



Armatures plates : des ouvrages en béton armé à plus faible impact environnemental

Août 2020

Les aciers plats (ECO-STEEL®) permettent une plus grande simplicité de conception des cages d'armatures, un dimensionnement et une durabilité optimisés, ainsi qu'une économie de béton et d'acier. A condition d'exploiter au mieux le calcul de leurs caractéristiques recommandé par les normes qui leur sont consacrées.

Pourquoi ne pas utiliser des aciers plats ? Quels pourraient être leurs avantages, leurs inconvénients ? Pourquoi ne pas disposer de verrous pour en améliorer l'adhérence ? Et pourquoi ne pas réaliser les verrous avec des pas variables pour forcer les fissures à se produire selon un pas donné ? Autant de questions que s'est posé Marcel Matière, le « perpétuel innovateur ». Résultat : une innovation pour la réalisation d'ouvrages en **béton armé** qui permet de diminuer les quantités d'armatures de béton, et donc de réduire leurs impacts environnementaux.

Un nouveau concept d'armature

Un peu d'histoire

Le **béton armé** a été inventé et utilisé au milieu du XIX^e siècle, d'abord avec une barque réalisée par Joseph Lambot en 1848 (et dont deux exemplaires existent encore), puis avec des caisses de jardin réalisées par Joseph Monnier. L'idée d'alors était de remplacer des ouvrages en bois par des ouvrages imputrescibles.

Les **armatures** utilisées à l'époque provenaient de ce que l'on trouvait sur le marché : des plats lisses en acier doux.

Pour répondre au développement des constructions en béton armé, grâce à Edmond Coignet, Armand Considère, François Hennebique et d'autres, à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle, les sidérurgistes ont créé des aciers lisses, propres à l'usage du béton armé, plats d'abord, puis ronds jusqu'à la fin des années 1950.

L'adhérence entre l'acier et le béton, d'abord niée par des précurseurs du béton armé tels que Paul Cottencin (1889), a ensuite été améliorée par un changement de forme, avec des aciers torsadés (Caron), puis par la réalisation de reliefs en surface des armatures (aciers Tor, Tentor, Nersid).

Depuis de nombreuses années, sont utilisées quasi exclusivement des armatures de **section** circulaire profilées à froid ou laminées à chaud comportant des reliefs (verrous) ou des creux (empreintes).

Un nouveau concept

Un nouveau concept a été imaginé ces dernières années par Marcel Matière. Il s'agit d'aciers plats, crantés, soudables à adhérence variable (**norme** XP A 35-026).

Sa mise au point s'est faite progressivement en deux temps :

- d'abord en validant les avantages apportés par la géométrie de forme des aciers plats par rapport aux aciers ronds ;
- puis en optimisant la géométrie de surface de l'acier et les conditions d'adhérence de forme : aciers plats lisses, puis aciers plats avec crantage avec des pas réguliers de verrous ou avec des pas variables.

« Le fer résistant à l'extension et le béton à la **compression** on constitue par la combinaison de 2 matières un ensemble **homogène** dans d'excellentes conditions. » Edmond Coignet, 1889.

Avantages des aciers plats

Simplicité de conception des cages d'armatures :

- aciers plats plus faciles à cintrer : mandrin plus petit, moindre inertie ;
- encombrement réduit dans le plan parallèle au petit côté du plat ;
- suppression des crosses d'extrémité par utilisation de vrilles.

Dimensionnement et durabilité optimisés :

- enrobage à l'axe plus faible d'où un plus grand bras de levier ;
- meilleur rapport périmètre sur section d'où une meilleure résistance au glissement acier-béton ;
- fissuration corrosive n'apparaissant que sous plus fortes charges ;
- grande ductilité : plus grande absorption d'énergie en sollicitations sismiques ;
- contrôle de la fissuration par alternance de zones crantées et de zones lisses.

Économie de béton et d'acier :

- bras de levier plus grand ;
- limite élastique 550 MPa ou 600 MPa au lieu de 500 ;
- longueur d'ancrage diminuée de 25 % ;
- meilleur ajustement des quantités d'acier par rapport aux aciers strictement nécessaires déterminés par le calcul.

Plus faible empreinte environnementale des ouvrages :

- gain sur les quantités de béton et d'acier ;
- réduction des impacts environnementaux ;
- amélioration du bilan carbone.

