



Chapitre 5

Adhérence et ancrage



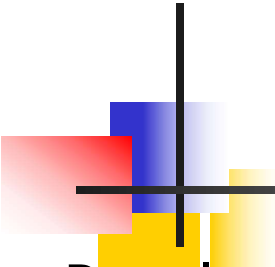


Définition de l'adhérence

Les **conditions de résistance** d'un élément en béton armé supposent que les armatures **ne glissent pas** à l'intérieur du béton. C'est **le phénomène d'adhérence** qui empêche ou limite ces glissements.

Cette adhérence est très importante lorsque **l'acier est convenablement enrobé par le béton**. Ce phénomène a un rôle capital car il permet **la transmission des efforts du béton à l'acier et inversement**.

L'ADHERENCE N'EST DONC PAS UN COLLAGE. C'est plutôt un phénomène mécanique lié à un phénomène **chimique** (liaison de la CaO avec la ferrite de l'acier pour former un film de rouille) et **physique** (frottements et contraintes de cisaillement).

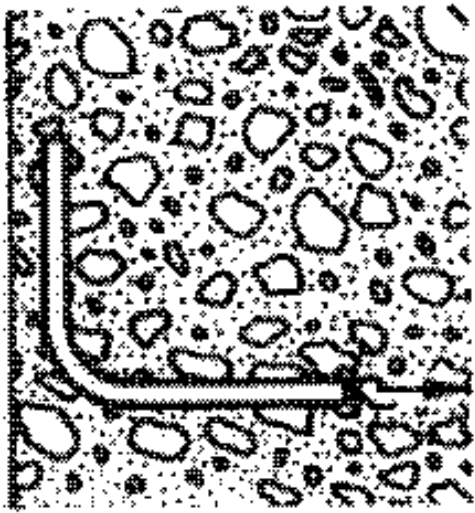


Pour les barres crénelées (H.A), il se produit l'effet de paroi, les grains de ciment et de sable vont combler ces aspérités. Alors que pour les barres lisses l'adhérence est considérée comme modérée.

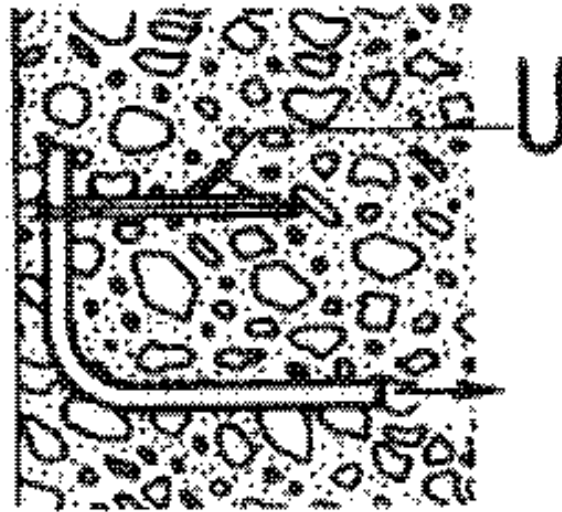
Les justifications à effectuer en ELU portent sur :

- la limitation de l'entraînement des armatures de façon à ne pas endommager le béton les entourant,
- les ancrages des extrémités de barres,
- les jonctions,
- les recouvrements,
- les coutures des barres.

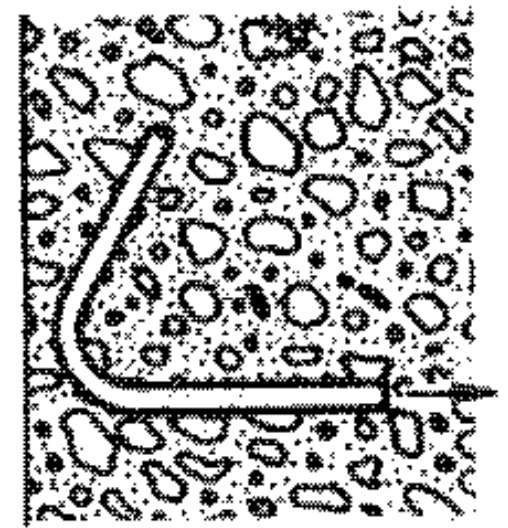
La transmission des efforts du béton aux armatures s'effectue par le phénomène d'adhérence mais aussi par la courbure des barres.



