

EVALUATION EXPÉRIMENTALE DES PERFORMANCES MÉCANIQUES ET DE COLLAGE DU BÉTON DE REPRISE DE BÉTONNAGE

IDIR Mustapha¹, SOUICI Messaoud², HAKIMI Laabed³, BELHAMEL Farid⁴.

¹ Chargé de recherches

² Maître de recherches

³ Chargé de recherches

⁴ Maître de recherches

Département Technique des Structures et Ouvrages (DTSO)

Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment – CNERIB Alger - Algérie.

e-mail : mridi@yahoo.fr

Résumé : L'objet du présent article est d'exposer les résultats des essais effectués au laboratoire du CNERIB (Centre National de Recherches Intégrées du Bâtiment), sur le comportement mécanique d'un béton confectionné en deux phases interrompues par des temps d'arrêt s'étalant sur la durée de durcissement du béton. Cette interruption simule l'arrêt imprévu et la reprise d'une opération de bétonnage pouvant se produire dans un chantier. L'influence de ce temps d'arrêt sur le comportement mécanique du béton, ainsi coulé, peut être liée à plusieurs paramètres dont le temps de prise du ciment, l'ajout ou non d'un retardateur de prise et la température ambiante. Les essais réalisés ont porté sur la capacité d'adhérence, par flexion ou par traction directe, d'une pièce de béton formée de deux demi-prismes dont le coulage a été fait en deux temps différents. Le temps critique au delà duquel l'intégrité du béton bicouche est conservée a été déterminé. Les résultats de cette investigation ont mis en évidence l'influence de la classe du ciment utilisé. La durée du temps d'arrêt limite est liée à l'amorce de la phase du durcissement.

Mots-Clefs : reprise de bétonnage, adhérence, prise du ciment, essai de traction

1. Introduction

Les performances mécaniques d'un béton ayant subi par intervalles de temps, des interruptions marquées par des reprises de bétonnage lors de sa mise en œuvre, dépendent de plusieurs paramètres tels que : la classe et la prise du ciment utilisé, le rapport E/C (plasticité du béton), la température ambiante, l'ajout d'adjuvants etc. [2]

L'objet de la présente étude expérimentale est de reproduire au laboratoire des reprises de bétonnage sur des éprouvettes de béton aux caractéristiques préalablement déterminées.

Les deux paramètres très influents [3] retenus pour cette expérimentation sont : la classe du ciment et le rapport E/C caractérisant la plasticité du béton étudié.

Des séries de corps d'épreuve en béton ont été confectionnées avec les deux classes de ciment CPA-CEMI 42.5 et CPA-CEMI 32.5 et pour chaque classe correspondaient deux mesures de plasticité (affaissement au cône d'Abrams) : plastique et très plastique soit, respectivement des affaissements, 10 à 12 cm et 14 à 16 cm.

2. PROGRAMME EXPERIMENTAL ET MATERIAUX UTILISES

Pour la confection des corps d'épreuve, une étude de composition du béton a été effectuée et a permis de définir 04 types de béton formulés en fonction de la classe du ciment utilisé et de la plasticité.

Les caractéristiques des matériaux utilisés sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des granulats utilisés.

Granulats	Caractéristiques des granulats						
	Provenance	Classe granulaire réelle	Module de finesse	Masse volumique réelle (t/m^3)	Masse volumique en vrac (t/m^3)	Equivalent de sable	Taux d'impuretés (%)
Sable noir (SN)	Baghlia	0/6.3	3.2	2.50	1.49	78	-
Sable jaune (SJ)	Boussada	0/0.4	1.2	2.52	1.47	63	-
Mélange SN+SJ (65% 35%)	-	0/5	2.5	2.50	1.47	76	-
Gravillon 5/15	Keddara	4/16	-	2.58	1.42	-	0.7
Gravillon 15/25	Keddara	12.5/25	-	2.65	1.41	-	0.8

Deux types de ciments sont utilisés : CPA-CEMI I de classe 42.5 et CPA-CEMI I de classe 32.5. Le béton préparé est un béton à granulométrie continue

dont la composition, obtenue selon la méthode Dreux – Gorisse, est donnée par le tableau 2.

