

Le béton armé – Principe et généralités

Le béton armé est un matériau très utilisé dans les constructions du BTP (bâtiments, routes, ouvrages d'arts...).

Son succès repose d'une part sur ses qualités de résistance, mais également sur les méthodes de mise en œuvre qui permettent d'obtenir des formes variées (selon les coffrages) répondant aux exigences architecturales les plus diverses. Enfin, le coût de fabrication et de mise en œuvre du béton armé est particulièrement compétitif.

1/ POURQUOI ARMER LE BETON ?

Lorsqu'une poutre en béton non armé est soumise à une sollicitation de flexion (fig 1), on constate rapidement l'apparition de fissures importantes dans la zone inférieure de la poutre.

Les contraintes de traction développées dans la zone tendue de la poutre sont trop importantes et le béton rompt.

Par ailleurs le béton résiste parfaitement aux contraintes de compression développées dans la zone supérieure de la poutre.

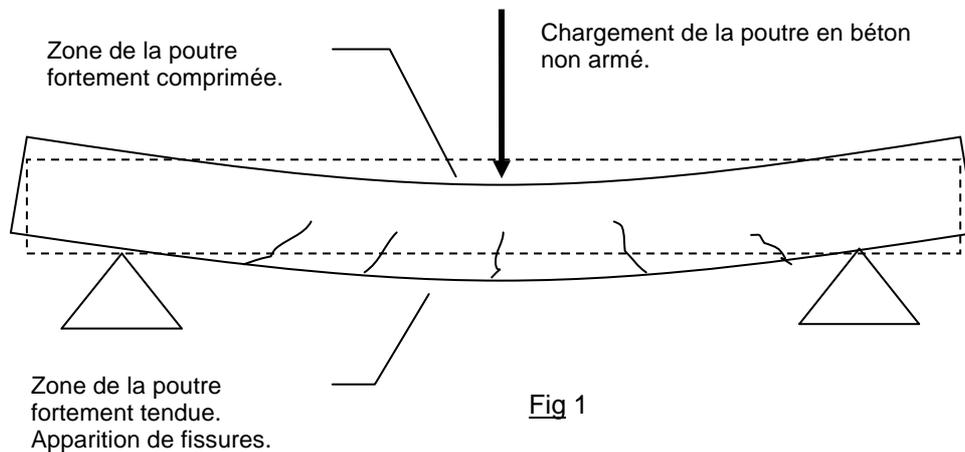


Fig 1

La solution consiste à renforcer la partie tendue de la poutre par des armatures capables de supporter les contraintes de traction présentes (fig 2).

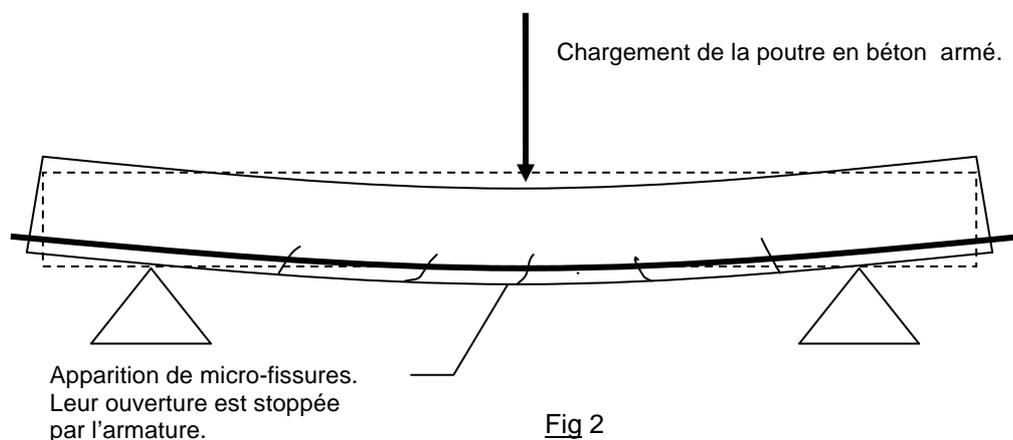


Fig 2

Cette association du béton et de l'armature ne peut fonctionner que s'il existe une parfaite adhérence entre les deux matériaux. Si l'armature est lisse et graissée, la poutre se comporte comme une poutre de béton seul.

