



Des bétons prêts à l'emploi innovants

Partie 2 (*) : le béton **renforcé de fibres**

L'emploi du béton renforcé de macrofibres structurales permet de se passer totalement ou partiellement des barres d'armature traditionnelles et donc de réduire considérablement le travail sur chantier, puisque les armatures et le béton sont mis en œuvre simultanément. Il en résulte évidemment une hausse significative du rendement. Ce type de béton est idéal pour des applications ne nécessitant pas de grandes quantités de treillis, telles que semelles de fondation, dalles, murs de cave, couches de compression sur hourdis ou prédalles, etc.

1 Spécification du béton renforcé de fibres

Le prescripteur ne peut se contenter de spécifier un dosage particulier en fibres (kg/m^3), car les propriétés finales du matériau dépendent autant du type de fibres utilisées que des caractéristiques du béton.

Bien que la prescription sur la base du seul dosage en fibres soit encore très courante en pratique, il est recommandé de spécifier plutôt une performance déterminée (en termes de résistance résiduelle en traction par flexion) et ce, en concertation avec le bureau d'études et le fournisseur du béton.

Ainsi, il existe actuellement deux méthodes pour prescrire un béton renforcé de fibres :

- la première consiste à mentionner la clas-

se de ductilité

- la seconde, à spécifier le type et la quantité de fibres.

Pour la première méthode, étant donné que les normes NBN EN 206 [2] et NBN B 15-001 [1] ne définissent pas de classes de ductilité en flexion, celle-ci peut être garantie par un nouvel agrément technique (ATG, voir plus loin). Même si ce système est voué à disparaître, il existe encore à l'heure actuelle un cas particulier où la recette du béton et la ductilité sont couvertes par une attestation de conformité complémentaire approuvée par le Comité de direction 'Béton' de l'organisme certificateur. Dans ce cas de figure, il n'est pas non plus obligatoire de mentionner le type et la quantité de fibres sur le bon de livraison (mais la ductilité doit être garantie).

1.1 Option 1 : spécification d'une performance

Dans les applications structurales, la contribution du béton renforcé de fibres (en termes de résistance résiduelle en traction par flexion ou de ductilité en flexion) peut être calculée avec précision et peut donc être stipulée dans la commande. Etant donné que ces caractéristiques peuvent être garanties par le fournisseur du béton, cette contribution peut également être reprise dans les calculs de stabilité.

La spécification d'une performance se révèle surtout utile lorsqu'on compte sur un moment de flexion résistant particulier ou sur une limitation de l'ouverture de fissuration. Dans ce cas, la combinaison béton/fibres envisagée est caractérisée

1| Les fibres constituent un moyen idéal de remplacer tout ou partie des armatures traditionnelles.



(*) La 1^e partie de cet article traite du béton à base de granulats recyclés (Les Dossiers du CSTC 2014/2.15), la 3^e du béton autocompactant (Les Dossiers du CSTC 2014/2.17).

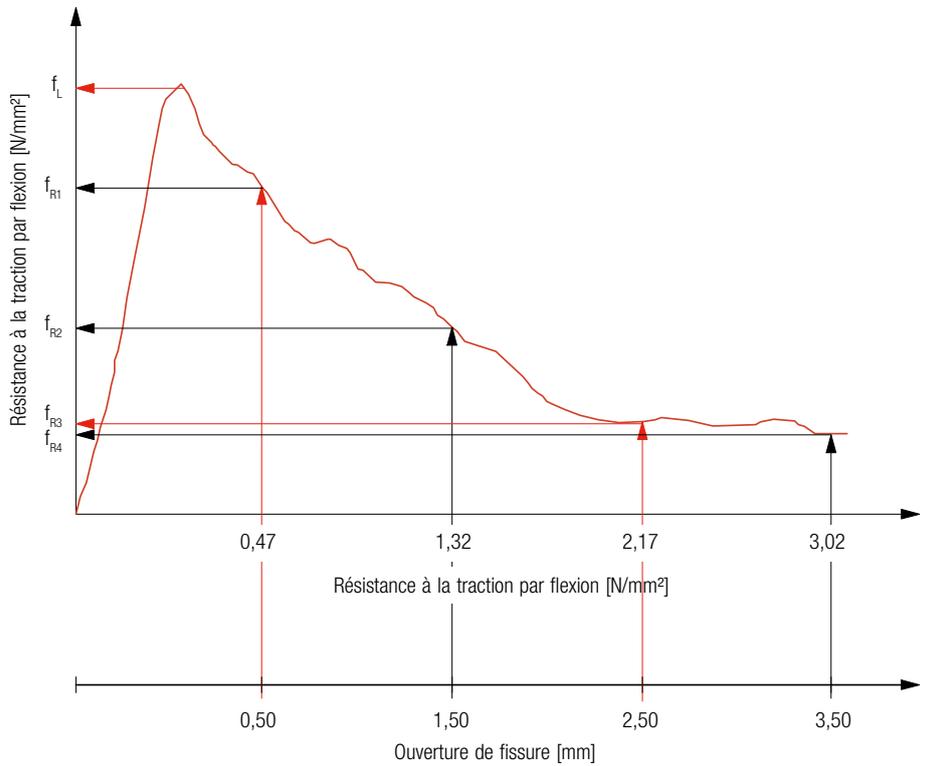
en laboratoire par des essais de flexion sur prismes permettant d'établir des diagrammes de résistance à la flexion en fonction de l'ouverture de fissure ou de la flèche. La résistance (résiduelle) en traction par flexion pour une flèche ou une ouverture de fissure donnée – autrement dit, le comportement après fissuration – est déterminante pour les propriétés mécaniques du béton de fibres et constitue dès lors la base des calculs de stabilité. A la figure 2, l'aire située sous la courbe montre la quantité d'énergie pouvant être absorbée par un béton renforcé de fibres. Les résistances résiduelles en traction par flexion pour une ouverture de fissure de 0,5 et de 2,5 mm sont souvent mises en évidence dans les calculs aux états limites de service (fissuration, par exemple) ou aux états limites ultimes (moment fléchissant maximum à reprendre, par exemple) respectivement.