Tableau 2 : Formulations du béton utilisé

Sable noir 0/6.3 (Baghlia) (Kg/m^3)	Sable jaune 0/0.4 (Boussada) (Kg/m^3)	Gravillon 5/15 (Keddara) (Kg/m^3)	Gravillon 12.5/25 (Keddara) (Kg/m^3)	Ciment CPA CEM I (Kg/m^3)
480	160	315	798	350

A partir de cette composition, des séries de corps d'épreuve cubiques 15x15x15 cm ont été confectionnées pour chaque type de ciment. A chaque composition correspondent une ouvrabilité et un E/C donnés dans le tableau 3. Ces corps d'épreuve sont constitués de deux couches de béton d'épaisseurs égales, coulées en 02 temps (figure 1a et 1b). Le temps séparant le coulage des deux couches varie de 15 mn à 5h; soit six (06) inter-

valles de temps : $t=15mn$, $t=45mn$, $t=1h45mn$, $t=3h$, $t=4h$, $t=5h$ couvrant ainsi l'intervalle de temps allant du début à la fin de prise du ciment.

Au total, quatre séries de corps d'épreuve cubiques 15x15x15cm ont été préparées (figure 1c et 1d) comportant chacune 18 éprouvettes.

Les corps d'éprouvettes ont été conservés dans des conditions de température et d'humidité normales

Tableau 3 : Séries de composition préparées

Composition	Type de ciment	Ouvrabilité	E/C
C1	42.5	plastique*	0.52 à 0.60
C2	42.5	très plastique**	0.52 à 0.60
C3	32.5	plastique	0.52 à 0.60
C4	32.5	très plastique	0.52 à 0.60

* Affaissement au cône d'Abrams 10 à 12 cm

** Affaissement au cône d'Abrams 14 à 16 cm

**a) Coulage de la 1^{ère} couche des épreuves cubiques 15 x 15x15cm****b) Reprise de bétonnage par le coulage de la 2^{ème} couche après un intervalle de temps « t »****c) Etat des épreuves, 24 h après démoulage, (trace de la reprise de bétonnage au milieu de l'éprouvette).****d) Série de 18 éprouvettes cubiques 15x15x15cm en phase de durcissement****Figure 1 : Préparation des éprouvettes cubiques 15x15 x15cm**

Des carottes cylindriques de diamètre $\varnothing = 5.5\text{cm}$ et de hauteur $h=15\text{cm}$ ont été extraites à partir des éprouvettes cubiques (béton bicouche) à 28 j d'âge (fig. 2), sur lesquelles des essais mécaniques de traction par flexion et de traction directe ont été effectués.

**Figure 2 : Extraction, par carottage, d'éprouvettes cylindriques du cube 15x15x15cm (Béton bicouche)**

L'essai de traction par flexion est provoqué sur un banc d'essai de flexion 3 points (fig. 3, 4 et 5), lui-même inséré dans une machine de traction 10KN. L'ensemble est relié à un système d'acquisition permettant d'enregistrer la force et le déplacement. L'essai a été réalisé en mode de déplacement contrôlé sous une vitesse de 1mm/mn.

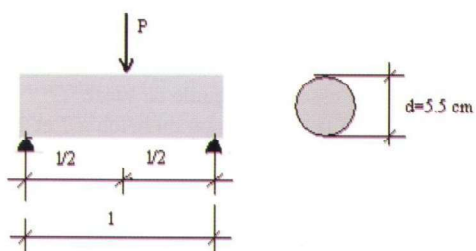


Figure 3 : Schéma statique de l'essai de traction par flexion



Figure 4 : Carotte extraite du cube soumise à l'essai de traction par flexion

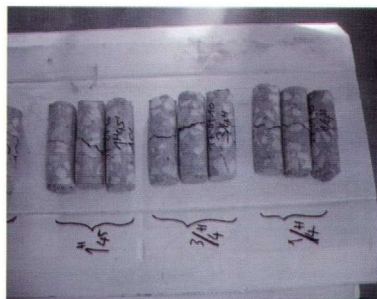


Figure 5 : Rupture à l'interface de reprise de bétonnage

Pour l'essai de traction directe, un dispositif, permettant de développer cette traction directe dans l'éprouvette, a été conçu en scellant sur les deux extrémités de l'éprouvette une pastille en laiton de même section. Une tige métallique filetée est fixée dans l'axe de chacune des deux pastilles (figure 6).

