

Apparu à la fin des années 80 au Japon, le béton autoplaçant (BAP) pénètre lentement le marché belge. L'absence de règles de spécification et d'essais normalisés adaptés a longtemps freiné une utilisation plus large du BAP. La parution récente de nouvelles normes a comblé cette lacune. L'objectif de cet article est de décrire et de faciliter la spécification des BAP en fonction de l'application visée.



Prescrire un béton autoplaçant

↳ V. Dieryck, ir., chef adjoint du laboratoire Technologie du béton, CSTC
P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch., chef de projet, laboratoire Structures, CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre de la Guidance technologique NeoCrete 'Nouveaux bétons spéciaux' subsidiée par la Région wallonne.

1 DE NOUVELLES NORMES ADAPTÉES

Le BAP ⁽¹⁾ étant un béton apte à s'écouler et à se compacter sous son propre poids, c.-à-d. sans énergie de compactage supplémentaire, il peut remplir des coffrages aux formes complexes et/ou avec armatures denses tout en restant homogène. Ses propriétés à l'état frais se distinguent donc de celles d'un béton traditionnel et ne peuvent être mesurées à l'aide des méthodes classiques (mesure de l'affaissement (*slump*), p. ex.). Des méthodes appropriées ont fait l'objet de nouvelles normes parues en 2010, à savoir les normes d'essais NBN EN 12350-8 à -12.

La spécification, les performances et la conformité des bétons traditionnels sont indiquées dans la norme NBN EN 206-1 [2] et son supplément belge, la norme NBN B 15-001 [1]. La norme NBN EN 206-9 [3], spécifique au BAP, complète la NBN EN 206-1 et doit dès lors être consultée conjointement à cette dernière. Elle devrait être utilisée avec la NBN B 15-001, même si le lien entre la NBN EN 206-9 et la NBN B 15-001 n'existe pas encore.

2 CARACTÉRISATION D'UN BAP

Les propriétés à l'état frais du BAP peuvent



Fig.1 Mesure de l'étalement au cône d'Abrams (*slump-flow*).

être définies par quatre caractéristiques :

- **mobilité en milieu non confiné et capacité de remplissage**, c'est-à-dire la capacité du BAP à s'écouler librement, par le seul effet de son poids propre, sans énergie de compactage, lorsqu'il n'est pas confiné par le coffrage et/ou le ferrailage
- **viscosité apparente**, c'est-à-dire la résistance à l'écoulement, une fois que cet écoulement a commencé. Un BAP à viscosité élevée est plus 'collant', ce qui peut améliorer la résistance à la ségrégation, mais également altérer les qualités de surface (bulles d'air), liées à la difficulté d'évacuer l'air présent
- **aptitude à l'écoulement** (ou mobilité en milieu confiné), c'est-à-dire à s'écouler à travers des zones confinées (forte densité de ferrailage, ...), sans aucune ségrégation ou blocage
- **résistance à la ségrégation statique**, c'est-

à-dire la stabilité d'un BAP vis-à-vis de la ségrégation des granulats. La résistance à la ségrégation devient un paramètre important dans le cas de BAP ayant une mobilité élevée et/ou une viscosité faible ou si les conditions de confinement peuvent entraîner de la ségrégation.

Ces caractéristiques sont déterminées par les essais figurant dans le tableau 1. Des classes de consistance spécifiques à chaque caractéristique sont définies sur la base des résultats de ces essais.

3 DESCRIPTION DES MÉTHODES D'ESSAIS

3.1 ÉTALEMENT AU CÔNE D'ABRAMS

La norme NBN EN 12350-8 'Essai d'étalement au cône d'Abrams' [4] décrit la méthode de détermination de l'étalement au cône d'Abrams et du temps t_{500} pour le BAP (cf. figure 1). Le béton frais est coulé dans un moule ayant la forme d'un cône tronqué, et ce sans compactage. La consistance du béton peut être évaluée en mesurant son étalement final (*slump-flow*) en mm et sa vitesse d'étalement (t_{500}) en secondes. La vitesse d'étalement correspond au temps nécessaire au béton pour atteindre un étalement de 500 mm. Elle constitue également une indication de la viscosité

Tableau 1 Essais applicables au BAP et classes de consistance associées dans la norme NBN EN 206-9 [3].

