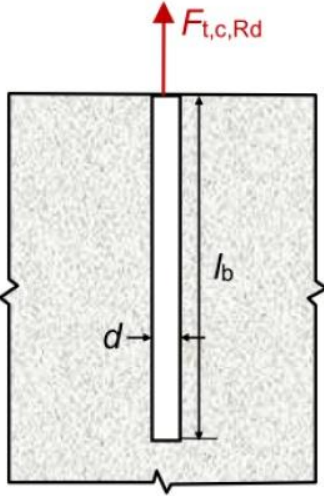
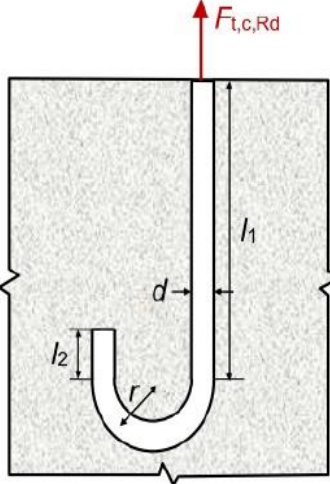
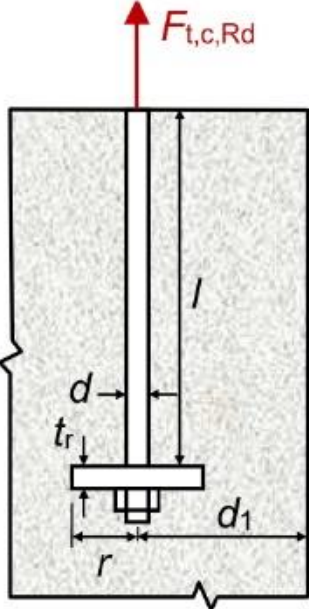
$$F_{t,c,Rd} = \pi \cdot d \cdot f_{bd} (l_1 + 6,4r + 3,5l_2)$$

Tige avec plaque d'ancrage :

$$F_{t,c,Rd} = 2,55 \cdot f_{bd} \cdot \pi \left( r^2 - \frac{d^2}{4} \right) \cdot \left( 1 - \frac{r}{\min(l; d_1; p)} \right)$$

$\pi \left( r^2 - \frac{d^2}{4} \right)$  : représente la surface circulaire de la plaque.

$P$  : entraxe entre les tiges.

Tige droite	Tige courbe	Tige avec plaque d'ancrage
	 <p style="text-align: center;"> <math>r \geq 3.d</math>  <math>1,5d \leq l_2 \leq 2,5d</math> </p>	 <p style="text-align: center;"> <math>t_r \geq 0,3.r</math> </p>