

ESSAIS DE CARACTERISATION DES BETONS AUTOPLAÇANTS A L'ETAT FRAIS

CHERAÏT. Y¹, KECHKAR. C¹, BENOUIS. A¹

¹Laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique
Université de Guelma, BP 401 24000, Algérie
Fax : (037) 20 72 68

RESUME

Le contrôle des caractéristiques des bétons autoplaçants à l'état frais constitue une première condition pour garantir une application correcte de ce matériau. Ses principales caractéristiques se développent en effet à l'état frais et peuvent être décrites en termes de fluidité, de viscosité, de risque de blocage et de ségrégation. Ces propriétés ne peuvent pas être mesurées par les méthodes traditionnelles. Cet article présente les principaux essais utilisés pour la caractérisation des bétons autoplaçants à l'état frais.

MOTS CLES : béton autoplaçant, état frais, consistance, ségrégation, ressuage.

1. INTRODUCTION

Ces dernières années ont vu le développement d'un nouveau type de béton: le béton autoplaçant ou encore BAP. C'est un béton très fluide, homogène et stable, mis en place sans vibrations externes. Le compactage se faisant uniquement par le poids du béton, et confère à la structure une qualité au moins équivalente à celle correspondant aux bétons classiques.

Les bétons autoplaçants se distinguent principalement des bétons classiques par leurs propriétés à l'état frais résultant des principes de formulation spécifiques. Il existe de nombreux procédés pour effectuer le contrôle de ces propriétés. Ils vont du complexe et coûteux rhéomètre à béton, jusqu'au simple cône servant à la mesure de l'étalement (Slump-flow). Les divers procédés d'essais fréquemment utilisés pour caractériser les BAP à l'état frais sont illustrés ci-après.

2. ESSAIS DE CARACTERISATION

Le béton autoplaçant à l'état frais et à l'état durci a fait l'objet de nombreuses recherches ces dernières années. Celles-ci ont permis de mettre au point ou d'adapter les procédures pour la détermination de certaines caractéristiques [1]. Parmi les essais les plus utilisés pour la caractérisation des bétons autoplaçants à l'état frais, on pourra citer :

1. La détermination de la consistance au cône d'Abram's,
2. La détermination de la consistance et du risque de blocage à l'aide du J-Ring,
3. La détermination du risque de blocage à l'aide de la boîte en L,
4. La détermination de la vitesse d'écoulement à l'aide du V-Funnel,
5. La détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité au tamis,
6. La détermination du ressuage.

2.1. Détermination de la consistance au cône d'Abram's [2]

C'est un essai dérivé de l'essai d'affaissement, sauf qu'au lieu de mesurer l'affaissement, on mesure cette fois-ci le diamètre moyen de la galette formé par le béton lors de l'étalement.

2.1.1. Matériel utilisé

- Une plaque carré d'au moins 90 centimètres de côté,
- Un cône d'Abram's,
- Une règle de 90 centimètres.

2.1.2. Mode opératoire

- Placer la plaquette sur un support stable et horizontal (figure 1),
- Humidifier la surface de la plaque, et éliminer l'eau en excès avec un chiffon,
- Placer le cône d'Abram's au centre de la plaque, et le faire remplir avec le béton en versant de manière continue, jusqu'à la face supérieure du cône,
- Araser si nécessaire à l'aide d'une truelle et nettoyer la plaque si nécessaire avec un chiffon humide,
- Soulever le cône verticalement à l'aide des deux poignées,
- Une fois que le béton s'est étalé sur la table, mesurer le diamètre final sur deux côtés perpendiculaires,
- Noter le résultat des deux valeurs. Si les deux valeurs diffèrent de plus de 5 cm, l'essai doit être invalidé et reconduit,
- Le résultat final est la moyenne des deux valeurs obtenues. Soit :

$$\text{Slump Flow} = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)$$

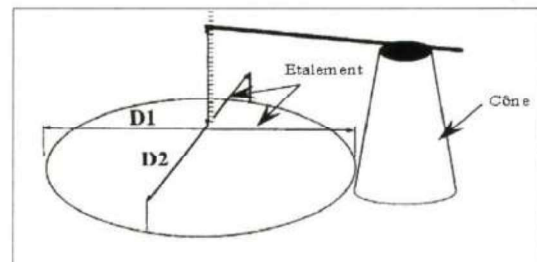


Figure 1 : Essai d'étalement.