Le béton armé est un matériau composite constitué de béton et d'armatures, généralement métalliques (treillis soudé ou barres). Son utilisation est relativement récente, les premières applications datent du XIX^{ème} siècle :

LAMBOT propose une barque en ciment armé en 1848 et MONIER élabore des caisses horticoles en ciment armé en 1849.

Les premières applications du béton armé au bâtiment sont dues à COIGNET (fers profilés noyés dans le béton en 1852) et HENNEBIQUE qui, à partir de formules simples, réalise les projets les plus divers :

- première dalle en béton armé de fer ronds (1880),
- poutre avec étriers (1892),
- pont route de Châtelleraut (1898),
- premier immeuble en béton armé, rue Danton à Paris (1900)

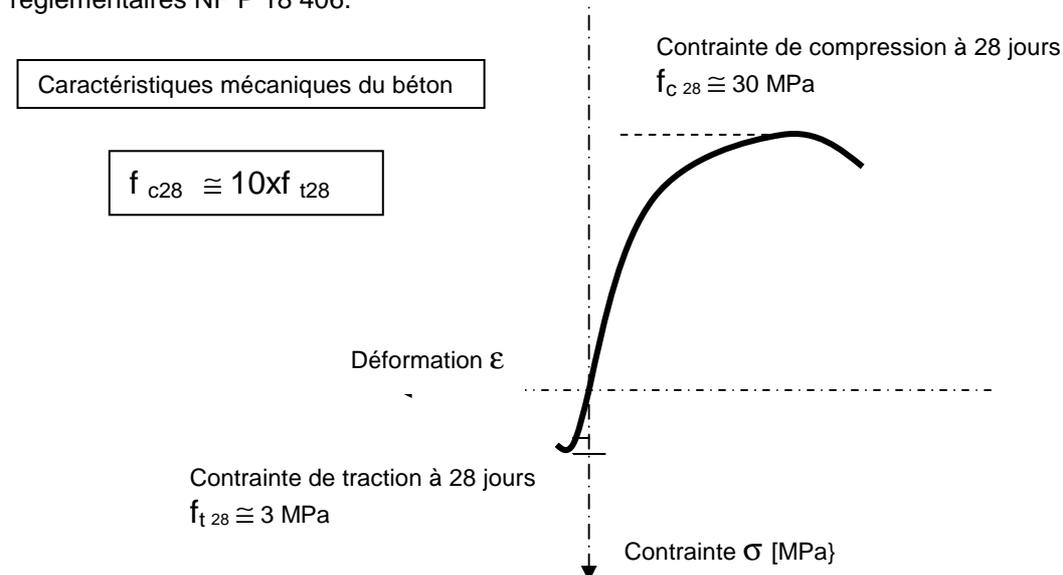
Le premier cours de béton armé est donné à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées en 1898 et le premier règlement français de calcul des ouvrages en béton armé paraît en 1906.

Le BAEL91 (Béton Armé aux Etats Limites) est le dernier règlement en vigueur avant la parution de l'Eurocode 2.

2/ CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

2.1/ Caractéristiques mécaniques du béton.

Selon le dosage de ses constituants et la qualité de sa mise en œuvre, le béton est caractérisé par sa résistance à la compression à 28 jours f_{c28} (âge du durcissement complet d'un béton) par essais réglementaires NF P 18 406.



