

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)
Band: 60-61 (1992-1993)
Heft: 7

Artikel: Le béton de fibres d'acier
Autor: Hermann, Kurt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-146302>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN DU CIMENT

JUILLET 1992

60e ANNEE

NUMERO 7

Le béton de fibres d'acier

Procédés de fabrication, propriétés et applications du béton renforcé de fibres d'acier.

Un bon béton a une résistance à la compression élevée, mais il est fragile de nature, ce qui se traduit, entre autres, par une résistance à la traction relativement faible. Dans les ouvrages en béton armé, les efforts de traction sont repris par l'armature. Dans certains cas, on peut remplacer l'armature en acier traditionnelle du béton par une armature de fibres, synthétiques, d'acier, de verre, ou d'autres matières. Les bétons de fibres ont déjà été le sujet du «Bulletin du ciment» d'octobre dernier [1].

Le présent article a pour but de traiter plus à fond de l'influence des fibres d'acier sur les propriétés du béton, et de leurs applications possibles. Les deux prochains numéros de cette publication seront consacrés, successivement, aux fibres synthétiques et aux fibres de verre.

Propriétés de fibres d'acier

En 1918 déjà, un brevet français mentionnait que l'adjonction de morceaux d'acier augmentait la résistance du béton. Ce procédé ne s'est toutefois imposé qu'au cours des années 60, après des essais systématiques effectués aux USA et dans différents pays d'Europe occidentale. Les fibres d'acier sont de courts tronçons de faible section, fabriqués par coupage d'un fil continu, découpage de bandes de tôle, enlèvement de copeaux, ou directement à la fusion. Leur résistance à la traction est relativement élevée (300 à 2500 N/mm²) et, avec 200 kN/mm², leur module d'élasticité est plus élevé d'une puissance de dix que celui de la matrice de mortier.

2 A l'origine, on utilisait principalement des fibres droites, mais aujourd'hui, on trouve sur le marché des fibres de formes les plus diverses. Par exemple

- des fibres avec ondulations ou striures, ou d'une rugosité augmentée sur toute la longueur;
- des fibres avec extrémités refoulées, recourbées ou écrasées.

Des illustrations de quelques-unes des fibres commercialisées figurent dans les pages qui suivent. Comme nous le verrons, la longueur, le diamètre et la forme des fibres exercent une influence déterminante sur leur capacité d'améliorer certaines propriétés du béton.

L'action des fibres

Les fibres reprennent les efforts de tous genres, alors que dans le béton armé, les efforts de traction sont repris par l'acier inséré, et les efforts de compression par le béton. *Schrader* [2] a établi une sélection des différences qui en résultent dans diverses propriétés physiques (*tableau 1*).

Dans la pâte de ciment durcie, on trouve un entrelacement irrégulier de fibres de cristaux d'environ 1 μm (0,001 mm) de longueur, composées principalement de silicates de calcium hydratés. Cet entrelacement oppose une résistance considérable aux contraintes de compression, mais en cas de contraintes de traction, les différentes fibres sont rapidement arrachées de cet entrelacement. Il se forment alors des fissures, qui s'agrandissent et se rejoignent rapidement, jusqu'à ce que la pièce de béton se désagrège [3].

Lorsqu'elles croisent une fissure, les fibres d'acier résistant à la traction, qui sont ancrées dans la matrice, l'empêchent de se propager. Elles bloquent la fissure ou, en cas d'allongements importants, la divisent en de nombreuses fines fissures ne conduisant pas à la

<i>Propriété</i>	<i>Modification par rapport au béton de départ</i>
Résistance à la rupture	+100 à 1200 %
Résistance au choc	+100 à 1200 %
Résistance à la première fissure	+ 25 à 100 %
Module d'élasticité	- 25 à +25 %
Résistance à la traction	+ 25 à 150 %
Résistance à la fatigue	+ 50 à 100 %
Capacité de déformation	+ 50 à 300 %
Résistance à la compression	- 25 à +25 %
Résistance à la traction de flexion	+ 25 à 200 %
Flèche	+ 20 à 500 %
Résistance à la cavitation/érosion	+300 %

Tab. 1. Amélioration approximative des propriétés du béton de fibres d'acier par rapport au béton de départ [2].