En pratique, on vise habituellement un étalement compris entre 60 et 70 cm pour un béton autoplaçant.



Figure 2 : Exemple d'étalement d'un BAP.

2.2. Détermination de la consistance et du risque de blocage à l'aide du J-Ring [3]

L'essai d'étalement modifié (J-Ring) a été développé au Japon. Il nécessite les équipements suivants (figure 3) :

- Un cône d'Abram's,
- Une plaque carrée de 90 centimètres de côté,
- Un anneau métallique de 300 mm de diamètre sur lequel sont soudés des barres d'armatures (Ø16 à 18 mm), espacées régulièrement d'environ deux fois et demi leur diamètre Ø.

L'essai consiste à :

- Mettre l'anneau au centre de la plaque,
- Placer le cône d'Abram's au centre de l'anneau, et le faire remplir avec le béton en versant de manière continue, jusqu'à la face supérieure du cône,
- Soulever le cône verticalement, et laisser le béton s'écouler au travers les barres d'armature afin de pouvoir évaluer sa tendance au phénomène de blocage.

Le béton BAP satisfait pleinement aux performances recherchées de fluidité avec faible tendance à la ségrégation et d'enrobage complet des armatures, lorsque il s'écoule de manière uniforme au travers de cet anneau et lorsque la répartition des granulats paraît homogène, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'anneau.

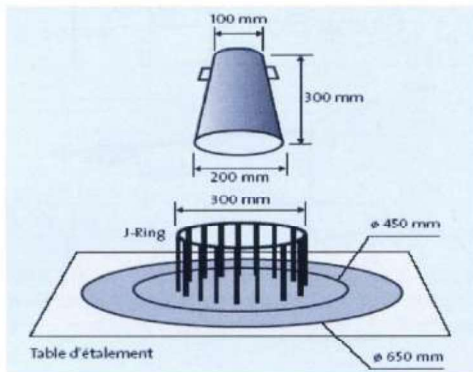


Figure 3 : Essai J-Ring.

Les valeurs cibles pour un béton autoplaçant correspondent à un étalement compris entre 45 et 65 cm.

2.3. Détermination du risque de blocage à l'aide de la boîte en L

Cet essai permet de tester la mobilité du mélange frais en milieu confiné et de vérifier que la mise en place du béton ne sera pas contrariée par des phénomènes de blocage inacceptables tel que la présence d'armatures par exemple (figure 4).

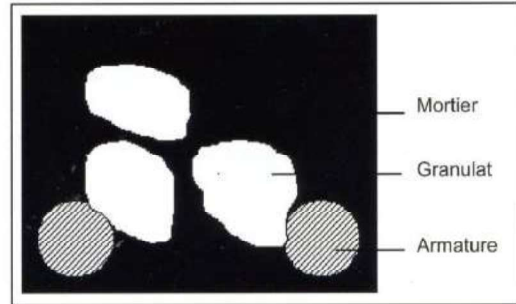


Figure 4 : Blocage des granulats par la présence d'armatures.

Son principe est le suivant :

- La partie verticale de la boîte est entièrement remplie de béton (figure 5),
- Après arasement, on laisse le béton reposer pendant une minute, puis on lève la trappe et on laisse le béton s'écouler dans la partie horizontale de la boîte à travers le ferrailage,
- Quand le béton ne s'écoule plus, on mesure les hauteurs H_1 et H_2 .

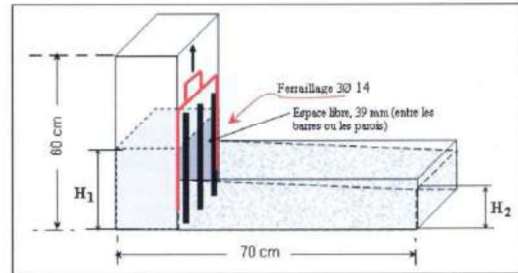


Figure 5 : Essai de la boîte en L.

On vise un rapport $\left(\frac{H_2}{H_1}\right)$ d'au moins 0.8 pour un béton autoplaçant [2].