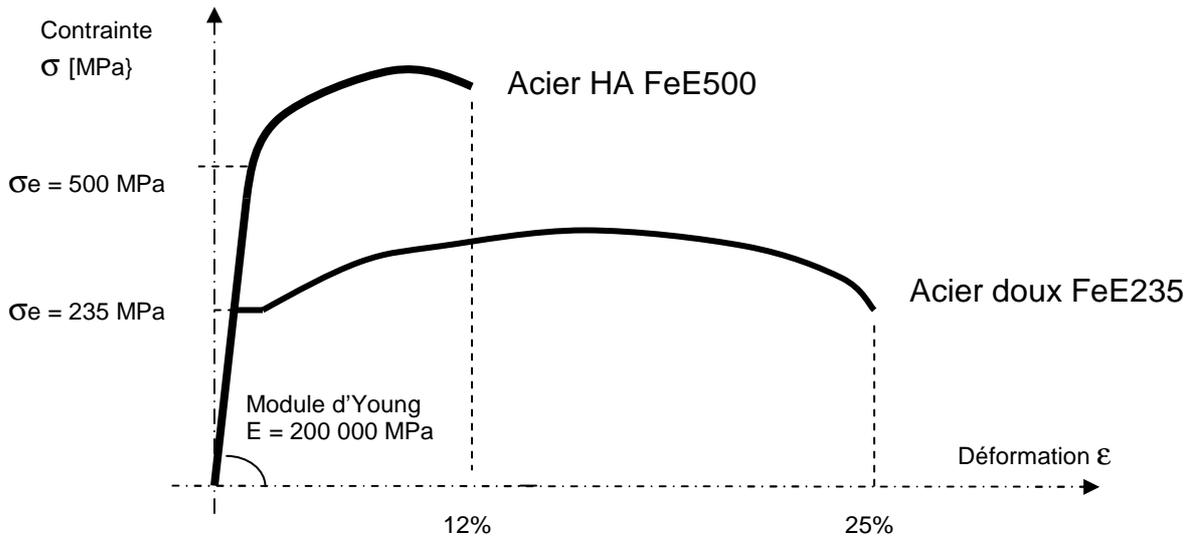
2.2/ Caractéristiques mécaniques des aciers pour béton armé

Les spécifications concernant les aciers pour béton armé sont détaillées dans les normes NF A 35 015 (barres lisses), NF A 35 016 (aciers à haute adhérence) et NF A 35 022 (treillis soudés).

Les aciers à béton sont désignés par :

- leur limite élastique σ_e en [Mpa],
- leur nuance, doux ou dur,
- leur état de surface (lisse ou à haute adhérence),
- leur diamètre.

Caractéristiques mécaniques des aciers à béton



NUANCE	Acier doux Lisse Ø	Acier dur Haute Adhérence HA	Treillis soudé Fils lisses		Treillis soudé Haute adhérence
			Ø>6mm	Ø<6mm	
DESIGNATION	FeE 215 FeE 235	FeE 400 FeE 500	TSL 500	TSL 520	TSHA 500
UTILISATION	Aciers transversaux	Aciers longitudinaux	Dalles, dallages, voiles		

*Les valeurs exprimées représentent la limite élastique de ces aciers.

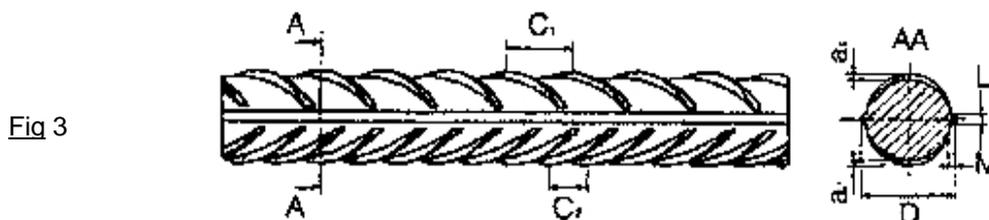
Les aciers en barres sont proposés en longueurs de 6, 12 ou 15 m selon des diamètres normalisés:

6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 32 et 40 mm

3/ CONDITIONS D'ADHERENCE ACIER-BETON

Le principe du béton armé repose sur une parfaite adhérence entre les deux matériaux. Lorsque les efforts dans les armatures sont importants, l'utilisation d'armatures à haute adhérence HA est alors indispensable pour éviter le glissement de celle-ci dans le béton. C'est le cas des armatures dites longitudinales.

Les barres HA comportent des reliefs améliorant considérablement l'adhérence acier-béton nécessaire au fonctionnement du BA (fig 3).

