



# Le béton à ultra-hautes performances :

## étude et applications en Belgique

La résistance à la compression du béton à ultra-hautes performances peut dépasser 150 N/mm<sup>2</sup>, soit trois à cinq fois celle d'un béton ordinaire. Par ailleurs, ce type de béton dispose d'une microstructure très dense et d'une faible porosité, ce qui lui permet de combiner des performances mécaniques extrêmes avec une durée de vie exceptionnelle.

### Avantages du BUHP

Dans un premier temps, la résistance ultra-haute à la compression crée de nouvelles possibilités pour le béton précontraint : la portée peut être accrue, ce qui permet de réduire la hauteur utile des poutres (et de gagner ainsi de la place pour un étage supplémentaire dans les bâtiments élevés). La combinaison avec des teneurs élevées en fibres permet également de réaliser des plaques plus minces ainsi que des formes spéciales. Le BUHP peut également être utilisé pour la réalisation de ponts très élancés. En raison de sa durabilité élevée (voir tableau), ce type de béton se prête parfaitement aux travaux de génie civil, pour lesquels la durée de vie et l'entretien sont des paramètres importants.

### Caractéristiques et étude actuelle

Le tableau ci-contre compare quelques résultats obtenus pour les BUHP développés et analysés au CSTC avec les caractéristiques moyennes d'un béton répondant à une classe de résistance C 30/37. Il en ressort notamment que les constructions réalisées à partir de BUHP bénéficieraient d'une durée de vie bien plus importante. L'interprétation des résultats d'essais de carbonatation nous indique, par exemple, que, si la durée de vie attendue pour un béton C 30/37 (avec un enrobage des armatures de 40 mm) est de 50 ans, celle d'un BUHP est supérieure à 200 ans.

Afin d'évaluer s'il est possible de produire

du BUHP à échelle industrielle, quelques études de cas ont également été réalisées. Ainsi, une série de poutres précontraintes de 8 m de longueur et un tuyau de fonçage de 1,6 m de diamètre ont été conçus. Ces éléments ont été fabriqués dans diverses usines à l'aide d'un équipement standard avant d'être testés en grandeur réelle au CSTC. Ces essais ont permis d'analyser l'effet combiné de diverses propriétés mécaniques et de le comparer avec les calculs réalisés selon l'Eurocode 2 (actuellement jusqu'à C 90/105). Une simple extrapolation de ces résultats de calculs a conduit à une sous-estimation (c'est-à-dire une approche sécuritaire) de la capacité de flexion des poutres. En adaptant légèrement les lois de comportement des matériaux dans l'Eurocode (module d'élasticité, retrait, fluage, ...) à l'aide de nos propres résultats d'essais sur les échantillons de BUHP, nous avons pu mieux estimer les performances des poutres.

### Applications : et en Belgique ?

A l'heure actuelle, les principales réalisations dont nous avons connaissance se trouvent à l'étranger. La France est l'un des leaders dans le domaine, surtout en ce qui concerne l'application de BUHP brevetés (Ductal®, par exemple). La réalisation du nouveau dôme du stade Jean Bouin, à Paris, est un exemple de projet extraordinaire en cours. Quant à l'Allemagne, elle a encore quelques projets en préparation.

Le CSTC et la VUB ont étudié les propriétés et les possibilités du béton à ultra-hautes performances (BUHP) et en ont conclu qu'il s'agit d'un matériau idéal pour la fabrication du béton précontraint, pour la réalisation d'éléments fins et élancés et pour les applications exigeantes en matière de durabilité et de durée de vie. Cet article présente brièvement quelques résultats intéressants obtenus lors de cette étude.

Comparaison des résultats d'essais des BUHP testés au CSTC avec les propriétés moyennes d'un béton de classe de résistance C 30/37

Caractéristiques		C 30/37	BUHP
Caractéristiques générales (valeurs moyennes après 28 jours)	Résistance à la compression [N/mm <sup>2</sup> ]	45	150
	Résistance à la compression après une cure thermique à 90 °C [N/mm <sup>2</sup> ]	-	200
	Résistance en traction [N/mm <sup>2</sup> ]	3	6
	Résistance en traction par flexion avec 1/2 % de fibres [N/mm <sup>2</sup> ]	7,5/-	15/25
	Module d'élasticité [N/mm <sup>2</sup> ]	33.000	47.000
	Retrait total après 1 an [mm/m]	± 0,65	± 0,65
Caractéristiques liées à la durabilité	Porosité à l'eau [vol. %]	14	6
	Perméabilité à l'oxygène [m <sup>2</sup> ]	10 <sup>-15</sup>	10 <sup>-18</sup>
	Coefficient de carbonatation à 1 % de CO <sub>2</sub> [mm/Vjours]	1,5	0,1
	Coefficient de diffusion des chlorures [m <sup>2</sup> /s]	15 x 10 <sup>-12</sup>	0,1 x 10 <sup>-12</sup>
	Pertes de masse après 56 cycles de gel-dégel [kg/m <sup>2</sup> ] avec une solution de NaCl	Jusqu'à 2	0,1
	Déformation linéaire après 365 jours dans une solution sulfatée [%]	Jusqu'à 1	0

En raison des matières premières spécifiques et de la teneur élevée en ciment, le BUHP coûte jusqu'à trois fois plus cher qu'un béton C 30/37. Ce surcoût peut néanmoins être compensé par les excellentes performances fournies.

Bien que l'application d'un BUHP est pour l'instant entravée par le manque de recommandations relatives à sa conception, l'étude menée par le CSTC et la VUB peut aider les concepteurs et les entrepreneurs à étayer leurs projets. ■

N. Cauberg, ir., chef du laboratoire Structures, CSTC

J. Piérard, ir., chef adjoint du laboratoire

Technologie du béton, CSTC

B. Parmentier, ir., chef de la division

Structures, CSTC