Beaucoup d'autres essais similaires à celui de la boîte en L sont utilisés partout dans le monde pour caractériser l'aptitude de remplissage du béton tel que l'essai en U (figure 6).

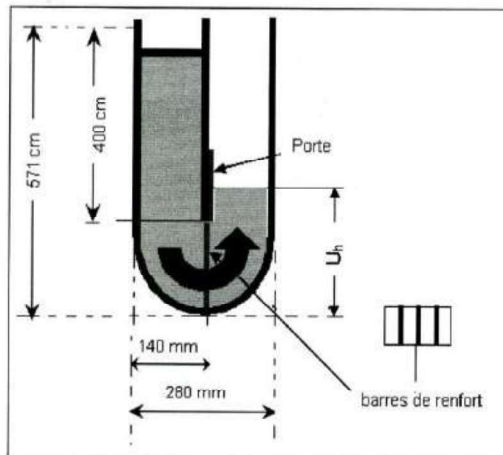


Figure 6 : Essai en U [4].

Pour l'essai en U, on vise une hauteur $U_h \geq 30$ cm. L'essai en U ne nécessite pas une grande quantité du béton, ce qui constitue un avantage certain.

2.4. Détermination de la vitesse d'écoulement à l'aide du V-Funnel [3]

2.4.1. Matériel utilisé

- Un entonnoir dont les dimensions sont définies à la figure 7,
- Un chronomètre.

2.4.2. Mode opératoire

La procédure d'essai avec l'entonnoir est la suivante:

- S'assurer que le clapet de fermeture à la base de l'entonnoir est fermé,
- Remplir l'entonnoir en béton jusqu'en haut,
- Raser si nécessaire à l'aide d'une truelle,
- Ouvrir le clapet de fermeture, le béton va s'écouler,
- Mesurer le temps nécessaire jusqu'à ce que l'entonnoir se soit entièrement vidé.

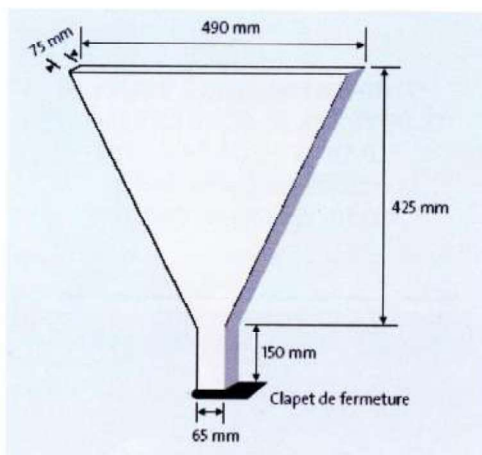


Figure 7 : Essai d'entonnoir.

Le temps d'écoulement au cône est souvent utilisé comme critère pour définir la viscosité du béton autoplaçant. Un temps d'écoulement

compris entre 8 et 14 secondes est recommandé pour le béton autoplaçant.

2.5. Détermination de la résistance à la ségrégation par l'évaluation de la stabilité au tamis [2]

2.5.1. Matériel utilisé

- Un seau de 10 litres équipé d'un couvercle,
- Un tamis de 5 mm, ainsi qu'un fond,
- Une bascule de précision (pesée minimale 20 grammes).

2.5.2. Mode opératoire

- Après le malaxage du béton, verser le béton dans le seau. Le temps d'attente entre l'arrêt de malaxage et le prélèvement doit être inférieur à 30 secondes,
- Couvrir le seau pour protéger le béton de la dessiccation, et attendre 15 minutes,
- Peser le fond et le tamis à vide,
- Peser le fond seul,
- Poser tamis + fond sur la bascule, et faire la tare,
- Après 15 minutes, verser sur le tamis un poids de béton égal à 4,8 kg,
- Noter le poids réel de l'échantillon,
- Attendre 2 minutes, puis faire la tare,
- Peser le fond avec la laitance.