1.2 Option 2 : spécification du dosage en fibres

Sur indication de la centrale à béton ou du fournisseur des fibres, un dosage spécifique en fibres peut être préconisé en fonction de l'application. En principe, il s'agit d'ouvrages non structuraux et non fondés sur le calcul, puisqu'on ignore la contribution postfissuration effective du béton. La prescription d'un dosage vise essentiellement à empêcher une fissuration excessive, mais ne permet pas de se prononcer sur l'ouverture effective des fissures.

La spécification d'un béton renforcé de fibres s'effectue conformément aux normes NBN EN 206 [2] et NBN B 15-001 [1]. Le tableau ci-dessous précise les exigences de base (A-D) et les exigences complémentaires (E). Il convient dans tous les cas d'informer la centrale que le béton concerné est un béton renforcé de fibres, même si l'ajout des fibres s'effectue sur chantier.

2 | Caractérisation de la contribution du béton renforcé de fibres pour des applications structurales.



f_L = résistance maximale en traction par flexion dans la plage de fissuration de 0 à 0,05 mm
 f_{R1} = résistance résiduelle en traction par flexion pour une ouverture de fissure de 0,50 mm (MPa)
 f_{R2} = résistance résiduelle en traction par flexion pour une ouverture de fissure de 1,50 mm (MPa)
 f_{R3} = résistance résiduelle en traction par flexion pour une ouverture de fissure de 2,50 mm (MPa)
 f_{R4} = résistance résiduelle en traction par flexion pour une ouverture de fissure de 3,50 mm (MPa)

2 Certification

Le béton peut conserver sa certification BENOR pour autant que les fibres utilisées bénéficient d'un agrément technique (ATG) et qu'elles soient incorporées à l'unité de production. Plusieurs dizaines de types de fibres commercialisées possèdent d'ores et déjà un agrément technique (ATG). Comme précisé plus haut, la ductilité en flexion peut désormais également être couverte par un

ATG spécifique. Le bon de livraison devra dès lors mentionner si cette ductilité est garantie (et si on peut donc compter sur les propriétés postfissuration du béton de fibres).

Le contrôle du dosage en fibres est essentiel et est généralement recommandé pour chaque livraison. Pour un béton renforcé de fibres d'acier, le principe adopté par la norme NBN EN 14721 [3] est relativement simple : on prélève un échantillon de béton frais dont on

Spécification du béton renforcé de fibres selon les normes NBN EN 206 et NBN B 15-001.

| A | B | C | D | E |
|-------------------------------------|--|-----------------------|--|--|
| Classe de résistance en compression | Domaine d'utilisation et classe d'environnement | Classe de consistance | Diamètre nominal maximal | Exigences complémentaires |
| En général C25/30 ou C30/37 | Béton armé (BA) Toutes les classes d'environnement sont possibles | En général, S3 ou S4 | Le diamètre nominal maximal doit être limité en fonction du dosage en fibres et de la longueur des fibres. | Courbe granulométrique adaptée Quantités de fibres Résistance garantie en traction par flexion |



3 | Contrôle ponctuel du dosage en fibres d'acier sur chantier.



N. Cauberg, ir., chef du laboratoire Structures, CSTC
P. Van Itterbeeck, dr. ir. arch., chef de projet,
laboratoire Structures, CSTC
B. Parmentier, ir., chef de la division Structures, CSTC

Parution : août 2014

Cette Infofiche a été élaborée dans le cadre du projet 'Stortkaar beton voor de toekomst', avec le soutien de Vlaanderen in Actie (ViA) et de l'Agentschap Ondernemen.