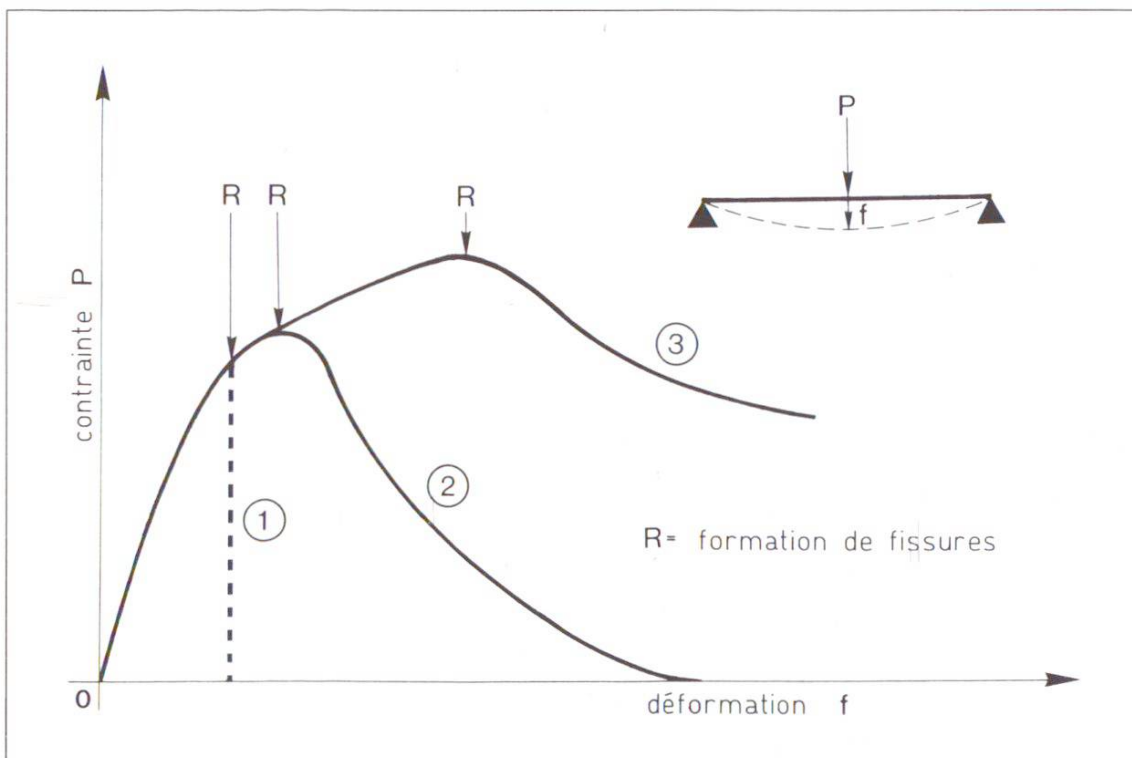


Fig. 1. Lignes de travail lors d'un essai de résistance à la traction de flexion (1 = béton de départ; 2 = béton de fibres d'acier à fibres droites; 3 = béton de fibres d'acier à fibres ondulées).

rupture. Lorsque les fibres sont suffisamment longues et solidement incorporées, elles peuvent être sollicitées jusqu'à la limite de leur résistance à la traction, pour autant qu'elles ne soient pas arrachées de la matrice avant. Il en résulte une augmentation de la résistance à la traction de flexion avant la rupture définitive.

Des diagrammes contrainte-déformation, que l'on peut obtenir par des essais de résistance à la flexion, constituent le meilleur moyen d'illustrer les avantages du béton de fibres d'acier (*fig. 1*): alors que le béton non armé se désagrège très rapidement après l'apparition d'une fissure, le béton de fibres d'acier peut encore reprendre des efforts, même après que la charge maximale a été atteinte.

Des examens faits sur du béton de fibres d'acier, dans divers milieux favorisant la corrosion, ont démontré que les fibres d'acier ne se corrodent qu'à la surface du béton. La pression exercée par les produits de la corrosion n'est à l'évidence pas suffisante pour faire éclater des éléments en béton. Si les éventuelles taches de rouille sont gênantes, on peut imprégner la surface du béton avec des matières plastiques, ou la recouvrir d'une couche appropriée (béton projeté par exemple).

Cette assertion concernant la corrosion a été corroborée par une éprouvette en béton de fibres d'acier exposée pendant 23 ans aux intempéries: sa surface était lisse et – abstraction faite de taches brunes dues à la corrosion de fibres toute proche de la surface – ne présentait pas de dégradations. La résistance à la traction et à la

4 traction de flexion était respectivement de 5,8 et de 30 N/mm², donc exceptionnellement élevée. Le béton de fibres d'acier témoignait en outre encore nettement de ductilité [4].