Caractéristiques	Essais	Classes de consistance
Mobilité et capacité de remplissage	Étalement au cône d'Abrams (<i>slump-flow</i>) [4]	SF1, SF2 et SF3
Viscosité apparente	Temps t_{500} au cône d'Abrams [4]	VS1 et VS2
	Écoulement à l'entonnoir en V (<i>V-funnel</i>) [5]	VF1 et VF2
Aptitude à l'écoulement	Boîte en L (<i>L-box</i>) [6]	PL1 et PL2
	Anneau (<i>J-ring</i>) [7]	PJ1 et PJ2
Ségrégation	Stabilité au tamis [8]	SR1 et SR2

(1) Également appelé béton autocompactant (BAC), *self-compacting concrete* (SCC) en anglais et *zelfverdichtend beton* (ZVB) en néerlandais.



Fig.2 Essai d'écoulement à l'entonnoir en V.

apparente du BAP qui se traduit par un aspect collant lorsque la valeur de t_{500} est élevée. L'étalement (*slump-flow*) permet d'indiquer l'aptitude au remplissage du BAP.

3.2 ECOULEMENT À L'ENTONNOIR EN V

La norme NBN EN 12350-9 'Essai d'écoulement à l'entonnoir en V' (*V-funnel*) [5] décrit la méthode de détermination de la durée d'écoulement du BAP à travers l'ouverture d'un entonnoir en V (cf. figure 2). Pour cet essai, un entonnoir en forme de V, équipé d'une trappe, est rempli de béton frais. La trappe est ouverte 10 secondes après le remplissage et le temps nécessaire à l'écoulement du béton hors de l'entonnoir est mesuré et consigné comme la durée d'écoulement à l'entonnoir en V. Il permet d'évaluer la viscosité du BAP. Si le béton a une faible résistance à la ségrégation statique, un blocage partiel des granulats pourra également être observé, ce qui constitue une différence par rapport à la mesure du t_{500} au cône d'Abrams.

3.3 BOÎTE EN L

La norme NBN EN 12350-10 'Essai à la boîte en L' (*L-box*) [6] décrit la méthode de détermination

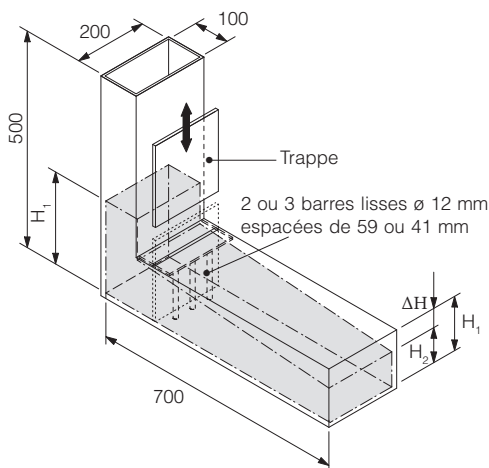


Fig.3 Essai à la boîte en L [mm].

du taux de remplissage d'un BAP à l'aide de l'essai à la boîte en L (cf. figure 3). Ce dernier permet d'évaluer l'aptitude à l'écoulement du BAP au travers de zones confinées, y compris des espaces entre les barres d'armature et autres inserts, sans aucune ségrégation ou aucun blocage. Après remplissage de la partie verticale de la boîte en forme de L et ouverture de la trappe, le béton doit passer à travers les espaces entre les armatures verticales, avant de s'écouler dans la partie horizontale. Les hauteurs du niveau de béton dans la partie verticale et à l'extrémité de la partie horizontale sont mesurées et on établit un ratio. L'essai comporte deux variantes, à savoir l'essai avec deux barres et l'essai avec trois barres. Les classes d'aptitude à l'écoulement PL1 et PL2 correspondent à ces deux variantes. L'essai avec trois barres simule un plus fort pourcentage d'armatures.

