

# Guide de bonnes pratiques pour l'utilisation des fibres dans le béton

## Chapitre 1 - Utilisation des fibres dans le béton

Les fibres de différentes compositions incorporées au béton ont pour effet d'augmenter la résistance résiduelle du béton. Dans certains cas, l'utilisation de fibres permet de renforcer la structure. En général, les fibres permettent une meilleure répartition des contraintes mécaniques. Ce chapitre présente les types d'ouvrages en béton fibré, les propriétés physiques majeures reliées à l'utilisation de fibres et les avantages du béton fibré.

### 1-1 Amélioration des caractéristiques mécaniques

### 1-2 Contrôle de la fissuration de retrait

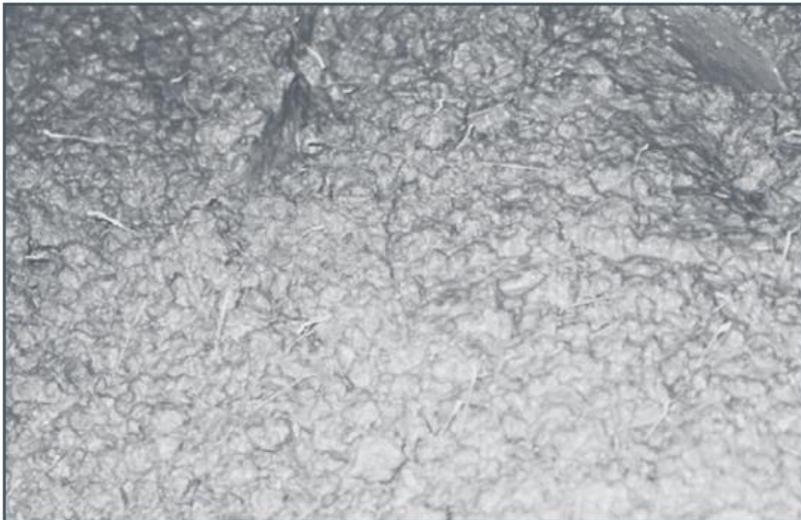


Figure 2-1 : Texture d'un béton fibré

### 1-3 Avantages du béton fibré

Les avantages de l'utilisation des fibres dans le béton sont présentés selon l'aspect technique et économique.

### **Aspect technique :**

L'utilisation d'un béton fibré est avantageuse principalement au niveau du contrôle de la fissuration ainsi que du support de charge, tout dépendamment du type de fibres et du dosage utilisé.

Les principaux avantages techniques sont :

- un renforcement tridimensionnel uniformément distribué à travers le béton ;
- une augmentation de la ténacité grâce au comportement en post fissuration (résistance résiduelle) ;
- une énergie d'absorption élevée ;
- une résistance aux impacts élevée ;
- une résistance à la fatigue élevée ;
- une augmentation de la résistance en cisaillement.

### **Aspect économique :**

Les principaux avantages économiques des bétons fibrés sont :

- une réduction des intervenants sur le chantier, ce qui implique une réduction du coût de mise en place et du temps de construction ;
- une optimisation du dimensionnement.

## **Chapitre 2 - Types de fibres et propriétés**

Il existe sur le marché diverses catégories de fibres pouvant être incorporées au béton. Voici les quatre classes de fibres existantes :

- synthétique (acrylique, aramide, carbone, nylon, polyester, polyéthylène et polypropylène) ;
- naturelle (bagasse, noix de coco, jute, maguey, banane, palmier et bambou);
- métallique (inoxydable, galvanisé, fil étiré à froid, tôle découpée, extrusion de matière fondue);
- verre (sodocalcique, borosilicaté, Cem-Fil et NEG);

Ce chapitre décrit les fibres qui sont les plus utilisées dans le béton préparé au Québec, soit les fibres synthétiques et les fibres métalliques. Il est suggéré de se référer au document de l'ACI 544 pour obtenir de l'information sur les fibres de verre et les fibres naturelles.

### **2-1 Fibres synthétiques**

Les fibres synthétiques proviennent des polymères organiques et sont le résultat de recherches et des développements de l'industrie pétrochimique et du textile. Les fibres reconnues comme les plus résistantes sont : les polyoléfinés, les polypropylènes, les polyéthylènes, le nylon et le carbone.

Les fibres synthétiques s'incorporent à la pâte de ciment sans provoquer de réaction chimique et sans se corroder. De plus, l'allongement à la rupture des fibres synthétiques, qui est de 15 à 20 %, favorise la ductilité du béton. Les fibres synthétiques tirées des matières plastiques sont, par contre, peu résistantes au feu.