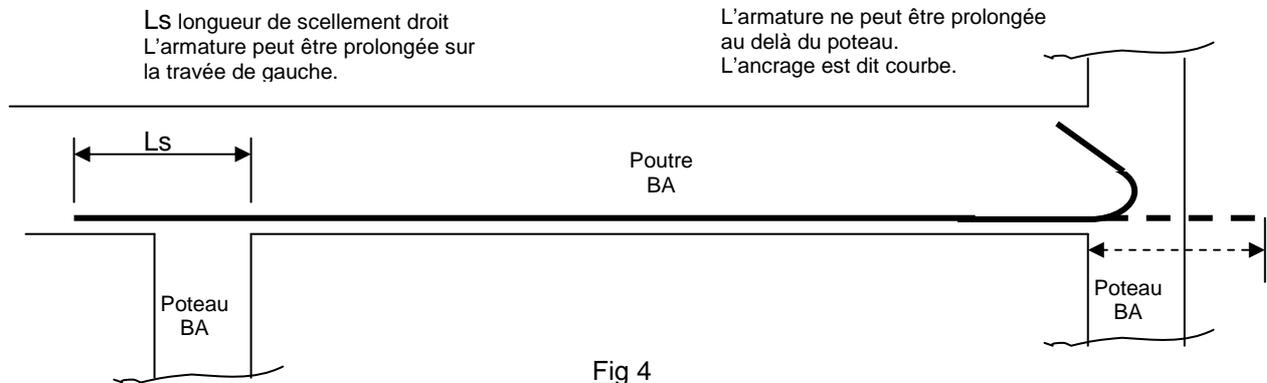


La forme des verrous permet d'identifier la soudabilité des armatures (obliques en forme de croissants).

3/1 Ancrage des armatures

L'adhérence acier-béton est obtenue en partie courante par l'état de surface des armatures (HA). Aux extrémités l'adhérence est obtenue par une surlongueur appelée longueur de scellement L_s .

En pratique cette surlongueur n'est pas toujours réalisable. L'ancrage des armatures peut alors être courbe (fig 4).



Longueur de scellement droit - L_s

Le BAEL91 (art A 6 1 1221) fixe la longueur de scellement droit en fonction de la résistance à la compression du béton, de la nuance et du diamètre \varnothing de l'armature. On retient les valeurs forfaitaires suivantes :

Acier lisses FeE235

$L_s = 50 \varnothing_{\text{barre}}$

Acier HA FeE500

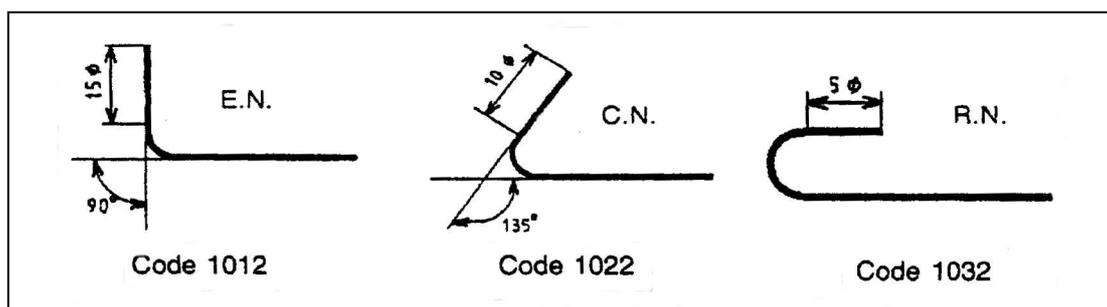
$L_s = 40 \varnothing_{\text{barre}}$

Ancrages courbes

Les courbures normalisées retenues réglementairement sont les suivantes (fig 5) :