3.4 STABILITÉ AU TAMIS

La norme NBN EN 12350-11 'Essai de stabilité au tamis' [7] décrit la méthode de détermination de la résistance à la ségrégation du BAP par la mesure de la stabilité au tamis. L'essai de stabilité au tamis permet d'évaluer la résistance du BAP à la ségrégation statique, c'est-à-dire à la sédimentation des granulats, lorsque le béton est au repos. Après une période de repos de 15 minutes, on déverse du béton sur un tamis. La quantité de matière qui s'est écoulée à travers le tamis est mesurée et mise en relation avec la quantité retenue sur le tamis (cf. figure 4).

3.5 ANNEAU

La norme NBN EN 12350-12 'Essai d'écoulement à l'anneau' (*J-Ring*) [8] décrit la méthode de détermination de l'aptitude à l'écoulement en milieu confiné, lorsque le béton s'écoule à travers un anneau supportant une grille



Fig.4 Essai de stabilité au tamis.

d'armatures (cf. figure 5, p. 3). Il existe deux variantes à cet essai (avec une grille étroite ou large), simulant ainsi deux niveaux de pourcentages d'armatures différents. Le béton est déversé dans le cône d'Abrams utilisé pour la norme NBN EN 12350-8, l'anneau étant placé autour du cône. On détermine alors la différence de hauteur entre le béton à l'extérieur et au centre de l'anneau.

4 SPÉCIFICATION

La norme NBN EN 206-9 [3] complète la NBN EN 206-1 [2], et doit dès lors être utilisée avec cette dernière. Il est à noter que ces deux normes fusionneront dans un futur proche. La norme NBN EN 206-1 dispose également d'un supplément belge, la norme NBN B 15-001 [1], à laquelle il convient de se rattacher.

Comme pour un béton traditionnel, la spécification d'un BAP doit être effectuée à l'aide des exigences de base suivantes ⁽²⁾ :

- la conformité aux normes NBN EN 206-1, NBN B 15-001 et NBN EN 206-9
- la classe de résistance à la compression
- le domaine d'utilisation et la classe d'environnement
- la classe d'étalement SF (cf. norme NBN EN 206-9 pour BAP)
- la dimension nominale maximale des granulats D_{max} .

On note donc qu'en dehors de la classe d'étalement (qui remplace les classes de consistances du béton traditionnel selon la norme NBN EN 206-1), ces exigences de base sont exactement les mêmes que celles du béton traditionnel.

Elles peuvent être complétées par certaines exigences complémentaires. Outre les points repris dans la norme NBN EN 206-1, il convient de mentionner, en fonction de l'application, certaines exigences suivantes spécifiques au BAP :

- la classe de viscosité apparente VS ou VF
- la classe d'aptitude à l'écoulement PL ou PJ

⁽²⁾ Pour la spécification d'un béton traditionnel, cf. 'Prescription du béton selon la NBN B 15-001 et la NBN EN 206-1' dans les dossiers du CSTC 2006/2.10.





Fig.5 Essai à l'anneau (J-ring).

- la classe de résistance à la ségrégation SR
- d'autres exigences, telles que le temps de maintien de la consistance.

Le tableau 4 (p. 5) présente les étapes de la spécification des BAP selon les normes NBN EN 206-1, NBN B 15-001 et NBN EN 206-9.

5 EXIGENCES RELATIVES AU BAP À L'ÉTAT FRAIS

Les exigences spécifiques relatives au BAP à l'état frais dépendent fortement du type d'application visée, mais aussi :

- des conditions de confinement liées à la géométrie de l'élément en béton ainsi qu'au type, à l'emplacement et au nombre d'inserts (densité, espacement et recouvrement d'armatures, recoins éventuels, ...)
- du matériel de mise en œuvre (pompe ou non)
- des méthodes de mise en œuvre (nombre de points de remplissage)
- de la méthode de finition.