La température de fusion ou température à laquelle les fibres deviennent très molles et perdent leurs propriétés est d'environ 160°C. L'appendice H de la norme CSA A23.1 classe les fibres synthétiques en deux catégories selon leur dimension : les microfibres et les macrofibres synthétiques.

**Les microfibres synthétiques** : La classification des microfibres synthétiques s'effectue à partir de la dimension et du poids de la fibre, conformément à l'industrie du textile. Le diamètre ou le diamètre équivalent doit être converti en denier.

Les microfibres synthétiques sont en forme de mono filament très fin ou fibrillé (figure 4-1). Leur longueur varie de 0,8 à 50 mm et leur diamètre est inférieur à 0,2 mm. Les microfibres synthétiques sont utilisées pour diminuer le retrait plastique.

L'amélioration des propriétés mécaniques par l'utilisation de macro fibres synthétiques est proportionnelle à leur taux d'addition et à leur efficacité. De plus, ces fibres apportent une augmentation de la ténacité du béton et, par le fait même, elles améliorent son comportement en post fissuration.



**Figure 4-1 Microfibres synthétiques**

**Les macrofibres synthétiques** : ces fibres sont en forme de filaments grossiers (figure 4-2). Leur longueur varie de 25 à 65 mm et leur diamètre équivalent est de 0,2 à 1,2 mm. L'utilisation de ce type de fibre permet une meilleure résistance aux impacts et à la fatigue et améliore le contrôle de la fissuration. Certains types de fibres sont aussi reconnus pour diminuer la fissuration provoquée par le retrait plastique.

Le tableau 4-1 (page suivante), traduit du document de l'ACI 544-1R, présente différents types de fibres synthétiques ainsi que leurs propriétés mécaniques.

## 2-2 Fibres métalliques

Les fibres métalliques sont de types et de formes variées et présentent une très bonne compatibilité avec le béton. La figure 4-3 présente différentes géométries de fibres métalliques.

Les fibres sont composées d'acier au carbone, d'acier inoxydable ou d'acier galvanisé contre la corrosion. En général, la longueur des fibres varie de 25 à 60 mm et le diamètre varie de 0,5 à 1,3 mm. La fabrication des fibres métalliques s'effectue selon plusieurs méthodes en relation avec leurs formes géométriques multiples (ASTM A 820).