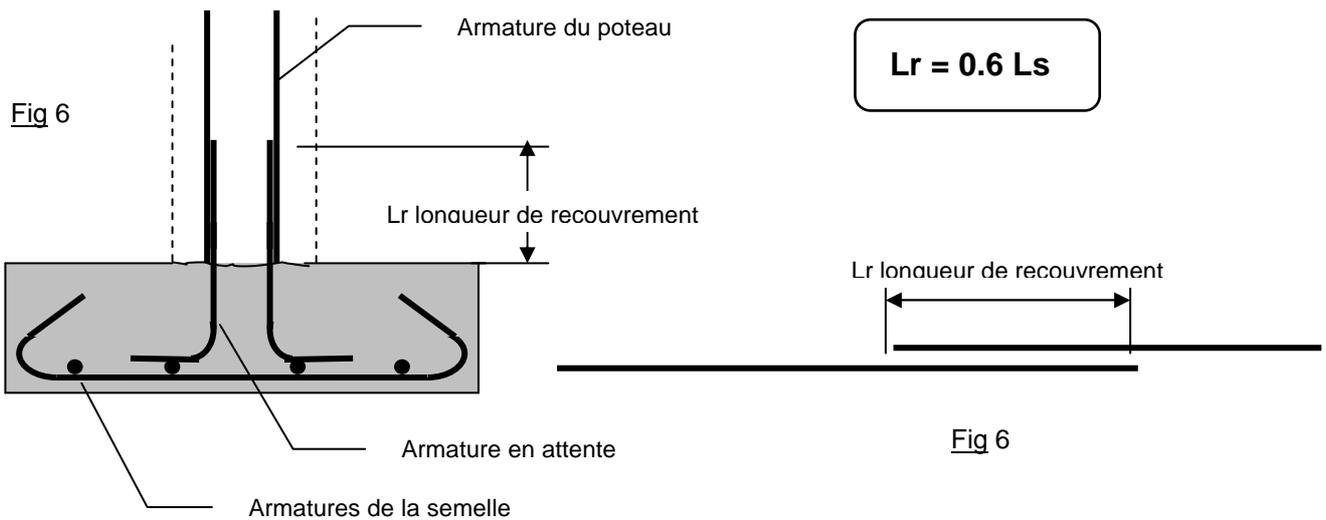
E.N Equerre Normalisée,
C.N Crochet Normalisé,
R.N Retour Normalisé,

Fig 5



Recouvrement des armatures - L_r

Pour transmettre correctement les efforts, les barres ne peuvent être positionnées bout à bout. C'est le cas au niveau des reprises de bétonnage ou des éléments de dimension supérieure à celle des barres. La liaison des armatures est effectuée par recouvrement (fig 6).



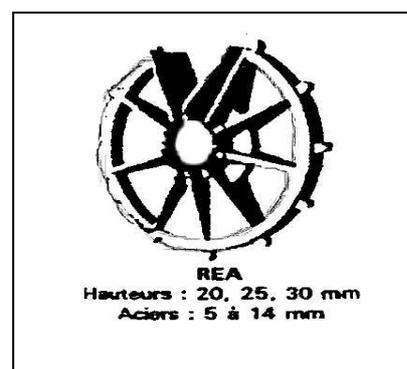
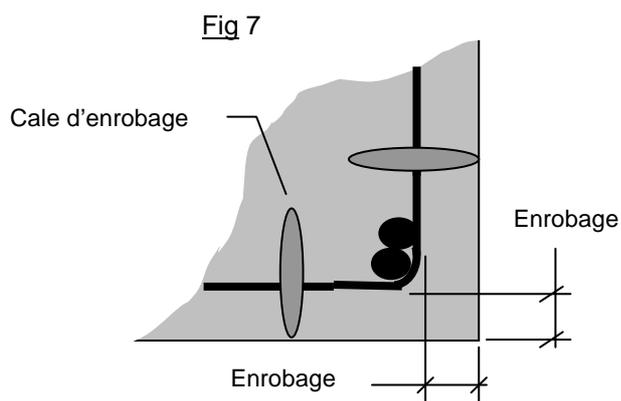
4/ PROTECTION DES ARMATURES

La corrosion des armatures est un phénomène d'oxydo-réduction qui une fois déclenché conduit à la ruine des structures. Le béton est un matériau basique qui offre une protection naturelle des armatures, dans la mesure où celles-ci sont convenablement enrobées de béton.