incorrect



correct

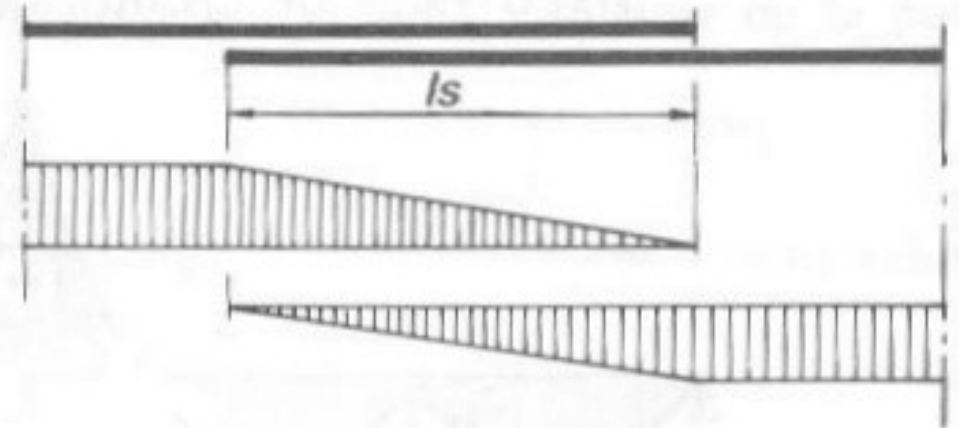


correct

Ancrage de barres d'acier dans le béton



Jonction de barres d'acier dans le béton

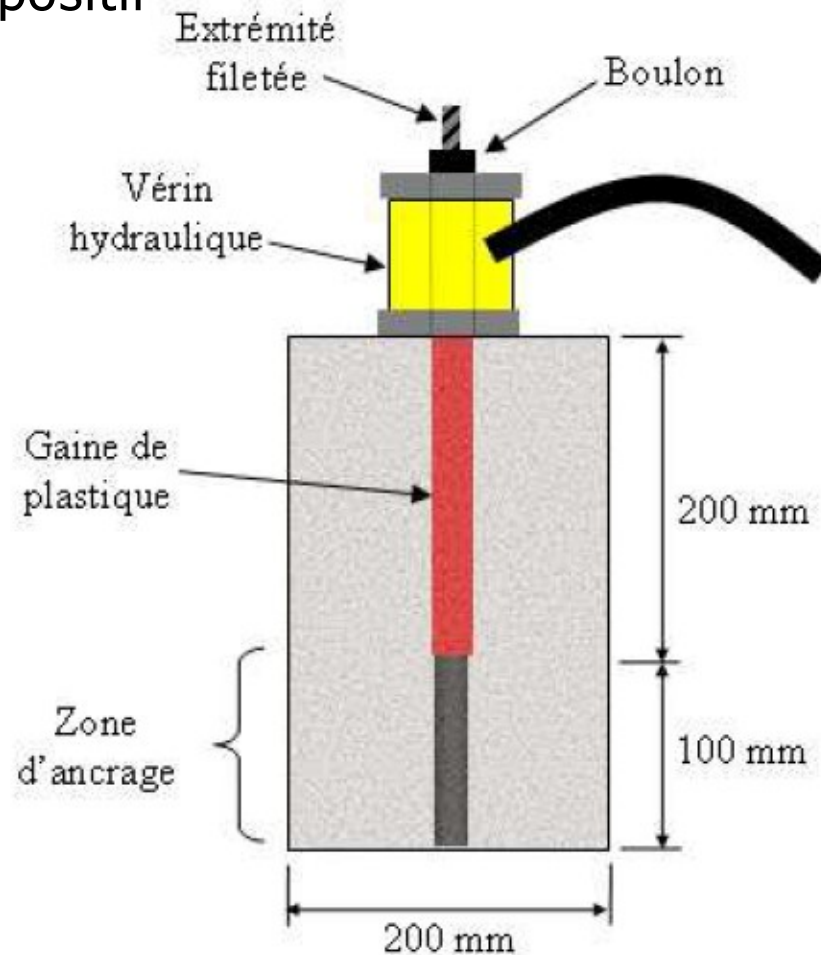


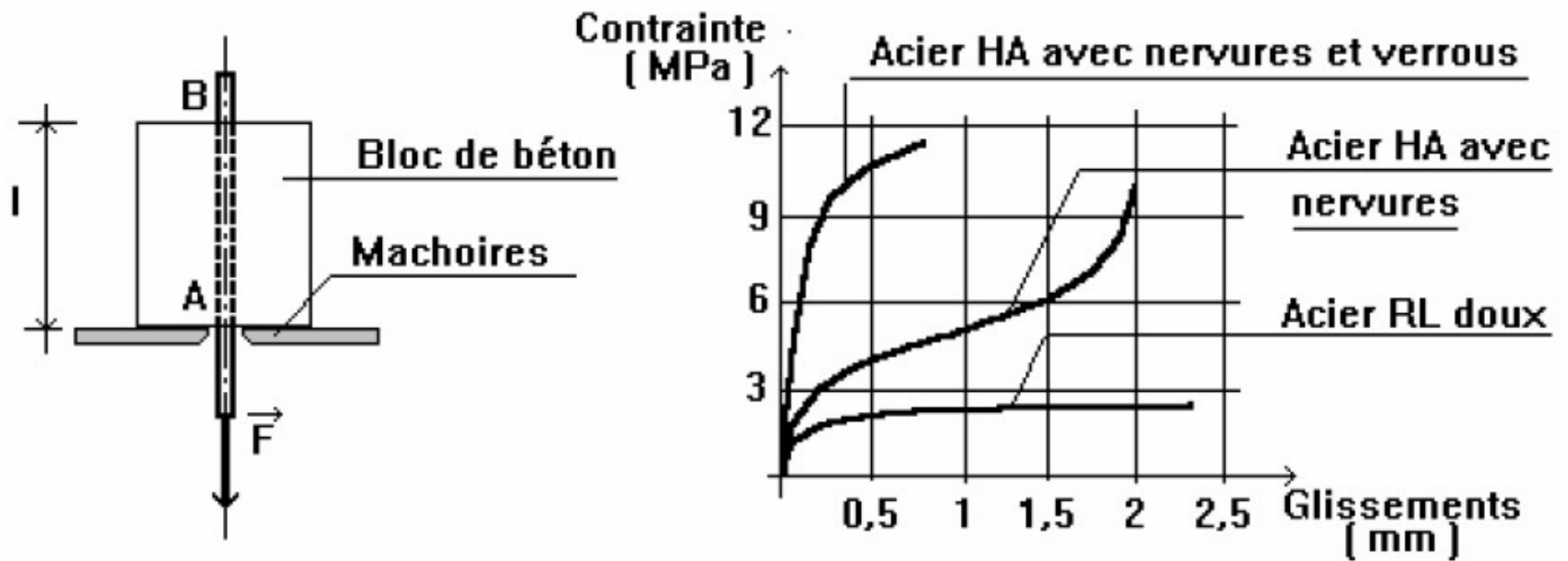
Recouvrement de barres d'acier

Essai d'arrachement d'une barre scellée

Il s'agit d'éprouver en traction une barre d'acier entourée par une éprouvette de béton avec le dispositif expérimental ci-contre :

La liaison entre le béton et l'acier est caractérisée par la résistance à l'arrachement de la barre sous l'effet de l'effort F .





Dans le cas d'un acier doux, il y a un glissement en A qui s'accroît rapidement à partir d'une contrainte d'environ 1MPa. La rupture, c'est à dire le glissement du point B, a lieu pour une valeur du glissement en A de 2,3 mm et une contrainte de 2,5 MPa.

Dans le cas d'une armature HA, la résistance à l'arrachement varie avec l'état de surface de la barre. Pour un acier uniquement nervuré, il y a une amorçage de glissement comme pour le RL qui est ensuite stoppée par les nervures vers 1,5mm et ces nervures permettent d'atteindre 10 MPa avant le glissement du point B.

Pour un acier avec des nervures et verrous, la résistance au glissement est beaucoup plus forte (environ 11MPa). On remarque aussi que le glissement de A est de l'ordre de 0,8mm lorsque B amorçage le sien.



Facteurs influant sur l'adhérence

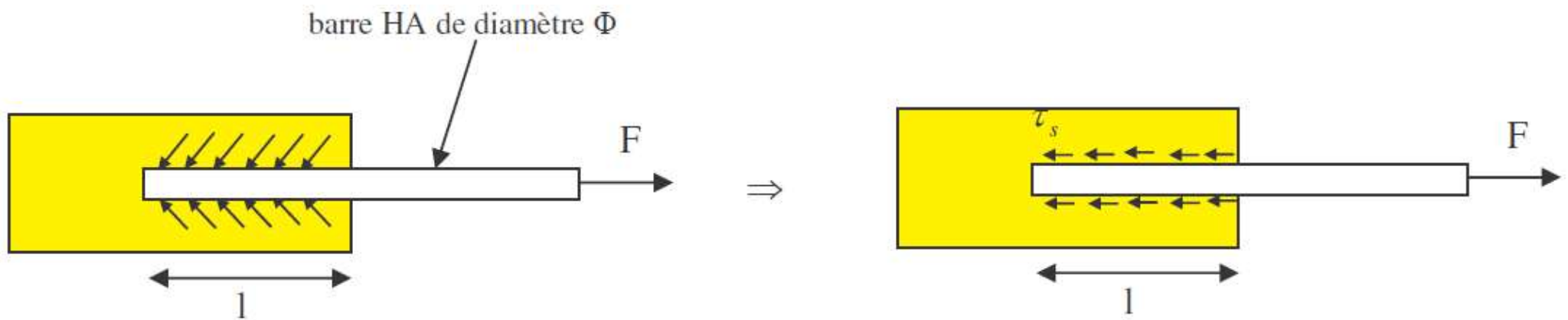
L'adhérence est favorisée par :

- ❑ **l'état de surface des aciers** : l'adhérence est améliorée lorsque la barre possède des nervures en saillies ou lorsque sa surface est rugueuse,
- ❑ **la qualité du béton d'enrobage** : en particulier le dosage et les conditions de vibration qui influent sur la compacité,
- ❑ **les soins apportés à la mise en œuvre** : il faut éviter par exemple que les gros granulats empêchent, par une création de voûte, la pâte de béton d'enrober les armatures. Il faut donc veiller à obtenir une bonne plasticité et une bonne vibration.

Contrainte d'adhérence

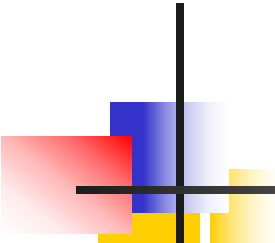
La liaison entre une armature et le béton est mesurée par la contrainte d'adhérence τ_s

Soit une barre rectiligne scellée dans un bloc de béton. Appliquons à cette barre un effort de traction F et étudions l'équilibre statique.



La barre est donc soumise :

- ✓ à l'effort de traction F ,
- ✓ à la contrainte d'adhérence τ_s correspondant aux efforts du béton incliné à 45° . La contrainte est constante sur toute la longueur l de la barre et est répartie tout autour de celle-ci, sur une surface égale à $\pi\phi$.



Le principe d'équilibre nous permet de dire que la contrainte d'adhérence s'oppose à l'effort de traction dans la barre donc :

$$F = \tau_s \cdot \pi \cdot \phi \cdot l$$

Ce qui donne :

$$\tau_s = \frac{F}{\pi \cdot \phi \cdot l}$$

La valeur limite de la contrainte d'adhérence intègre à la fois les caractéristiques de l'acier, avec le coefficient de scellement ψ_s , et celles du béton, avec sa résistance à la traction f_{tj} . Elle s'écrit:

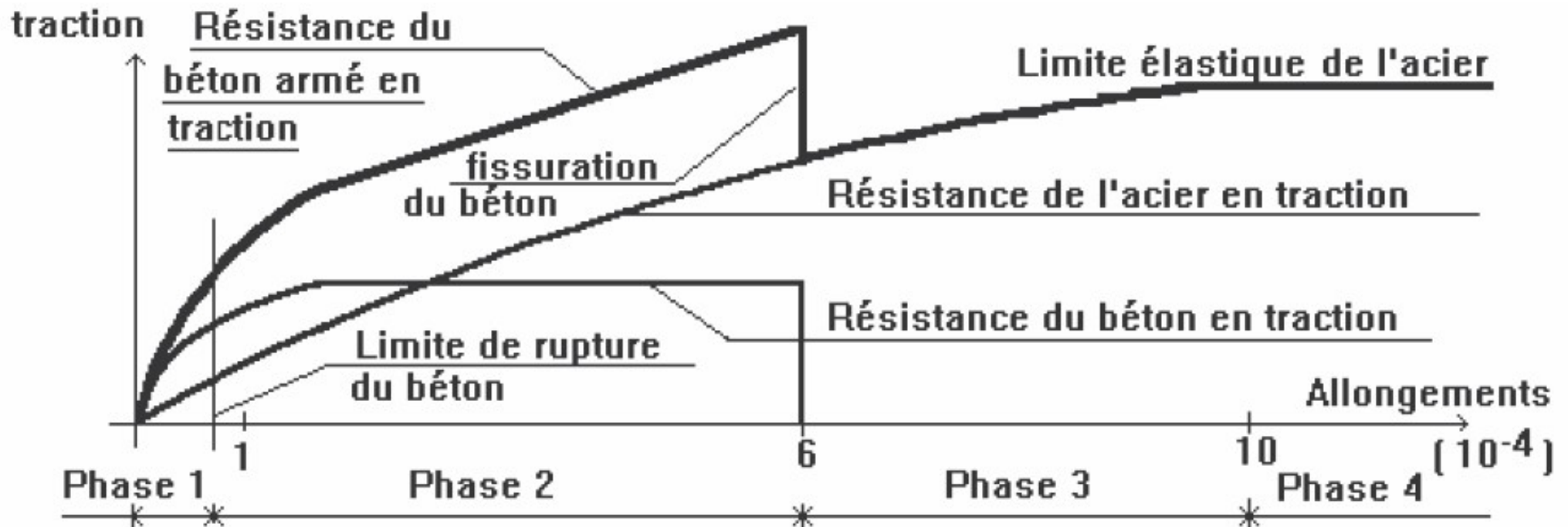
$$\tau_{su} = 0,6 \cdot \psi_s^2 \cdot f_{tj}$$

$\psi_s = 1$ pour les RL

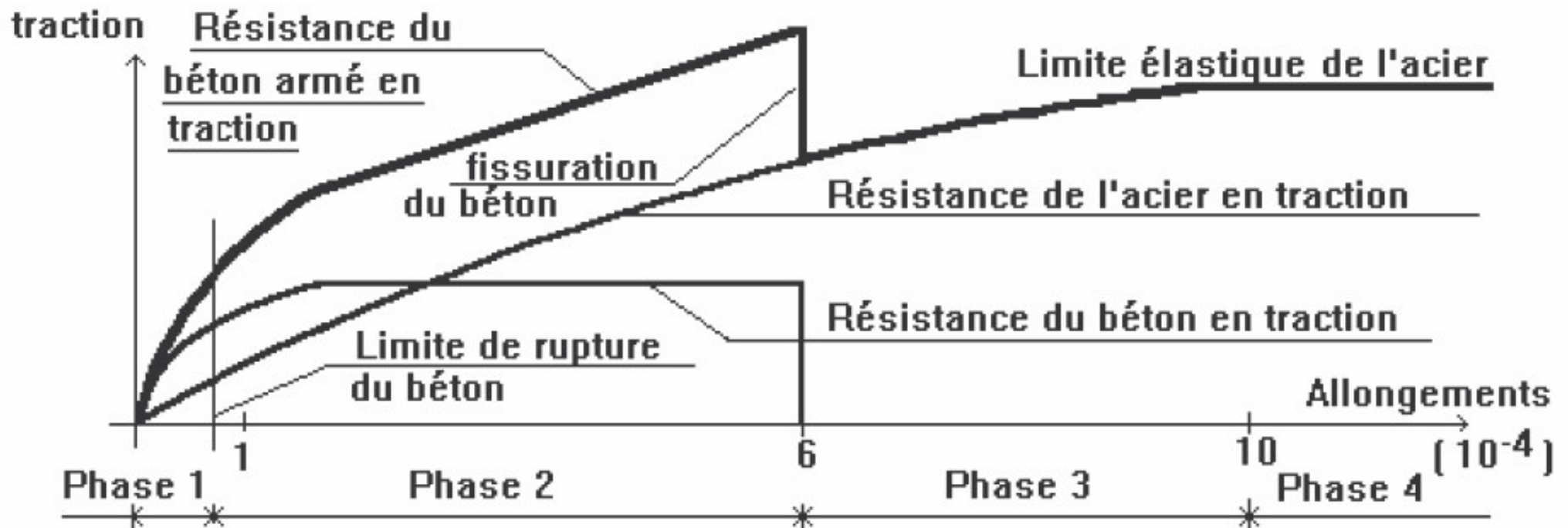
$\psi_s = 1,5$ pour les armatures HA

Comportement du béton et de l'acier – La fissuration

L'allongement de l'acier sous l'effet des tractions entraîne la fissuration du béton tendu. Quoique le béton est négligé dans les calculs, il n'en reste pas moins présent. On peut décomposer le comportement du béton armé dans la zone tendue en 4 phases:



- En $\textcircled{P} \nearrow \triangleleft \textcircled{S} \textcircled{O} 1$, le béton et l'acier travaillent ensemble puisque la résistance d'aucun des deux matériaux n'est épuisée.
- En $\textcircled{P} \nearrow \triangleleft \textcircled{S} \textcircled{O} 2$, la résistance du béton est dépassée mais ce dernier peut suivre l'acier de façon plastique.
- En $\textcircled{P} \nearrow \triangleleft \textcircled{S} \textcircled{O} 3$, le béton est au delà de sa rupture et est donc fissuré. Il ne peut donc plus suivre l'acier qui travaille seul.
- En $\textcircled{P} \nearrow \triangleleft \textcircled{S} \textcircled{O} 4$, la limite élastique de l'acier est dépassée ($10 \cdot 10^{-4}$). Nous ne pouvons pas faire travailler le matériau béton armé dans ce domaine.

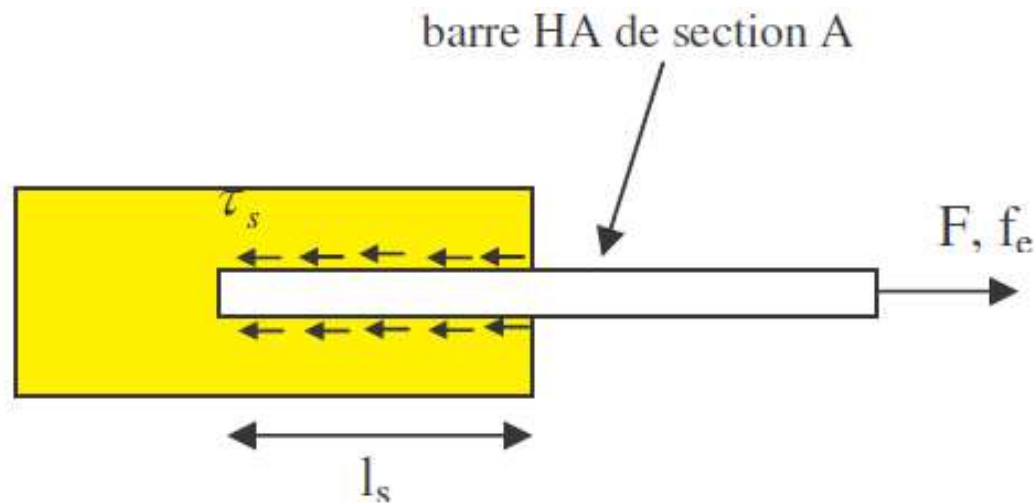


Les ancrages



Une barre est dite "ancrée" lorsque l'effort F de traction exercé sur cette barre est entièrement équilibré par l'adhérence entre le béton et l'acier dans la zone d'ancrage.

Par définition, nous désignerons par **l_s la longueur de scellement droit**, c'est à dire la longueur d'une barre de diamètre ϕ capable d'équilibrer avec une contrainte d'adhérence τ_{su} , l'effort F provoquant dans cette barre une contrainte de traction égale à la limite élastique de l'acier f_e .



Nous aurons donc:

$$F = f_e \cdot A = \frac{f_e \cdot \pi \phi^2}{4}$$

et
$$F = \tau_{su} \cdot \pi \cdot \phi \cdot l_s$$

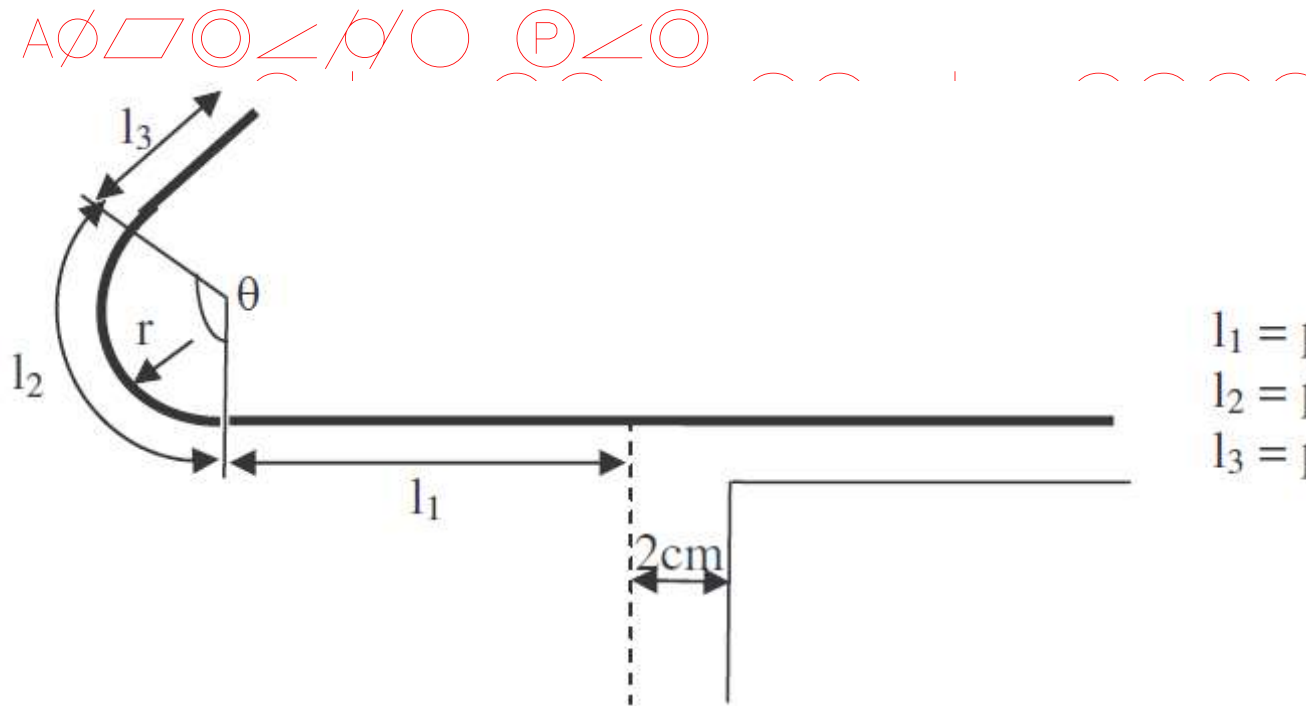
Ce qui donne :

$$l_s = \frac{\phi \cdot f_e}{4 \tau_{su}}$$

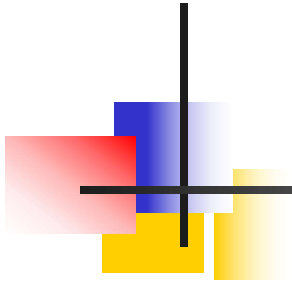
A défaut de calcul précis, le BAEL permet d'adopter les valeurs forfaitaires suivantes:

- $l_s = 40 \phi$ / pour les aciers HA Fe E 400 où $\psi_s = 1,5$
- $l_s = 50 \phi$ / pour les aciers HA Fe E 500 où $\psi_s = 1,5$

/pour les aciers RL Fe E 215 et Fe E 235



l_1 = portion d'ancrage rectiligne
 l_2 = portion d'ancrage courbe, de rayon r
 l_3 = portion d'ancrage rectiligne



Les valeurs minimales des rayons de courbure r sont recommandées :

✓ Pour les barres RL Fe E 215 et 235 :

$r = 3\phi$ pour les ancrages des armatures

$r = 2\phi$ pour les ancrages des cadres, étriers et épingles

✓ Pour les barres HA Fe E 400 et 500 : $r = 5,5\phi$

Les valeurs de l_3 en fonction de la courbure de l'acier :

✓ 5ϕ à la suite d'un arc de cercle de 180° ,

✓ 10ϕ à la suite d'un arc de cercle de 135° ,

✓ 15ϕ à la suite d'un arc de cercle de 90° .

Quant à l_1 , des dispositions constructives précisent : $l_1 \geq 3$ à 4ϕ