

Référence : 26080930-00187078- 00221099

APPRÉCIATION DE LABORATOIRE N°AL19-253_v8.1 POUR AVIS TECHNIQUE

Planchers, murs, poteaux et poutres coulés en place en béton à base de liant H-UKR - Caractérisation du comportement à hautes températures

Demandeur :

Hoffmann Green Cement Technologies
6, rue de la Bretauière
Chailles sous les ormeaux
85310 Rives de L'YON

Rédacteur(s)	Vérificateur(s)	Approbateur	Version	Date
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Olivier CHEZE	1.6	15/11/2021
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Olivier CHEZE	2	31/01/2022
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Olivier CHEZE	3	16/02/2022
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Philippe LEBLOND	4	20/10/2022
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Philippe LEBLOND	5	24/10/2022
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Seddik SAKJI	6	04/03/2024
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Seddik SAKJI	7	07/03/2024
Yahia MSAAD	Pierre PIMIENTA	Seddik SAKJI	8	23/10/2024
Yahia MSAAD 	Pierre PIMIENTA 	Seddik SAKJI 	8.1	03/02/2025

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral, sauf accord particulier du CSTB. Ce document comporte 6 pages.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

SOMMAIRE

1. OBJET	4
2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES	4
3. DESCRIPTION ET DOMAINE D'EMPLOI DU PROCÉDÉ	4
3.1. DESCRIPTION DU PROCEDE	4
3.2. DOMAINE D'EMPLOI DU PROCEDE.....	5
4. RAPPEL DES CONCLUSIONS DE L'AL V8	6
5. VALIDITÉ	6

1. OBJET

Cette appréciation de laboratoire est destinée à une évaluation, selon l'arrêté du 22 mars 2004 du Ministère de l'intérieur, modifié le 14 mars 2011, du comportement au feu du béton H-UKR.

L'objet de la mission est de caractériser le comportement à hautes températures des planchers, murs, poteaux et poutres coulés en place avec du béton utilisant un liant non standard qui est le ciment H-UKR.

Le système d'activation du **ciment H-UKR** permet d'utiliser ce produit sans aucun ajout de clinker dans sa formulation. Le **ciment H-UKR** est utilisé pour différents domaines de la construction et notamment pour le « béton prêt à l'emploi » (BPE) et la « préfabrication béton » en usine.

L'objet de cette Appréciation de Laboratoire concerne l'utilisation du ciment H-UKR pour le coulage en place des planchers, murs, poteaux et poutres tel que décrit dans l'ATEX cas A. Elle est applicable également pour le remplissage des noyaux de prémurs et des blocs de coffrage.

L'Appréciation de Laboratoire V8.1 constitue une version abrégée de la version complète V8, laquelle détaille les analyses, essais et démarches adoptés pour évaluer le comportement au feu du béton H-UKR. Cette version synthétique se limite aux éléments fondamentaux : documents de référence, domaine d'emploi et conclusions.

2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES

- [1] Arrêté du 22 mars 2004, modifié par l'Arrêté du 14 mars 2011.
- [2] Eurocode 0 : Bases de calculs des structures (NF EN 1990, Mars 2003).
- [3] Eurocode 1 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (NF EN 1991-1-1, Mars 2003).
- [4] Eurocode 2 : Calcul des structures en béton, Partie 1.1 : Règles générales et règles pour les bâtiments (NF EN 1992-1-1, Octobre 2005).
- [5] Eurocode 1 : Actions sur les structures, Partie 1.2 : Actions sur les structures exposées au feu (NF EN 1991-1-2, Juillet 2003).
- [6] Annexe Nationale de l'Eurocode 1 : Actions sur les structures, Partie 1.2 : Actions sur les structures exposées au feu (NF EN 1991-1-2/NA, Février 2007).
- [7] Eurocode 2 : Calcul des structures en béton, Partie 1.2 : Généralités – Calcul du comportement au feu (NF EN 1992-1-2, Octobre 2005).
- [8] Annexe Nationale de l'Eurocode 2 : Calcul des structures en béton, Partie 1.2 : Généralités – Calcul du comportement au feu (NF EN 1992-1-2/NA, Octobre 2007).
- [9] Pimienta & all, September 2018, Physical properties and behaviour of High-Performance Concrete at high temperature, State-Of-The-Art Report of the RILEM Technical Committee 227-HPB,

3. DESCRIPTION ET DOMAINE D'EMPLOI DU PROCÉDÉ

La description est établie sur la base des informations fournies par le demandeur.

3.1. Description du procédé

Il s'agit du procédé basé sur l'utilisation d'un co-produit appelé « laitier de haut fourneau », un co-produit de l'industrie sidérurgique. Le laitier correspond aux scories qui sont formés en cours de fusion ou d'élaboration du métal par voie liquide.

Le système d'activation du ciment H-UKR permet d'utiliser ce co-produit sans aucun ajout de clinker dans sa formulation.