Des informations plus détaillées concernant ce projet peuvent être consultées sur le site Internet www.betonica.be/stortbeton.

extrait les fibres (au moyen d'un aimant, par exemple), on convertit ensuite les quantités extraites en kg/m³, puis on les compare au dosage préconisé (la Note d'information technique n° 204 donne quelques critères à ce sujet) [6]. On sonde généralement chaque début et chaque fin de déchargement d'un camion.

3 | Mise en œuvre

Le coulage s'effectue à l'aide d'une benne ou d'une pompe à béton. Dans ce dernier cas, la centrale devra particulièrement veiller à la composition du béton. Si le bon de commande fait explicitement mention d'un béton fibré, la centrale garantit le malaxage correct des fibres (de préférence, à l'unité de production).

Pour certaines applications particulières (par exemple, surfaces extérieures en béton apparent où toute trace de rouille est à éviter), on peut avoir recours à des fibres d'acier galvanisé ou à des fibres polymères.

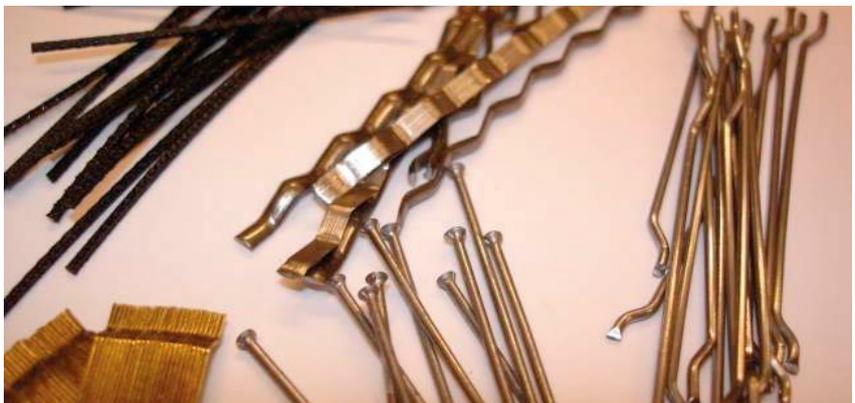
4 | Cure du béton

A l'instar du béton armé traditionnel, la cure du béton renforcé de fibres requiert également une attention particulière, notamment afin de limiter la fissuration à la suite d'un retrait plastique. Bien que l'adjonction de microfibres contribue dans une certaine mesure à maîtriser ce type de fissures, une cure soignée s'avère indispensable. Sa durée recommandée est stipulée dans le projet de norme prNBN B 15-400 [4].

4 | Le coulage du béton renforcé de fibres s'effectue de la même façon que pour un béton traditionnel.



5 | Il existe sur le marché plusieurs types de fibres d'acier et de fibres synthétiques destinés au béton.





BIBLIOGRAPHIE

1. Bureau de normalisation
NBN B 15-001 Béton. Spécification, performances, production et conformité. Complément national à la NBN EN 206-1:2001. Bruxelles, NBN, 2012.
2. Bureau de normalisation
NBN EN 206 Béton. Partie 1 : spécification, performances, production et conformité. Bruxelles, NBN, 2014.
3. Bureau de normalisation
NBN EN 14721+A1 Méthode d'essai du béton de fibres métalliques. Mesurage de la teneur en fibres du béton frais ou durci. Bruxelles, NBN, 2007.
4. Bureau de normalisation
prNBN B 15-400 Exécution des structures en béton. Complément national à la NBN EN 13670:2010. Bruxelles, NBN, 2012.
5. Cauberg N. et Parmentier B.
Hoe vezelversterkt beton voorschrijven en gebruiken in een aantal basistoepassingen ? NAV, Dimension, juin 2011.
6. Centre scientifique et technique de la construction
Sols industriels à base de ciment. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique (NIT), n° 204, 1997.
7. De Grove E. et Parmentier B.
Béton renforcé de fibres. Identification des propriétés mécaniques pertinentes pour les applications structurales. Bruxelles, CSTC, Les Dossiers du CSTC, n° 3, Cahier 7, 2007.
8. Denoël J.F., Dierckx V. et Parmentier B.
Classes d'exécution, décoffrage et cure du béton : nouvelles règles. Bruxelles, CSTC, Les Dossiers du CSTC, n° 2, Cahier 4, 2011.
9. Fédération internationale du béton
FIB Model Code for Concrete Structures 2010. Ernst & Sohn, Berlin, 2013.
10. Parmentier B., Vitse P., Winnepenninckx E. et De Blaere B.
Béton renforcé de fibres métalliques : certification en vue. Bruxelles, CSTC-Magazine, n° 1, 2003.
11. Schaerlaekens S. et Vyncke J.
Le béton renforcé de fibres d'acier. 1^{ère} partie : un quart de siècle et presque adulte. Bruxelles, CSTC, CSTC-Magazine, n° 3, 2000.
12. Schaerlaekens S. et Vyncke J.
Le béton renforcé de fibres d'acier. 2^e partie : à caractère spécifique, conception appropriée. Bruxelles, CSTC, CSTC-Magazine, n° 4, 2000.



Agentschap
Ondernemen