Nous avons :

- Calculer le pourcentage en poids de laitance par rapport au poids de l'échantillon :

$$\pi = \left(\frac{P_{\text{laitance}}}{P_{\text{échantillon}}} \right) 100$$

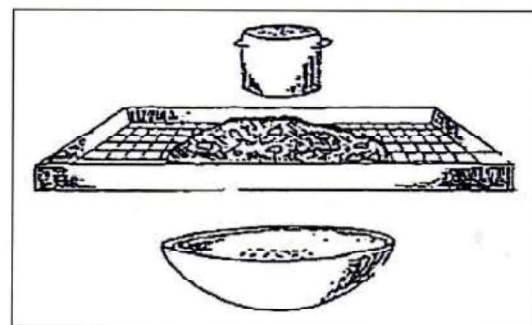


Figure 8. Essai de la stabilité au tamis

En fonction du résultat trouvé, on classe les bétons comme suit :

% de laitance π	Classement de la formulation
$0 \leq \pi \leq 15$	Stabilité satisfaisante
$15 < \pi \leq 30$	Stabilité critique
$\pi > 30$	Stabilité très mauvaise (béton inutilisable)

Tableau 1 : Classement de la formulation selon le pourcentage π .

2.6. Essai de ressuage

Le risque de ressuage se trouve accru dans les bétons autoplaçants, à cause de sa liquidité prononcée. Pour en évaluer le risque, un essai a été proposé par Kaplan dont nous reprenons ci-après la démarche.

2.6.1. Matériel nécessaire

- Aéromètre volumétrique à béton (figure 9),
- Un entonnoir et du papier filtre,
- Du perchloréthylène (il s'agit d'un liquide ayant une densité de 1,59).

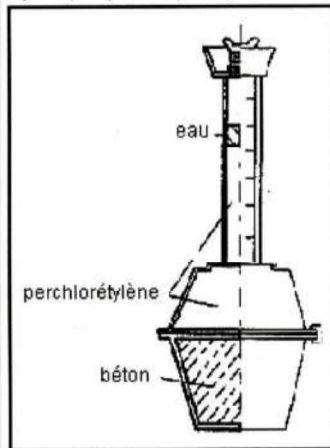


Figure 9 : Aéromètre à béton

2.6.2. Mode opératoire

- Humidifier les parois de l'aéromètre;
- Remplir le moule;
- Talocher la surface;
- Nettoyer les bords du moule;
- Poser le moule sur le plateau;
- Mettre en place la partie supérieure de l'appareil et serrer la vis;
- Remplir l'appareil avec du perchloréthylène jusqu'au niveau «zéro»;
- Fermer toutes les vannes;
- Noter le niveau total et le niveau d'eau de ressuage surnageant le perchloréthylène à : 3, 5, 10, 15, 30 et 60 minutes puis la stabilisation
- Ouvrir les vannes et vider le perchloréthylène sur le plateau;
- Vider et nettoyer l'appareil;
- Récupérer le perchloréthylène dans un récipient en le filtrant avec du papier filtre.

Les résultats du ressuage en fonction du temps sont reportés sur un graphique, dont l'allure générale est reproduite à la figure 10.

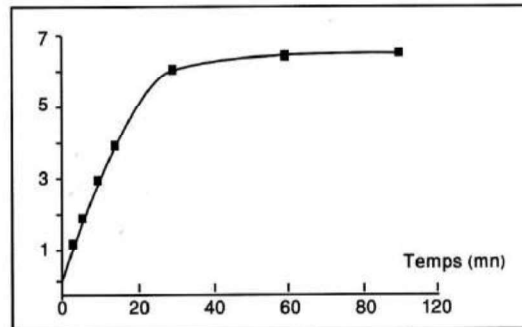


Figure 10 : Courbe typique du ressuage [2].

3. CONCLUSIONS

Cette recherche bibliographique nous a permis de présenter les principaux essais de caractérisation des bétons autoplaçants à l'état frais ainsi que les valeurs cibles (ou limites) préconisées par différents groupes de travail ayant travaillé sur le sujet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **CSTC contact** : Edition du Centre Scientifique et Technique de la Construction, Trimestriel – N° 8 – 4e trimestre 2005.
- [2] **Bétons autoplaçants** : recommandations provisoires, AFGC. Annales du Bâtiment et des Travaux Publics, juin 2000 N° 3.
- [3] **Le béton autoplaçant** : Recommandations éditée par Holcim Suisse SA, 26 Novembre 2004.
- [4] **Chiara F. Ferraris et al** : «Workability of Self-Compacting Concrete». Colloque international sur les bétons hautes performances, Orlando, La Floride, USA. 25 – 27 Septembre 2000.