Comme mentionné ci-avant, la classe d'étalement est la seule exigence de base pour spécifier un BAP. Or, cette exigence n'est souvent pas suffisante pour prescrire un BAP en fonction de l'application visée. La classe de viscosité apparente est également un paramètre déterminant. En effet, un béton peut être très fluide et s'écouler loin (classe d'étalement SF3); tout en étant faiblement (classe de viscosité VF1) ou très visqueux (classe de viscosité VF2). Dans ce dernier cas, il s'écoulera donc lentement, mais loin. Le tableau 2 illustre les classes SF, VS et VF à considérer pour spécifier un BAP en fonction de différentes applications. Il est évident que d'autres classes (aptitude à l'écoulement en milieu confiné et résistance à la ségrégation) peuvent être spécifiées en fonction des conditions de confinement spécifiques, de la géométrie de l'élément, de la méthode de mise en œuvre ou des caractéristiques des matériaux utilisés dans le béton.

Il est important que le prescripteur et le producteur de béton se consultent afin de choisir les paramètres du BAP en fonction de l'application visée. En effet, les différentes proprié-

tés à l'état frais du BAP sont interconnectées (cf. tableau 2). A titre d'exemple, le test de la boîte en L mesure l'aptitude à l'écoulement du BAP, mais celle-ci est liée à la capacité de remplissage. Des mélanges avec de faibles capacités de remplissage sont donc plus susceptibles de montrer du blocage.

Le temps de maintien de la consistance requis dépend du temps de transport et de mise en œuvre, ainsi que de la température du béton. D'après l'annexe nationale belge de la norme prNBN B15-400 [10], la classe de consistance doit être maintenue au moins durant 30 minutes après l'arrivée sur chantier ou après remalaxage dans le cas d'ajout de superplastifiant sur chantier. En attendant la fusion des normes NBN EN 206-9 et NBN EN 206-1 ainsi que l'évolution de la certification du béton autocompactant (cf. § 7, p. 4), la classe de consistance considérée dans ce cas est déterminée selon la norme NBN EN 206-1 (et son supplément NBN B 15-001), soit une classe d'affaissement S5. Le respect de ce délai ne garantit donc pas que le béton reste autocompactant pendant 30 minutes.

6 CHOIX DES CLASSES EN FONCTION DES APPLICATIONS

La classification des BAP en fonction des applications donnée ci-dessous est basée sur le document 'European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use' [13].

6.1 MOBILITÉ ET CAPACITÉ DE REMPLISSAGE

La classe d'étalement est associée à la **mobilité et la capacité de remplissage** du BAP en milieu non confiné. Cette classe constitue une exigence de base et doit donc être spécifiée en toutes circonstances.

Les classes suivantes sont typiques d'un certain nombre d'applications :

- la classe SF1 (capacité de remplissage faible) est souvent appropriée :
 - aux structures en béton non ou faiblement armées, bétonnées par le haut, avec

un libre déplacement du point de remplissage (dalles de maison)

- au bétonnage à la pompe par injection (revêtement de tunnels)
- aux sections suffisamment petites pour éviter de grandes longueurs de cheminement horizontal (pieux et certaines fondations profondes)
- la classe SF2 (capacité de remplissage moyenne) est appropriée à de nombreuses applications courantes (voiles, poteaux, ...)
- la classe SF3 (capacité de remplissage élevée) est utilisée pour des applications verticales dans des structures de formes complexes ou comportant un ferrailage dense. Elle est normalement produite avec des granulats d'un faible diamètre maximum (inférieur à 16 mm) et donnera souvent une meilleure qualité de surface que la classe SF2 pour des applications verticales. Toutefois, la résistance à la ségrégation est plus difficile à contrôler.

6.2 VISCOSITÉ

Un BAP à **viscosité** élevée avance lentement pendant une durée prolongée. Une classe de viscosité élevée peut être utile pour limiter la pression sur le coffrage ou améliorer la résistance à la ségrégation. Une classe de viscosité faible peut se révéler intéressante lorsqu'un état de surface plus favorable est requis ou lorsque la densité d'armatures est importante. La classe de viscosité peut être spécifiée dans les cas suivants :

- la classe VS1/VF1 (faible viscosité) a une bonne capacité de remplissage, et ce même avec une forte densité de ferrailage. Le BAP a alors généralement une meilleure finition de surface. Il peut toutefois souffrir plus facilement de ressuage et de ségrégation
- la classe VS2/VF2 (viscosité moyenne à élevée) est susceptible de présenter un comportement thixotropique avec des temps d'écoulement plus longs, ce qui peut être intéressant pour limiter la pression de coffrage ou améliorer la résistance à la ségrégation. Les inconvénients de cette classe peuvent être une finition de surface inférieure (bulles d'air).

Tableau 2 Exemple de spécification des BAP pour différentes applications (source : The European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use [13]).

Classe de viscosité apparente	Classe d'étalement		
	SF1	SF2	SF3
VS2 VF2			
VS1 ou VS2 VF1 ou VF2			
VS1 VF1	SOLS ET DALLES		

Tableau 3 Exemples de spécifications.

1 Une paroi intérieure en BAP, de 20 cm d'épaisseur, avec une faible densité de ferrailage		
Classe de résistance	C25/30	
Domaine d'utilisation	béton armé	
Classe d'environnement	EI	
Classe de consistance	SF2	
D _{max}	14	
Exigences complémentaires	BAP pompable, classe de viscosité VS2	
2 Une dalle de sol intérieur en BAP, de 15 cm d'épaisseur		
Classe de résistance	C30/37	
Domaine d'utilisation	béton armé	
Classe d'environnement	EE2	
Classe de consistance	SF2	
D _{max}	20	
Exigences complémentaires	BAP pompable, classe de viscosité VS1	
3 Une poutre en BAP, avec une densité de ferrailage élevée		
Classe de résistance	C30/37	
Domaine d'utilisation	béton armé	
Classe d'environnement	EI	
Classe de consistance	SF2	
D _{max}	en fonction du plus petit espace entre armatures, selon l'annexe P de la norme NBN B15-001	
Exigences complémentaires	BAP pompable, classe de viscosité VS1, classe d'aptitude à l'écoulement PL2	

6.3 APTITUDE À L'ÉCOULEMENT

L'aptitude à l'écoulement est associée à la capacité du mélange à l'état frais à s'écouler sans perte d'homogénéité ou sans provoquer de blocage par des zones confinées et des ouvertures étroites (zones de forte densité de ferrailage, p. ex.). La définition de l'aptitude à l'écoulement doit tenir compte de la densité du ferrailage.

La dimension déterminante (intervalle d'écoulement) est le plus petit écart entre les armatures au travers desquelles le BAP doit s'écouler de manière continue pour remplir le coffrage.

Des exemples de spécifications de l'aptitude à l'écoulement sont :

- la classe PL1/PJ1 pour les structures avec un intervalle d'écoulement de 80 à 100 mm
- la classe PL2/PJ2 pour les structures avec un intervalle d'écoulement de 60 à 80 mm.

Lorsque la densité d'armatures est faible (espace entre armatures supérieur à 100 mm ou, dans le cas de dalles de faible épaisseur, à 80 mm), il peut ne pas être nécessaire de spécifier l'aptitude à l'écoulement en qualité d'exigence complémentaire. Pour des structures complexes avec un intervalle d'écoulement inférieur à 60 mm, des essais spécifiques en vraie grandeur peuvent s'avérer nécessaires.

6.4 RÉSISTANCE À LA SÉGRÉGATION

La valeur de stabilité au tamis (cf. § 3.4, p. 2), qui décrit la **résistance à la ségrégation** statique, est fondamentale pour juger l'homogénéité et la qualité du BAP. La stabilité devient de plus en plus importante lorsque la fluidité du BAP augmente et que sa viscosité diminue. Le BAP peut subir une ségrégation dynamique lors de la mise en œuvre et une ségrégation

statique après ladite mise en œuvre, mais avant son durcissement. Étant donné l'absence d'essai normalisé pour la détermination de la résistance à la ségrégation dynamique, il n'existe pas de classe permettant de spécifier cette résistance. La ségrégation statique aura des conséquences négatives plus graves sur les éléments de grande dimension, mais également sur les dalles de faible épaisseur, et pourra entraîner des défauts de surface tels qu'une fissuration ou une surface fragile. La stabilité devient un paramètre d'autant plus important que les classes d'étalement sont hautes et/ou que les classes de viscosité sont basses, ou encore que les conditions de bétonnage provoquent la ségrégation.