Fabrication du béton de fibres d'acier

Généralement, les règles de la technologie du béton s'appliquent également au béton de fibres d'acier, avec toutefois quelques conditions additionnelles particulières [5]. Il va de soi que l'amélioration de la matrice du béton par des fibres ajoutera peu aux propriétés du béton si l'on utilise des granulats de mauvaise qualité et d'une granulométrie défavorable. Le diamètre maximum des granulats est fonction de l'application. Jadis, on ne dépassait le plus souvent pas 8 mm, afin de garantir une bonne ouvrabilité du béton frais, ainsi qu'une répartition homogène et un espacement aussi réduit que possible des fibres. Actuellement, il semble que la tendance est d'utiliser des granulats de diamètre supérieur, de 18 à 25 mm par exemple [2].

Il faut prêter une attention particulière au facteur e/c, qui se situera de préférence entre 0,40 et 0,50 [6]. Pour que cette valeur puisse être observée, le dosage en ciment doit être relativement élevé (325 à 415 kg/m³ par exemple [2]), car la quantité d'eau nécessaire à une ouvrabilité donnée du béton augmente parallèlement à l'augmentation de la teneur en fibres, à la diminution du diamètre des fibres et – moins nettement – à l'augmentation de la longueur des fibres, particulièrement avec les mélanges comprenant peu de gros granulats. Il est judicieux de réduire le besoin en eau par l'adjonction de



Fig. 2. Le béton de fibres d'acier sollicité en compression ne se désagrège pas sitôt après la fissuration. (photos: TFB)

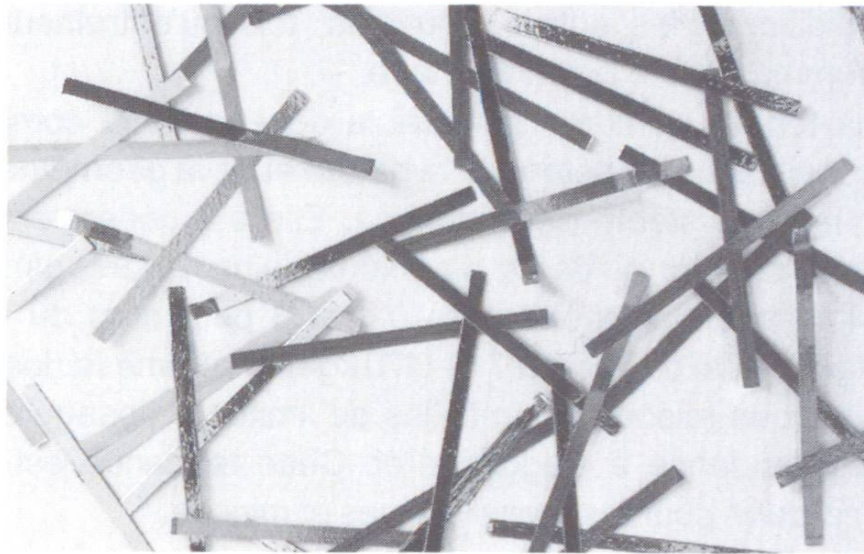


Fig. 3. Fibres lisses (longueur: 20 mm, largeur: 1,0 mm).



Fig. 4. Fibres fraisées avec ancrages aux extrémités (longueur: 32 mm).

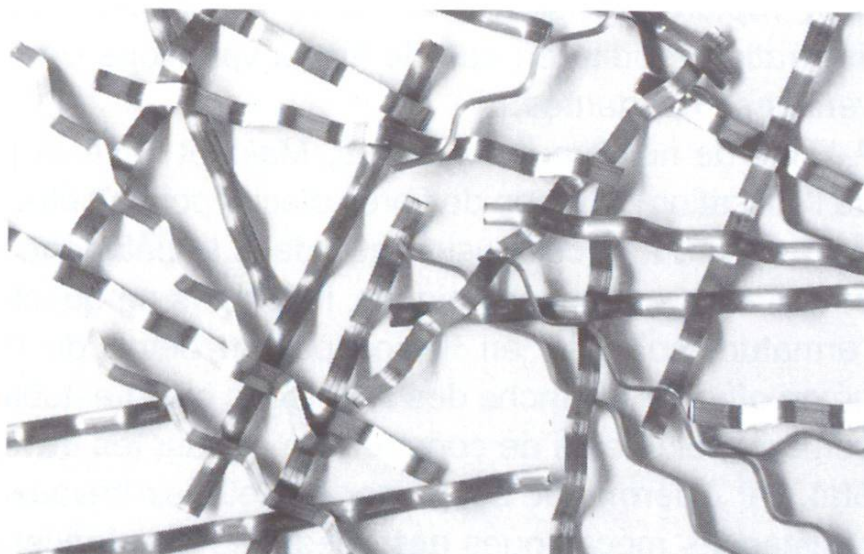


Fig. 5. Fibres plates, ondulées (50×2 mm).