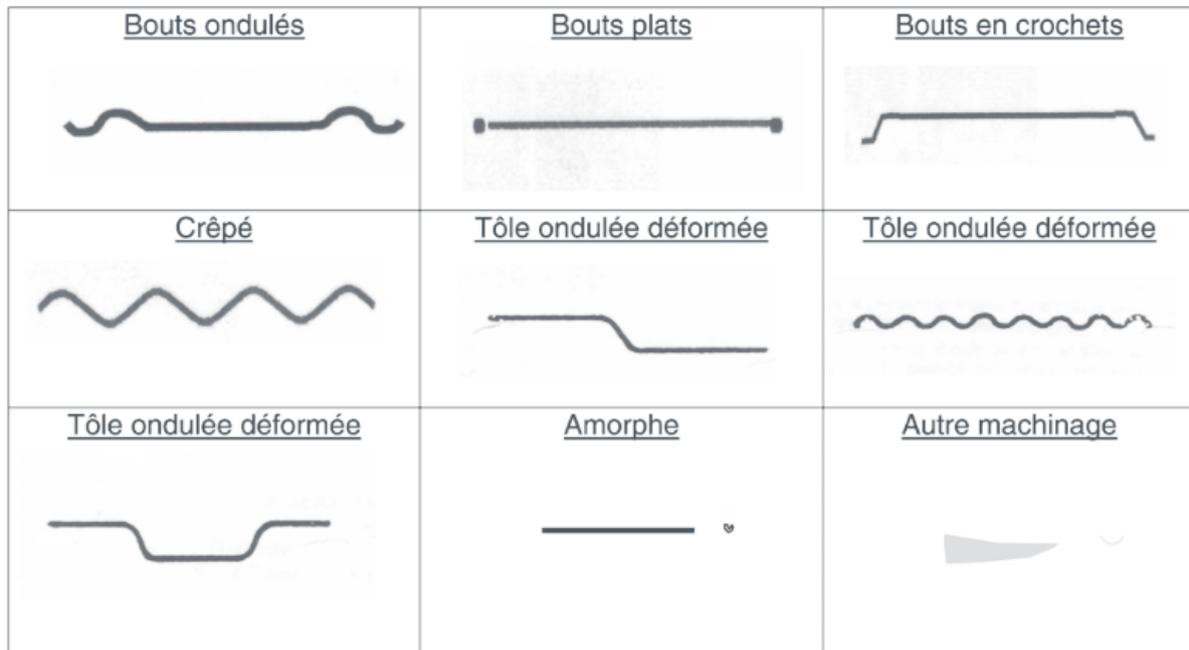


Figure 4-3 Géométrie des fibres métalliques

Tableau 4-1 Propriétés des fibres synthétiques

Type de fibres	Diamètre équivalent (x 10 <sup>-6</sup> m)	Densité relative	Résistance à la traction (MPa)	Module d'élasticité (MPa)	Pourcentage d'allongement à la rupture	Température d'inflammation (°C)	Température de fusion d'oxydation ou de décomposition (°C)	Absorption d'eau (ASTM D 570) % de masse
Acrylique	5 - 17	1,16 – 1,18	200 - 1000	14 000 - 19 000	7,5 - 50	-	220-235	1,0 – 2,5
Aramide I	12	1,44	2900	62 000	4,4	élevée	480	4,3
Aramide II (module élevé)	10	1,44	2340	120 000	2,5	élevée	480	1,2
Carbone I	8	1,6 – 1,7	2480 – 3030	380 000	0,5 – 0,7	élevée	400	nul
Carbone II	9	1,6 – 1,7	3445 – 4000	230 000	1,0 – 1,5	élevée	400	nul
Carbone III	10 - 13	1,6 – 1,7	480 - 795	27 000 - 35 000	2,0 – 2,4	élevée	400	3 – 7
Carbone IV	9 - 18	1,8 – 2,15	1515 – 3100	150 000 - 480 000	0,5 – 1,1	élevée	500	nul
Nylon	23	1,14	1000	5200	20	-	200-220	2,8 – 5,0
Polyester	10 - 80	1,34 – 1,39	220- 1100	17 000	12 - 150	590	255	0,4
Polyéthylène	25 - 1000	0,92 – 0,96	80 - 600	5000	3 – 80	-	135	nul
Polypropylène	20 - 200	0,90 – 0,91	140 - 700	3400 - 4800	15	590	165	nul

Référence : Tableau 4.1 de ACI 544.1

Note :

Carbone I = à base de polyacrylonitrile, module élevé.

Carbone II = à base de polyacrylonitrile, résistance à la traction élevée.

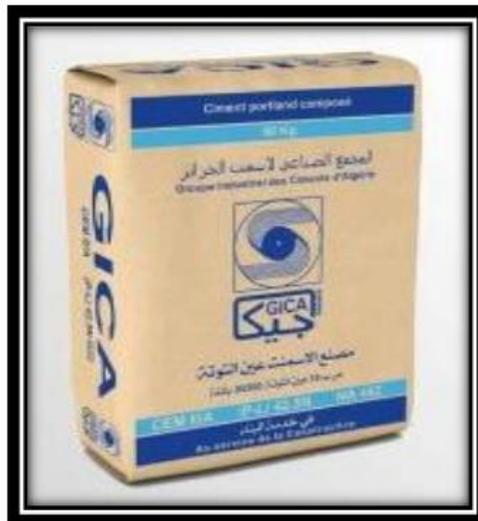
Carbone III = basé sur un angle isotropique élevé, usage général.

Carbone IV = basé sur un angle mésophasé à haute performance

**TP BETON INNOVANT (Béton de fibre de polypropylène)****Gravier :**

<b>fraction</b>	<b>V (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>M<sub>1</sub> (g)</b>	<b>M<sub>2</sub> (g)</b>	<b>M<sub>2moy</sub> (g)</b>	<b>γ<sub>app</sub> (g/cm<sup>3</sup>)</b>
8/15	5000	3613	10300	1.33	1.36
			10500	1.37	
			10600	1.39	
15/20	5000	3613	10500	1.37	1.36
			10400	1.35	
			10500	1.37	

<b>fraction</b>	<b>M (g)</b>	<b>V<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>2</sub> (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>ρ<sub>app</sub>(cm<sup>3</sup>)</b>	<b>ρ<sub>appmoy</sub> (g/cm<sup>3</sup>)</b>
8/15	300	400	520	2.5	2.43
			530	2.3	
			520	2.5	
15/20	300	400	500	3	2.76
			510	2.3	
			500	3	