La classe SR1 (résistance à la ségrégation statique adéquate) est généralement applicable aux dalles de faible épaisseur et peut également être utilisée dans les applications verticales avec une distance maximale de cheminement de 5 m et un intervalle d'écoulement supérieur à 80 mm.

La classe SR2 (bonne résistance à la ségrégation statique) est plus adaptée aux applications verticales si la distance de cheminement est supérieure à 5 m avec un intervalle d'écoulement supérieur à 80 mm ou si la distance de cheminement est inférieure à 5 m avec un intervalle d'écoulement inférieur à 80 mm.

7 CERTIFICATION

Le règlement d'application TRA 550 'béton', qui décrit l'application de la certification BENOR, est relatif aux normes NBN EN 206-1 et NBN B 15-001. La certification des bétons BENOR ne comprend donc pas encore les caractéristiques autoplaçantes du béton. Cette extension de la certification devrait se faire prochainement. En attendant celle-ci et afin que le béton autocompactant puisse être livré sous la marque BENOR (comme le béton traditionnel), il y a lieu de spécifier une classe de consistance S5 (classe d'affaissement suivant les normes NBN EN 206-1 et NBN B 15-001). Il convient également de mentionner dans les exigences complémentaires que le béton doit être autoplaçant (BAP), ainsi que les exigences éventuelles pour les autres classes de consistance (viscosité, résistance à la ségrégation, ...). ■

Tableau 4 Prescriptions générales pour la spécification des BAP.

Données de base A : choisir la classe de résistance $C f_{ck,cyl}/f_{ck,cub} (^1) (^2)$									
Classe	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	C100/115	/	/
Données de base B1 : choisir le domaine d'utilisation									
BNA	Béton non armé (teneur en ions chlore rapportée à la masse de ciment $\leq 1,0$ % Cl)								
BA	Béton armé (teneur en ions chlore rapportée à la masse de ciment $\leq 0,4$ % Cl)								
BP	Béton précontraint (teneur en ions chlore rapportée à la masse de ciment $\leq 0,2$ % Cl)								
Données de base B2 : choisir la classe d'environnement									
Classe	Description	BNA Classe de résistance min.		BA/BP Classe de résistance min.					
E0	Environnement non agressif (uniquement valable pour le béton non armé)	C12/15		Pas d'application					
EI	Application intérieure (parois intérieures des habitations ou immeubles de bureaux)	C12/15		C16/20					
<i>EE</i>	<i>Environnement extérieur</i>								
EE1	Pas de gel (fondations sous le niveau de gel, ...)	C12/15		C20/25					
EE2	Gel, mais pas de contact avec la pluie (garage ouvert couvert, vide sanitaire, passage ouvert dans un bâtiment, ...)	C25/30		C25/30					
EE3	Gel et contact avec la pluie (murs extérieurs exposés à la pluie, ...)	C25/30		C30/37					
EE4	Gels et agents de déverglaçage (éléments d'infrastructure routière, ...)	C35/45 C25/30 – A ⁽³⁾		C35/45 C30/37 – A ⁽³⁾					
<i>ES</i>	<i>Environnement marin</i>								
	Pas de contact avec l'eau de mer, mais bien avec l'air marin (jusqu'à 3 km de la côte) et/ou avec de l'eau saumâtre								
ES1	Pas de gel (fondations sous le niveau de gel exposées à de l'eausaumâtre, ...)	C20/25		C30/37					
ES2	Gel (murs extérieurs de bâtiments en zone côtière, ...)	C25/30		C30/37					
	Contact avec de l'eau de mer								
ES3	Eléments immergés	C25/30		C35/45					
ES4	Eléments exposés aux marées et aux éclaboussures (murs de quai, ...)	C35/45 C25/30 – A ⁽³⁾		C35/45 C30/37 – A ⁽³⁾					
<i>EA</i>	<i>Environnement agressif (toujours en combinaison avec une des classes d'environnement ci-dessus)</i>								
EA1	Environnement à faible agressivité chimique	C25/30		C25/30					
EA2	Environnement à agressivité chimique modérée	C30/37		C30/37					
EA3	Environnement à forte agressivité chimique	C35/45		C35/45					
Données de base C : choisir la classe d'étalement									
Classe	Etalement en mm ^{a, b}								
SF1	550 à 650								
SF2	660 à 750								
SF3	760 à 850								
Données de base D : choisir la dimension nominale maximale D_{max}									
Choisir D_{max} dans cette série : 6 8 10 11 12 14 16 20 22 32 40 45 63									
Données complémentaires E									
En rapport avec le type de ciment, la composition, le béton frais, la mise en oeuvre, le béton durci. Exemples : ciments HSR, béton pompable, ciment LA, résistance à l'absorption d'eau WAI(0,50), ...									
Classe de viscosité apparente									
Classe	t_{500} (s) ^{a, b}								
VS1	< 2,0								
VS2	$\geq 2,0$								
Classe	Temps (s) relatif à l'essai d'écoulement à l'entonnoir en V ^{a, b}								
VF1	< 9,0								
VF2	9,0 à 25,0								