6 fluidifiants; les autres adjuvants, tels qu'entraîneur d'air, s'utilisent comme pour le béton ordinaire.

La teneur en fibres admissible dépend de la composition et de la consistance du béton, de la nature et de la géométrie des fibres, ainsi que du système de malaxage. Elle est généralement indiquée en pour cent du poids ou du volume, ainsi qu'en kg/m^3 . Le dosage se situe habituellement entre 0,4 et 3 pour cent du volume (10 à 70 kg/m^3). On considère 7 % (170 kg/m^3) comme le dosage maximal [5]. Une des raisons essentielles de limiter le dosage est que les fibres ont tendance à s'agglomérer. Cette tendance est particulièrement marquée pour les fibres longues et minces.

La répartition des fibres dans la matrice doit être aussi homogène que possible. Le rapport longueur/diamètre (l/d) des fibres est une grandeur importante pour un bon malaxage et pour les propriétés physiques du béton de fibres d'acier en résultant. Le malaxage optimal s'obtient avec $l/d < 60$, et l'ouvrabilité optimale avec $l/d > 60$. Plusieurs sortes de fibres peuvent être déversées directement dans le malaxeur, alors que d'autres doivent être séparées avant l'adjonction. On utilise à cet effet des engins spéciaux, qui fonctionnent avec des cribles rotatifs ou des tamis vibrants par exemple. La répartition des fibres se fait généralement mieux dans les malaxeurs à mélange forcé que dans ceux à chute libre (camions avec malaxeur). Pour le béton pompé, les flexibles ne doivent pas être en caoutchouc, et il faut éviter les embranchements et les réductions de section dans les conduites.

Applications du béton de fibres d'acier

Le béton de fibres d'acier coûte plus cher que le béton ordinaire. Il en découle d'emblée que son application se limite à des domaines spéciaux, où des propriétés telles que fissuration plus lente, ténacité à la rupture, résistance au choc plus élevée ou tendance à la fissuration réduite en cas de fortes variations de température peuvent être importantes.

A l'aide de nombreux exemples, *Maidl et Tallarek* [7] ont déterminé où l'utilisation de béton de fibres d'acier pouvait être judicieuse. Ils en sont arrivés à la conclusion que dans le bâtiment, ne serait-ce que pour des raisons économiques, il est hors de question de remplacer l'armature sollicitée en flexion par du béton de fibres d'acier. Ce béton offre en revanche des avantages incontestables pour le renforcement d'éléments de construction et pour les travaux de remise en état, car il permet de supprimer de coûteux travaux d'armature. Des résistances mécaniques assurées, des résistances initiales améliorées, ainsi qu'une sensibilité au choc plus faible que celle du béton

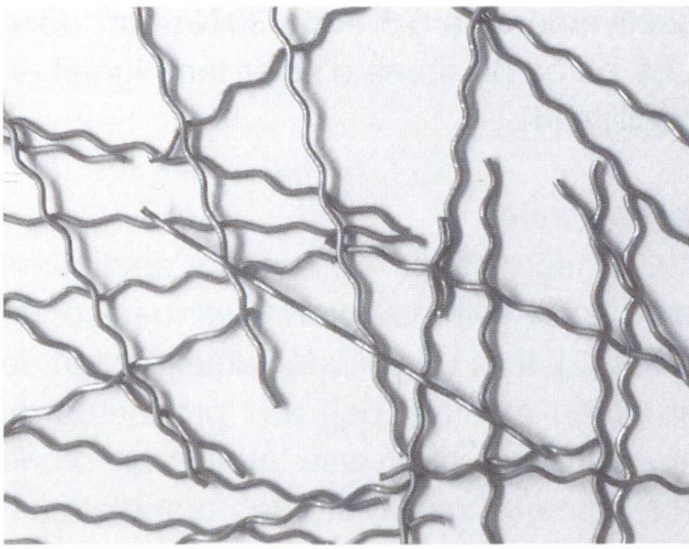


Fig. 6. Fibres rondes, ondulées (60×1 mm).