L'essai de traction directe est alors réalisé en introduisant les deux tiges dans les mords de la machine. En actionnant sur cette dernière, l'éprouvette est ainsi soumise à l'effort de traction jusqu'à la rupture.

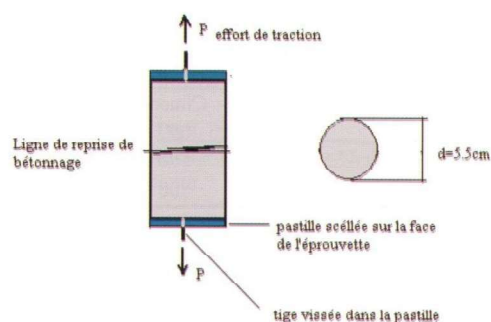


Figure 6 : Schéma statique de l'essai de traction direct



Figure 7 : Préparation des éprouvettes à l'essai de traction directe

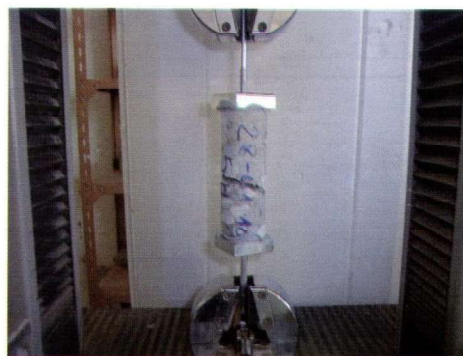


Figure 8 : Rupture à l'interface de reprise de bétonnage

3. RESULTATS

Les résultats des essais préliminaires, ayant portés sur la mesure du début et fin de prise des ciments utilisés ainsi que les résistances à la compression des compositions retenues, sont donnés dans les tableaux 4 et 5

Le temps de prise est le temps écoulé entre l'instant où l'on mélange le ciment et l'eau et celui où l'aiguille s'arrête à 4 mm du fond de l'anneau du dispositif d'essai de l'aiguille de Vicat.

La résistance à la compression du béton à 7 et 28 jours a été mesurée conformément à la norme NF

Tableau 4 : Début et fin de prise des ciments utilisés

Désignation du ciment	Constituants de la pâte		Temps du début de prise	Temps de fin de prise	Intervalle de temps
	Ciment (gr)	Eau (gr)			
Ciment 42.5	500	130	02h 50mn	05h 00	02h 10mn
Ciment 32.5	500	125	04h 45mn	05h 25mn	0h 40mn

Tableau 5 : Résistances à la compression (MPa) des bétons confectionnés pour les essais

Composition	R _c à 7 jours (MPa)	R _c à 28 jours (MPa)
C1	19.3	27.0
C2	17.7	23.6
C3	11.5	16.0
C4	11.2	15.7

Les résultats des essais mécaniques de traction par flexion sont donnés par le tableau 6 et représentés sur le graphique de la figure 10.

Tableau 6 : Résistances à la traction par flexion (MPa) en fonction du délai de reprise de bétonnage

Composition	t = 15 mn	t = 45 mn	t = 105mn (1h 45 mn)	t = 180 mn (3h)	t = 240 mn (4h)	t = 300 mn (5h)
C1	3.11	2.55	2.25	2.30	2.69	1.81
C2	2.93	2.77	1.93	1.07	1.13	0.77
C3	2.35	2.43	2,16	1.86	1.99	1.15
C4	2.16	2.50	2.34	1.85	1.80	1.64

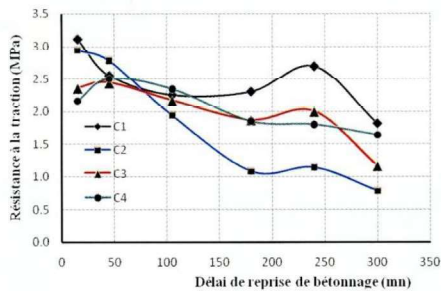


Figure 10 : Chute de la résistance à la traction du béton en fonction du délai de reprise de bétonnage

Un examen de ces résistances permet de retrouver les mêmes allures de variation obtenus par d'autres travaux [3] effectués sur des bétons autoplaçants par des essais de cisaillement.

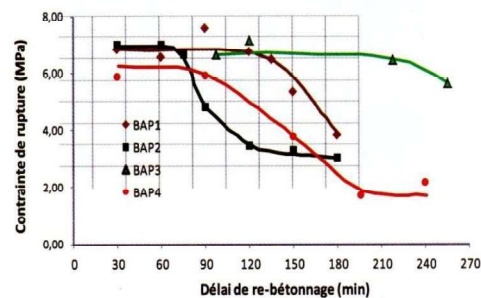


Figure 11 : Résultats de travaux similaires [3] par des essais de cisaillement pour béton autoplaçant.

Les résultats des essais de traction directe sont donnés par le tableau 7.

Tableau 7 : Résultats des essais de traction directe (en MPa) en fonction du délai de reprise de bétonnage

	t = 15 mn	t = 45 mn	t = 1h 45 mn	t = 3 h	t = 4h	t = 5h
C1	1.60	1.41	1.25	0.85	0.64	0.60
C2	1.30	1.12	1.00	0.45	0.39	0.42
C3	1.36	1.20	1.06	1.02	0.95	1.00
C4	1.09	0.98	0.84	0.55	0.47	0.38

4 - Commentaires et conclusions

Les résultats obtenus montrent une chute de résistance à la traction, d'une façon générale (par flexion ou uniaxiale) du béton, au fur et à mesure que le délai de reprise de bétonnage augmente et ce, quel que soit la classe du ciment et l'ouvrabilité du béton. Toutefois, on note que cette chute est nettement prononcée pour les bétons de ciment de classe 42.5 ; alors que dans les bétons de ciment de classe 32.5, elle est moins significative.

Tableau 8. Chute de la résistance à la traction uniaxiale (en %) par rapport à la résistance à la traction uniaxiale du béton témoin

Composition	t = 15mn	t = 105mn (1h45mn)	t = 180mn (3h)	t = 300mn (5h)
C1	0	24%	65%	67%
C3	0	23%	50%	52%

Les résultats montrent une chute de résistance à la traction d'une manière générale, qu'elle soit par flexion ou directe, au fur et à mesure que le délai de reprise de bétonnage augmente.

Cette chute de résistance est d'autant plus importante dans la composition C2 (ciment 42.5 et consistance très plastique) et peut atteindre 74%.

Aussi, on note que dans le cas d'un ciment 32.5 (compositions C3 et C4), la chute de résistance ne devient significative qu'à partir d'un délai de 4 h soit 240mn et dépasse les 20%.

Ceci s'explique par le délai de prise du ciment utilisé qui est presque 02 fois plus important dans les ciments CEM 32.5 que dans les ciments 42.5

5. Conclusion

Le travail expérimental effectué a mis en évidence l'influence de la phase avant durcissement ou le

début de prise d'un ciment [4] dans le cas d'une reprise de bétonnage. En effet, le temps de reprise de bétonnage est d'autant plus important que l'amorce de la phase de durcissement le soit aussi. Pour les deux classes de ciments testés, les délais critiques de reprise de bétonnage peuvent être considérés de l'ordre de 2h et 4h respectivement pour le ciment 42.5 et le ciment 32.5.

L'étude de l'influence des paramètres tels que la variation de la température ambiante [5], et la variation du type d'essais (cisaillement) pourrait être envisagée à l'avenir

6. Références

1. *Evaluation de l'influence du délai de reprise de bétonnage sur les performances mécaniques des reprises de bétonnage et de la durée de prise d'un béton – projet de recherches CNERIB 2009*
2. *Norme NF EN 934 -2 r- Adjuvants pour béton et mortiers*
3. *Etudes des reprises de bétonnage de bétons autoplaçants - Philippe Devillers- Centre des Matériaux de Grande Diffusion, Ecole des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, 30319 ALES cedex-France – Décembre 2006.*
4. *Contribution à l'étude des transferts gazeux et liquide au sein des parois en béton endommagées sous sollicitation thermo-hydrrique – Partie expérimentale – Thèse INSA de Lyon – 2006.*
5. *Techno-béton Bulletin technique N° 12 « le bétonnage par temps froid » publié par l'association béton Québec- Canada – Août 2005.*