3.2. Domaine d'emploi du procédé

Plusieurs dosages ont été définis par HGCT pour une utilisation du béton H-UKR comme béton prêt à l'emploi « BPE » avec une classe de résistance comprise entre 25 MPa et 65 MPa. Les formules étudiées dans ce qui suit permettent d'atteindre des résistances de l'ordre de 60-65 MPa ce qui permet de couvrir donc des niveaux de résistances plus faibles. En effet dans l'EN1992-1-2, en comparant les coefficients pour un béton standard (tableau 3.1) et ceux pour des bétons de haute résistance (tableau 6.1N, y compris quand on compare entre elles les classes 1, 2 et 3), on peut noter que ces coefficients d'affaiblissement sont plus défavorables quand la résistance du béton augmente. L'ouvrage de la RILEM [9] confirme également que les résistances relatives tendent à diminuer lorsque la résistance augmente. D'un autre côté le risque d'écaillage est plus important pour les bétons de classe de résistance élevée ce qui permet donc aux formules étudiées de couvrir tout le domaine d'emploi vis-à-vis des risques d'écaillage.

Le Tableau 1 détaille l'ensemble des formules ayant été identifiées par HGCT pour une potentielle utilisation en béton prêt à l'emploi. Les quantités sont données en kg/m³ de béton H-UKR. La formule de référence est la formule F1 de ce tableau.

Tableau 1: liste des formulations utilisables en béton H-UKR (présentées au démarrage de la mission)

Formules	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
H-UKR	380	380	420	420	450	450	350	330	380	420	450
	344 H-UKR	344 H-UKR	380 H-UKR	380 H-UKR	408 H-UKR	408 H-UKR	317 H-UKR	299 H-UKR	344 H-UKR	380 H-UKR	408 H-UKR
	36 kg fillers	36 kg fillers	40 kg fillers	40 kg fillers	42 kg fillers	42 kg fillers	33 kg fillers	31 kg fillers	36 kg fillers	40 kg fillers	42 kg fillers
Filler calcaire	-	-	-	-	-	-	30	50	70	30	-
CEMEX 0/4	402	402	402	402	375	375	402	402	375	375	375
CBO 0/4	397	397	397	397	370	370	397	397	370	370	370
CBO 4/12	992	992	992	992	925	925	992	992	925	925	925
Fibres BASF 12 mm		1 kg/m ³		1 kg/m ³		1 kg/m ³					
Eau efficace	160	160	160	160	160	160	160	160	180	180	180
Eau totale	175	175	175	175	175	175	175	175	194	194	194

Au sens de l'Eurocode 1 partie 1-1[3], le béton H-UKR est destiné à être employé dans les catégories de bâtiments A, B, C et D.

4. RAPPEL DES CONCLUSIONS DE L'AL V8

Dans sa version V8, l'Appréciation de Laboratoire a permis de vérifier l'adéquation du comportement au feu d'une formule de référence en béton H-UKR (notée F1) avec les règles de l'Eurocode 2 partie 1-2 utilisables pour des bétons normalisés puis d'élargir les conclusions à l'ensemble des formules du Tableau 1.

Les règles de l'Eurocode 2 partie 1-2 sont utilisables pour étudier la stabilité au feu des dalles, des voiles, des poutres et des poteaux coulés en place utilisant le béton H-UKR pour des classes de résistances comprises entre 25 MPa et 65 MPa.

Concernant l'écaillage, pour les formules potentiellement utilisables en béton H-UKR dans le cadre du béton prêt à l'emploi pour le coulage des dalles, des voiles, des poutres et des poteaux, le risque d'écaillage peut être écarté en vérifiant les deux conditions suivantes (1) et (2) :

-le ratio Eau efficace/Quantité de liant est supérieur à 0,39 (1)

ET

-la résistance moyenne à la compression à 28 jours inférieure à 65MPa (2)

En effet, les contraintes de compression appliquées lors des essais d'écaillage sont supposées supérieures aux contraintes obtenues (selon la combinaison accidentelle incendie $G+\psi_1*Q$ à $t=0$) sur des bâtiments courants (vérifiés à l'ELU et à l'ELS) et dépassent les valeurs maximales actuellement recommandées pour les essais d'écaillage (8 MPa).

Si le risque d'écaillage ne peut pas être écarté, le béton d'enrobage des aciers en face exposée doit être négligé.

Par ailleurs, cette étude a permis de conclure qu'en situation d'incendie :

- Les effets du retrait (plus important pour le béton H-UKR en comparaison à un béton standard CEM I) ont une incidence négligeable vis-à-vis de l'effet bi-lame et une incidence pouvant être considérée suffisamment faible et sans gravité dans les zones de reprise de bétonnage de type mur-mur ou mur-plancher.
- Les règles de l'Eurocode 2 partie 1-2 sont utilisables pour étudier la stabilité sous feu ISO-834 des prémurs avec noyau coulé en béton H-UKR si les conditions (1) et (2) cités plus haut sont vérifiées
- Les règles de l'Eurocode 2 partie 1-2 sont utilisables pour étudier la stabilité sous feu ISO-834 (jusqu'à 2h d'exposition) des murs coulés en béton H-UKR dans des blocs de coffrage en béton si les conditions (1) et (2) sont vérifiées et si les parois des blocs de coffrage ont une épaisseur minimale de 17 mm et ne sont pas pris en compte dans les calculs thermiques et mécaniques.

5. VALIDITÉ

L'étude est établie sur dossier présenté par le demandeur. L'acceptation et l'utilisation de cette appréciation engagent le demandeur sur l'exactitude des informations communiquées et utilisées par le laboratoire pour établir la présente appréciation. La conformité des réalisations des chantiers n'est pas vérifiée par le laboratoire de résistance au feu. La présente appréciation est établie sur la supposition du dimensionnement normal de l'ouvrage vis à vis des actions mécaniques auxquelles il doit résister à froid. Ce dimensionnement n'a pas été vérifié par le laboratoire de résistance au feu.