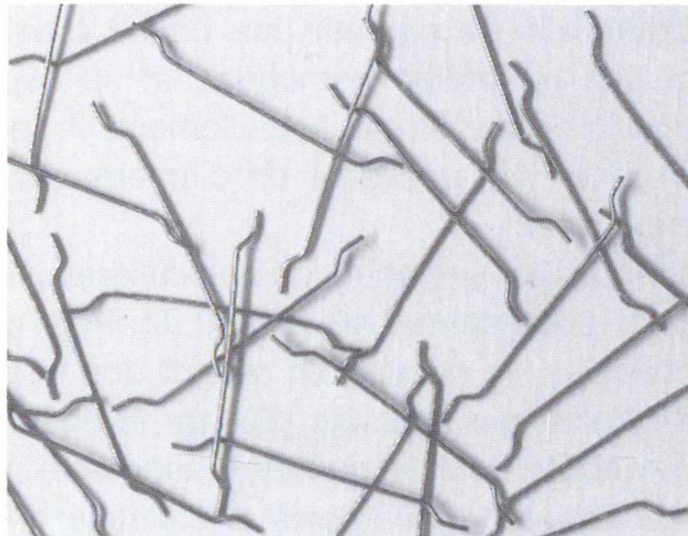


Fig. 7. Fibres plates avec extrémités recourbées (30×0,5 mm).

non armé font également paraître judicieuse l'utilisation de béton de fibres d'acier pour la fabrication de tuyaux.

Le béton de fibres d'acier est couramment utilisé pour les sols industriels, les dalles de tablier et les pistes d'aérodrome, ainsi qu'en témoignent plus de 50 millions de m² de surfaces de sol renforcées de fibres d'acier dans le monde entier. Les fibres d'acier exercent ici une bien meilleure influence sur la fissuration du béton jeune que les armatures traditionnelles. Elles permettent en outre de réduire l'épaisseur totale des revêtements et d'en augmenter la résistance à l'abrasion, ce qui prolonge leur durabilité et diminue les coûts de remise en état.

Le cas échéant, le béton de fibres d'acier, augmenté d'une armature traditionnelle, convient pour des constructions soumises à des efforts dynamiques, comme par exemple charpentes en zones de tremblements de terre, constructions en milieu explosible, ouvrages hydrauliques exposés à la cavitation et aux impacts de gros matériaux charriés, digues côtières, pieux battus ou fondations de machines [3].

8 Béton projeté armé de fibres d'acier

Le béton projeté est toujours armé. L'armature a pour fonction de reprendre les efforts dus au retrait et aux variations de température, d'augmenter la résistance au cisaillement et de répartir les charges concentrées. Le béton projeté armé de fibres d'acier ayant une armature homogène, il peut reprendre dans différentes directions des efforts de nature diverse [8].

Les fibres d'acier augmentent la ténacité et la force du béton projeté, ainsi que sa résistance au choc. Elles sont utilisables aussi bien en procédé sec qu'en procédé humide, avec les mêmes débits que pour le béton projeté ordinaire. Elles peuvent être appliquées en même temps que le béton, ou ajoutées seulement dans la zone des tuyères. Comme pour le béton de fibres d'acier, on observera ici les règles de la technologie du béton. Il faut en particulier maintenir le facteur e/c aussi bas que possible, et coordonner le diamètre maximum des granulats, la longueur des fibres (maximum 30 mm) ainsi que la quantité de fibres (3 à 8 pour cent du poids) [9].

Kurt Hermann

Bibliographie

- [1] Meyer, B., «Les bétons de fibres», Bulletin du ciment **59** [22] (1991).
- [2] Schrader, E.K., «Le béton armé de fibres», Commission internationale des grands barrages, Bulletin **40a** (1988).
- [3] Weigler, H., et Sieghart, K., «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Editions Ernst & Sohn, Berlin (1989), pages 483–506.
- [4] Kern, E., et Schorn, H., «23 Jahre alter Stahlfaserbeton», Beton- und Stahlbetonbau **86** [9], 205–208 (1991).
- [5] Bielak, E., «Herstellung von Faserbeton», exposé no XIV, Darmstädter Massivbau-Seminar, volume 3 (1990).
- [6] «Die Entwicklung von Stahlfasern», Dramix-Info 2/89, éditeur Bekaert Deutschland GmbH.
- [7] Maidl, B., et Tallarek, F., «Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durch den Einsatz von Stahlfaserbeton und Stahlfaserspritzbeton», Betonwerk+Fertigteile-Technik **57** [11], 76–85 (1991).
- [8] Vandewalle, M., «Die Stahlfaser, die neue Spritzbetonbewehrung», Rapport du congrès européen pour la construction de tunnels, tenu le 5 février 1992 à Olten, pages 17–21.
- [9] Tavnicek, R., «Faserbeton und Faserspritzbeton», Zement und Beton **32** [1], 21–29 (1986).

Traduction française: Liliane Béguin

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
Case postale 5103 Wildegg Téléphone 064 57 72 72
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Téléfax 064 53 16 27