Classe d'aptitude à l'écoulement	
Classe	Taux de remplissage (-) ^a
PL1	≥ 0,80 avec 2 armatures
PL2	≥ 0,80 avec 3 armatures
Classe	Palier de l'étalement à l'anneau (mm) ^{a, b}
PJ1	≤ 10 avec 12 armatures
PJ2	≤ 10 avec 16 armatures
Classe de résistance à la ségrégation	
Classe	Pourcentage de laitance (%) ^{a, b}
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

(¹) $f_{ck,cyl}$ = résistance sur cylindre (N/mm²; cylindre de 300 mm de hauteur x 150 mm de diamètre).
 $f_{ck,cub}$ = résistance sur cube (N/mm²; cube de 150 mm de côté).
(²) Tenir compte de la classe d'environnement pour le choix de la classe de résistance.
(³) – A : béton avec air entraîné.

BIBLIOGRAPHIE

- Bureau de Normalisation
NBN B 15-001 Béton. Spécification, performances, production et conformité. Complément national à la NBN EN 206-1. Bruxelles, NBN, 2012.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 206-1 Béton. Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité. Bruxelles, NBN, 2001.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 206-9 Béton. Partie 9 : Règles complémentaires pour le béton autoplaçant. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 12350-8. Essai pour béton frais. Partie 8: Béton autoplaçant. Essai d'étalement au cône d'Abrams. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 12350-9. Essai pour béton frais. Partie 9: Béton autoplaçant. Essai d'écoulement à l'entonnoir en V. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 12350-10. Essai pour béton frais. Partie 10: Béton autoplaçant. Essai à la boîte en L. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 12350-11. Essai pour béton frais. Partie 11: Béton autoplaçant. Essai de stabilité au tamis. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 12350-12. Essai pour béton frais. Partie 12 : Béton autoplaçant. Essai d'écoulement à l'anneau. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
NBN EN 13670. Exécution des structures en béton. Bruxelles, NBN, 2010.
- Bureau de Normalisation
prNBN B15-400. Exécution des structures en béton. Annexe nationale. Bruxelles, NBN, 2011.
- Cauberg N. et Dieryck V.
Caractériser et contrôler un béton autocompactant in situ. Quels enseignements tirer des méthodes d'essai sur béton frais ? Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, Les Dossier du CSTC, n° 4, Cahier 4, 2005.
- De Schutter G., Bartos P.J.M., Domone P. et Gibbs J.
Self-Compacting Concrete. Caithness (GB), Whittles Publishing, 2008.
- European Project Group
The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Specification, Production and Use. Knowle (GB), EPG (BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA, EFNARC), mai 2005.