**Ciment :**

Le ciment CEM II/A 42.5

- 80% à 94% de clinker (K) ;
- Un complément à 100% composé d'un ou plusieurs constituants, pouzzolane (Z), calcaire (L), etc

**Tableau 1 : Les caractéristiques de ciment CPJ-CEM II/A 42.5**

Caractéristiques	CPJ-CEM II/A 42.5
Masse Volumique Apparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.215
Masse volumique Absolue (g/cm <sup>3</sup> )	3.150
Surface spécifique (BLAINE) (cm <sup>2</sup> /g)	4000
Temps de début de prise (heures)	2h :03
la résistance à la compression à 28 jours (MPA)	47

• **Pour 1m<sup>3</sup> de béton frais :**

$$C = 350 \text{ g/m}^3$$

$$E = 210 \text{ L/m}^3$$

$$S = 635.37 \text{ g/m}^3$$

$$Pc = 1129.18 \text{ g/m}^3$$

**Quantité de fibre polypropylène pour**

$$C = 350 \text{ g/m}^3$$

$$E = 210 \text{ L/m}^3$$

$$S = 635.37 \text{ g/m}^3$$

$$Pc_{8/15} = 376.39 \text{ g/m}^3$$

$$Pc_{15/20} = 752.78 \text{ g/m}^3$$

• **Volume de mélange d'essais :**

✓ **Pour 6 éprouvettes cubiques (10× 10 × 10)cm<sup>3</sup>**

$$V = [0.1 \times 0.1 \times 0.1] \times 6 = 0.006 \text{ m}^3$$

$$6 + 20\% \times 6 = 7.2$$

$$E \times 7.2 = 1512 \text{ L} \quad \text{OU} \quad (E + 20\%E) \times 6 = (210 + 0.2 \times 210) \times 6 = 1512 \text{ g/m}^3$$

$$C \times 7.2 = 350 \times 7.2 = 2520 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \quad \text{ou} \quad (C + 20\%C) \times 6 = (350 + 0.2 \times 350) \times 6 = 2520 \text{ g/m}^3$$

$$S \times 7.2 = 635.37 \times 7.2 = 2630.66 \text{ g/m}^3 \quad \text{ou}$$

$$(S + 20\%S) \times 6 = (635.37 + 0.2 \times 635.37) \times 6 = 2630.66 \text{ g/m}^3$$

$$Pc_{8/15} \times 7.2 = 376.39 \times 7.2 = 2710 \text{ g/m}^3 \quad \text{OU}$$

$$(Pc_{8/15} + 20\%Pc_{8/15}) \times 6 = (376.39 + 0.2 \times 376.39) \times 6 = 2710 \text{ g/m}^3$$

$$Pc_{15/20} \times 7.2 = 752.78 \times 7.2 = 5710.03 \text{ g/m}^3 \quad \text{OU}$$

$$(Pc_{15/20} + 20\%Pc_{15/20}) \times 6 = (752.78 + 0.2 \times 752.78) \times 6 = 5710.03 \text{ g/m}^3$$

### 6 éprouvettes cubiques :

$$E+C+S+PC=1512+2520+2630.66+2710+5710.03=15082.69 \text{ g/m}^3$$

Pour **0.2%** de fibre polypropylene :

$$f_{0.2\%} = \frac{0.2 \times 15082.69}{100} = 30.16 \text{ g/m}^3$$

Pour **0.4%** de fibre polypropylene :

$$f_{0.4\%} = \frac{0.4 \times 15082.69}{100} = 60.33 \text{ g/m}^3$$

Pour **0.6%** de fibre polypropylene :

$$f_{0.6\%} = \frac{0.6 \times 15082.69}{100} = 90.49 \text{ g/m}^3$$

Pour **0.8%** de fibre polypropylene :

$$f_{0.8\%} = \frac{0.8 \times 15082.69}{100} = 120.66 \text{ g/m}^3$$

**Tableau 2** : quantité de mélange des moules cubiques

Gravier		Sable (kg/m <sup>3</sup> )	Ciment (kg/m <sup>3</sup> )	Eau (l)	Quantité de fibre (kg/m <sup>3</sup> )			
8/15	15/20				0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
2.710	5.7101	2.6307	2.520	1.512	0.0302	0.0603	0.0949	0.1207