L'enrobage des armatures est contrôlé par la mise en œuvre de cales d'écartement (fig 7).

Enrobage des armatures

- **5 cm** : ouvrages en environnement très corrosif (bord de mer, fondations...)
- **3 cm** : ouvrages en environnement extérieur
- **1cm** : ouvrages intérieurs non exposés aux condensations

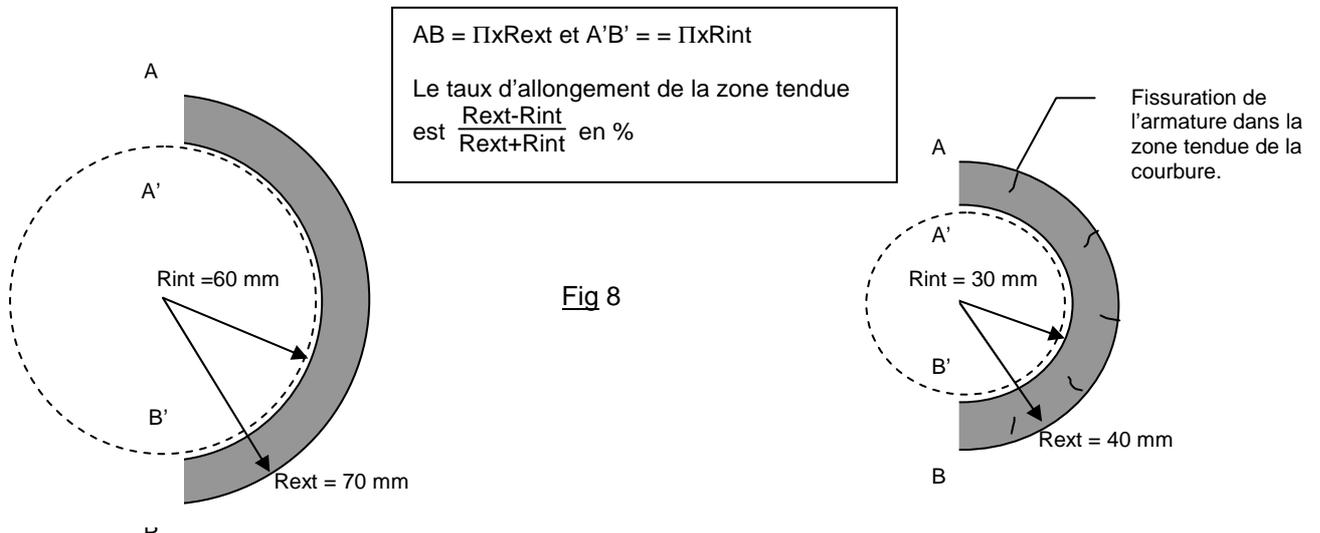


Cales d'écartement plastique

5/ CONDITIONS DE FACONNAGE DES ARMATURES

La conception du ferrailage d'un élément en béton armé doit tenir compte d'impératifs techniques liés aux conditions de façonnage et de positionnement des armatures dans le coffrage.

Le risque principal lors du façonnage est la plastification excessive des armatures et leur rupture éventuelle, une fois les charges appliquées à l'élément en béton armé (fig 8).



Pour une armature HA de 10 mm et un mandrin de 60 mm
Le taux d'allongement de la zone tendue est 8%, l'acier est plastifié mais sans fissures.

Pour une armature HA de 10 mm et un mandrin de 30 mm
Le taux d'allongement de la zone tendue est 14% ce qui est supérieur à l'allongement à rupture d'un acier FeE 500 (12%), l'acier est fissuré.

On retient comme valeurs simples, les rayons de cintrage minimum des mandrins pour le façonnage des armatures :

Acier lisses FeE235

$$R_{\text{mandrin}} \geq 3 \varnothing_{\text{barre}}$$

Acier HA FeE500

$$R_{\text{mandrin}} \geq 5.5 \varnothing_{\text{barre}}$$

Quelque soit la forme à façonner, les longueurs droites des éléments doivent être au moins égales à (fig 9) :

$$5 \varnothing_{\text{barre}}$$