Caractéristiques des aciers plats

Adhérence de forme des aciers plats

Elle est obtenue par la réalisation de verrous semblables à ceux des aciers ronds.

Le respect des dimensions des verrous (crantage), conformément à la **norme** NF EN 10080 et à la norme expérimentale XP A 35-026, permet de prendre en compte la même **contrainte** d'adhérence du **béton**.

Nota : Une bonne adhérence de forme peut aussi être obtenue par vrillage d'une extrémité pour assurer un **ancrage**

Des essais ont montré qu'un vrillage à 90° assurait un ancrage total d'une barre plate crantée.

Comme le périmètre rapporté à la **section** est plus grand avec des barres plates qu'avec des barres rondes, la longueur d'ancrage, pour un même effort à transmettre, est plus faible avec des aciers plats.

Compte tenu du respect des critères dimensionnels des verrous et empreintes conformément à la norme NF EN 10080, les longueurs d'ancrage sont à calculer suivant l'équation (8.2) de l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1) :

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} \quad (8.2)$$

en retenant un coefficient $\eta_1 = 1$ dans les bonnes conditions d'adhérence ou $\eta_1 = 0,7$ en conditions d'adhérence médiocres.

Le coefficient η_2 est pris égal à 1, les dimensions transversales des aciers plats ne justifiant pas de diminuer cette valeur.

Les résultats d'essais d'arrachement (pull-out) montrent que la longueur d'ancrage correspondant à la rupture

d'adhérence est au moins aussi bonne que celle de barres rondes.

Provisoirement et à titre de sécurité, on retiendra le même coefficient 2,25 pour l'expression (8.2).

Des essais ultérieurs pourraient permettre de modifier éventuellement cette valeur à la hausse.

A section égale, la longueur d'ancrage est diminuée de 25 % pour un acier plat.

Encombrement des armatures transversales

Les armatures transversales destinées à reprendre l'effort tranchant n'ont pas besoin d'entourer les armatures principales longitudinales. Il suffit qu'elles leur soient liées, par une soudure par exemple.

Diamètres de cintrage et encombrement des crochets

La condition de non-détérioration de l'acier du tableau (8.1) de l'Eurocode 2 conduit, pour des diamètres ou épaisseurs de plats inférieurs à 16 mm, à respecter la condition du tableau suivant pour le diamètre de cintrage.

Pour respecter la condition de non-écrasement du béton, le diamètre de cintrage doit satisfaire l'équation (8.1) de l'Eurocode 2.

On constate que l'encombrement des crochets est nettement moindre pour les aciers plats que pour les aciers ronds.

Études et essais

Les aciers plats et leurs applications ont fait l'objet de nombreuses études :

- travaux de fin d'études d'élèves-ingénieurs de Polytech-Clermont pendant 6 ans ;
- essais de comportement des aciers plats lisses, puis crantés : allongement, ductilité, limite élastique, pliages, ancrages dans le béton sous forme linéaire, crochets ou vrilles ;
- essais comparatifs de tirant, de dalles, de poutres, de cadres fermés (dalots) en béton armé avec des aciers ronds et des aciers plats et examen de la fissuration (nombre et mesures des ouvertures) en fonction des charges appliquées ; essais pratiqués à l'entreprise Matière et à Polytech-Clermont ;
- étude par l'IFSTTAR, modélisation numérique de l'interface acier-béton ; application au comportement des structures en béton, tirants et poutres dalles renforcés par des aciers plats crantés (thèse Song, nov. 2012).

Des résultats de ces essais et études, il en a résulté les enseignements suivants :

- le mode de laminage des aciers plats permet, à partir d'une même source d'approvisionnement d'acier brut, d'obtenir une limite élastique de 10 % à 20 % supérieure à celle obtenue pour des aciers ronds ;
- les éléments soumis à de la flexion (dalles, poutres) ont une ductilité nettement supérieure à ceux armés d'aciers ronds ;
- les fissures dues à la flexion sont moins importantes que celles correspondant aux éléments armés d'aciers ronds dans la gamme 0,2 mm - 0,45 mm, largeurs de fissures qui sont susceptibles d'entraîner la corrosion ; même si les fissures apparaissent avant celles des aciers ronds, elles restent dans le domaine sécuritaire (on admet généralement qu'il n'y a pas de risque de corrosion à moins de 0,2 mm).

Auteur

Patrick Guiraud



Retrouvez toutes nos publications
sur les ciments et bétons sur
infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet