



Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE

Thème 2

Comportement au feu des bétons de granulats recyclés

Auteur(s) :

Martin AUROY

Clémence DAVAL

Christian LABETOULLE

Fabienne ROBERT

Organisme(s) : CERIB

R/17/RECY/039
LC/15/RECY/80
Juin 2017

Site internet : www.pnrecybeton.fr

Président : Jacques ROUDIER

Directeur : Horacio COLINA

Directeur Scientifique : François DE LARRARD

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr, tél. : 01 44 13 32 79

Rapport de synthèse sur le comportement au feu des bétons de granulats recyclés – 008001 indice B

Tranche 4 – Thème 2 « Matériaux et Structure »

Ecaillage dû à l'incendie (ligne 19) et Comportement mécanique en température (résistance à chaud) et résistance résiduelle (ligne 20)

Demandeur : **Projet National RECYBETON**
Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en
Génie Civil (IREX)
9 Rue de Berri
75008 PARIS

Date : 27/04/2017

Auteurs : Martin AUROY
Clémence DAVAL
Christian LABETOULLE
Fabienne ROBERT

Sommaire

1	Introduction.....	4
2	Descriptions des éléments d'essais	4
2.1	Dimensionnement des corps d'épreuve	4
2.1.1	Introduction.....	4
2.1.2	Charges	4
2.1.3	Géométrie et ferrailage déterminés.....	5
2.1.4	Vérifications selon l'Eurocode 2-1-2.....	6
2.2	Formules testées et caractéristiques des corps d'épreuve.....	6
2.2.1	Caractéristiques des corps d'épreuve	6
2.2.2	Formulation et caractéristiques du béton de composition 0R/100R	7
2.2.3	Formulation et caractéristiques du béton de composition 30R/30R	8
2.2.4	Formulation et caractéristiques du béton de composition granulats naturel siliceux C35/45	9
2.2.5	Formulation et caractéristiques du béton de composition granulats naturel calcaire C35/45.....	9
2.2.6	Coulage des corps d'épreuve.....	10
3	Synthèse des résultats d'écaillage.....	10
3.1	Configuration d'essai.....	10
3.2	Résultats d'écaillage obtenus.....	12
3.3	Profils de température	13
4	Synthèse des résultats d'essais de résistance au feu sur poutres	14
4.1	Configuration d'essai.....	14
4.2	Résultats obtenus à froid	14
4.3	Résultats obtenus à chaud	14
5	Synthèse des résultats d'essais de compression en température.....	16
5.1	Configuration d'essai.....	16
5.2	Résultats.....	17
5.2.1	Résistances en compression à 20°C.....	17
5.2.2	Résistances en compression à 300°C et 600°C	17
6	Conclusions.....	18
	Annexe 1 - Rapport des essais d'écaillage sur dalles.....	20
	Annexe 2 – Rapport des essais de résistance ultime de poutres à froid.....	71
	Annexe 3 – Rapport d'essai de résistance au feu sur poutre 0R/100R	99
	Annexe 4 – Rapport d'essai de résistance au feu sur poutre 30R/30R	133

Annexe 5 – Rapport des essais de résistance à la compression à haute température et en résiduel 171

Annexe 6 - Recherche du Mf de rupture sur la base de la formulation aux Etats Limites 178

1 INTRODUCTION

L'objectif de cette action est d'évaluer le comportement au feu des bétons de granulats recyclés d'une part vis-à-vis de leur propension à l'écaillage/éclatement et d'autre part vis-à-vis de leur résistance thermo-mécanique. Il s'agit en particulier d'évaluer si ce comportement est similaire à celui des granulats naturels en vue de leur introduction possible dans l'Eurocode 2-1-2.

Pour mener cette action deux formules avec granulats recyclés mises au point dans le cadre du projet Recybéton ont été retenues :

- C35/45 0R100R : composition incorporant 0 % de sable recyclé et 100 % de gravillons recyclés
- C35/45 30R/30R : composition incorporant 30 % de sable recyclé et 30 % de gravillons recyclés

L'écaillage des bétons a été évalué de manière comparative sur 4 dalles de 20 cm d'épaisseur, de longueur 4,6 m et de largeur 1,5m. Outre les deux formules avec bétons de granulats recyclés, deux autres dalles avec des granulats naturels de nature siliceuse Val de Seine ou calcaire ont été confectionnées. Les profils thermiques au sein de ces dalles ont été également mesurés pendant les essais menés sous la courbe conventionnelle de montée en température (communément appelée ISO 834). Le rapport d'essais correspondant est donné en annexe 1.

La résistance au feu de deux poutres de portée 4,2 m a par suite été évaluée et analysée de manière comparative avec un dimensionnement selon l'Eurocode 2-1-2 (les essais ont été réalisés selon le référentiel NF EN 1365-3). En outre la capacité à froid des deux mêmes poutres a également été caractérisée expérimentalement (voir les annexes 2, 3 et 4).

Enfin les caractéristiques thermo-mécanique à chaud et en résiduel ont été déterminées pour les deux bétons testées avec granulats recyclés sur des éprouvettes de diamètre 10 cm et de longueur 30 cm à 300°C et 600°C. Les essais ont été réalisés selon les recommandations de la RILEM « RILEM TC 129-MHT: Compressive strength for service and accident conditions » (voir annexe 5).

2 DESCRIPTIONS DES ELEMENTS D'ESSAIS

2.1 Dimensionnement des corps d'épreuve

2.1.1 Introduction

L'objectif de cette étude de dimensionnement est de déterminer le ferrailage de corps d'épreuves, poutres et dalles en béton armé, représentatifs d'une opération de logements ou de bureaux.

La géométrie des éléments, et leur ferrailage sont déterminés à froid. La résistance à chaud des poutres est vérifiée selon l'Eurocode 2-1-2 pour une cible de R60 avec une approche de valeurs tabulées et une approche simplifiée grâce au logiciel CimFeu'EC2.

2.1.2 Charges

- | | | |
|---|---|-----------------------|
| o | Charges permanentes hors poids propre (G) : | 1.00kN/m ² |
| o | Charges d'exploitations (Q) : | 1.50kN/m ² |
| o | Combinaison fondamentale ELU : | 1.35G + 1.5Q |
| o | Combinaison accidentelle à chaud : | G + 0.5Q |

2.1.3 Géométrie et ferrailage déterminés

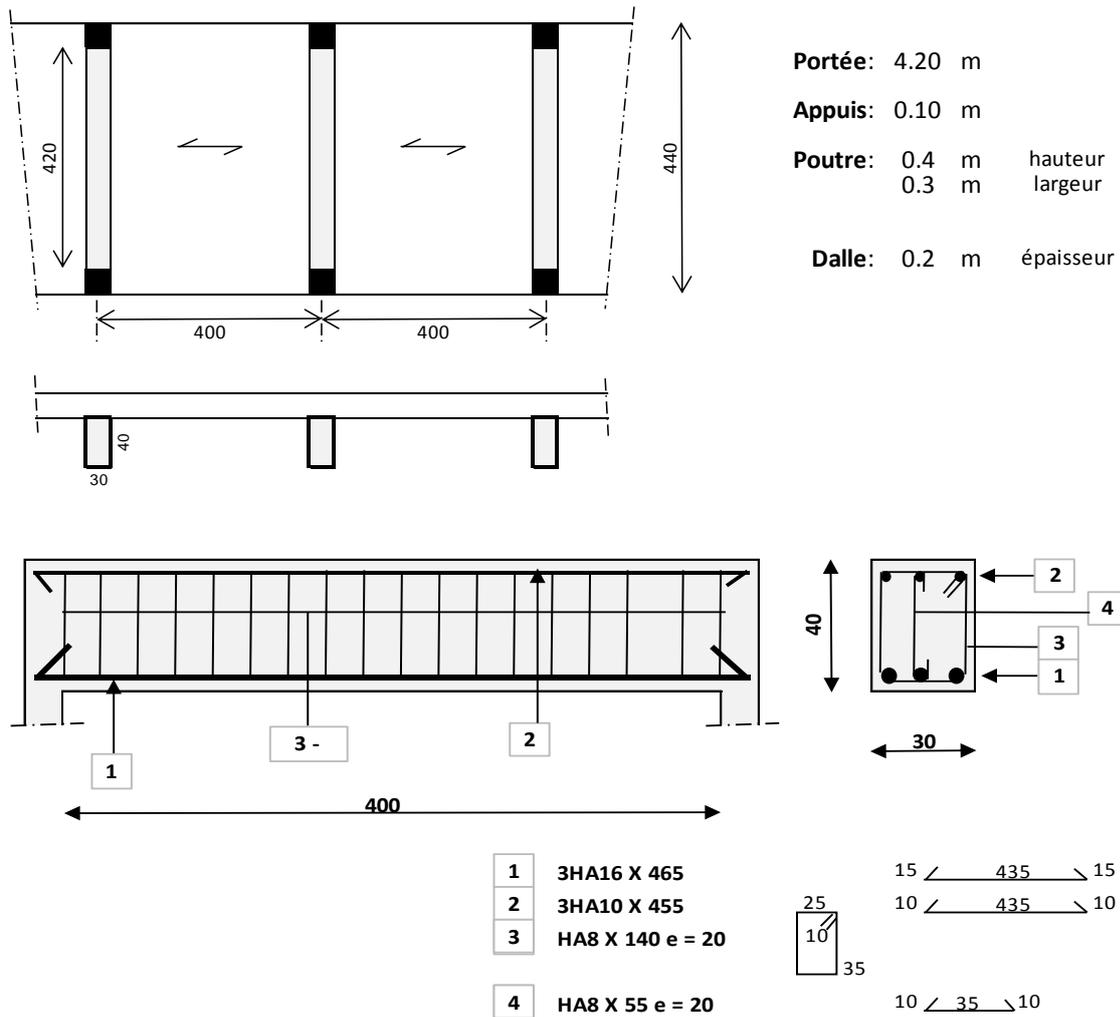


Figure 1 : Géométrie et plan de ferrailage des poutres

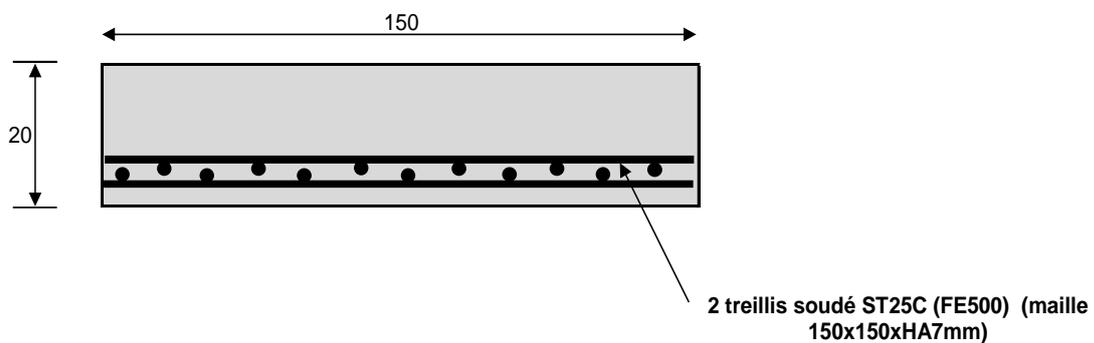


Figure 2 : Géométrie et plan de ferrailage des dalles

L'enrobage est pris en compte suivant le principe ci-dessous :

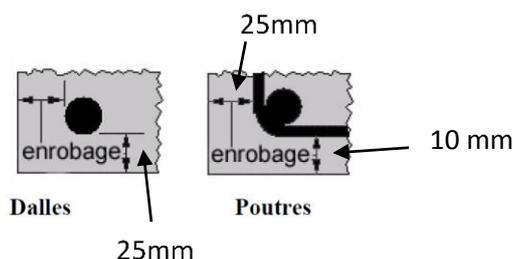


Figure 3 : Enrobage des armatures dans les poutres et les dalles

2.1.4 Vérifications selon l'Eurocode 2-1-2

- **Valeurs tabulées**

Le tableau 5.5 de l'Eurocode 2-1-2 indique pour une largeur de poutre de 30 cm, une distance à l'axe des armatures longitudinales de 25 mm pour une stabilité au feu R60. Dans le cas présent, la distance à l'axe des armatures longitudinales vis-à-vis du dessous de la poutre est de 26 mm.

- **Approche simplifiée – CimFeu'EC2**

Moment isostatique appliqué (kN.m) : 66,15

Afin d'être dans les conditions expérimentales (poutres isostatiques simplement appuyées sans encastrement d'appui), seul le moment résistant en travée est considéré :

A 60 minutes : Moment résistant final (kN.m) : 69,70

A 90 minutes : Moment résistant final (kN.m) : 37,12

Dans les deux cas l'effort tranchant résistant est supérieur à l'effort tranchant agissant

→ La poutre est R60

2.2 Formules testées et caractéristiques des corps d'épreuve

Pour chaque échéance de caractérisation de la résistance mécanique du béton, 3 éprouvettes cylindriques $\varnothing 11$ cm x 22 cm, préalablement surfacées mécaniquement à l'aide d'une gréseuse, sont comprimées.

Une éprouvette $\varnothing 16 \times 30$ cm, représentative des poutres ou dalles est confectionnée au jour de fabrication de des éléments considérés. Une protection aluminium disposée sur toute la périphérie de l'éprouvette permet un séchage unidirectionnel représentatif du séchage de l'élément d'essai. L'éprouvette est conservée à proximité des éléments d'essai dans une salle climatisée dont les consignes en température et en hygrométrie sont respectivement fixées à 23 °C et à 50 %. L'évolution de la masse est contrôlée au moyen de pesées régulières.

Trois morceaux de béton sont prélevés dans l'éprouvette utilisée pour l'évaluation de l'évolution pondérale. Ils sont placés en étuve à 105 °C puis, retirés de l'étuve lorsque l'évolution de la masse est inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives espacées de 24 heures. Ils permettent de déterminer les teneurs en eau.

2.2.1 Caractéristiques des corps d'épreuve

Après fabrication, les corps d'épreuve sont conservés sous bâches pendant une durée de sept jours puis sont conservés dans une salle régulée en température et en hygrométrie (23°C, 50% HR) pendant une durée minimale de 90 jours.

Nature du corps d'épreuve	Géométrie	Date de fabrication	Date d'essai
Poutres en béton armé C35/45 OR/100R	4,4 m × 0,3 m × 0,4 m	26/02/2016	Semaines 25 et 26 Juin 2016
Poutres en béton armé C35/45 30R/30R	4,4 m × 0,3 m × 0,4 m	01/03/2016	
Dalle D1 C35/45 OR/100R	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	25/02/2016	
Dalle D2 C35/45 30R/30R	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	03/03/2016	
Dalle D3 granulats naturel siliceux C35/45	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	10/03/2016	
Dalle D4 granulats naturel calcaire C35/45	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	17/02/2016	Sept. 2016
Eprouvettes cylindriques C35/45 OR/100R	Ø10 cm x 30 cm	07/03/2016	
Eprouvettes cylindriques C35/45 30R/30R	Ø10 cm x 30 cm	01/03/2016	

Tableau 1 : Caractéristiques des corps d'épreuve

2.2.2 Formulation et caractéristiques du béton de composition OR/100R

COMPOSITION DU BETON (pour 1 m ³)			
	poutres	dalles	Ø10 L30
Gravillon recyclé 4/10	157 kg	158 kg	157 kg
Gravillon recyclé 10/20	678 kg	681 kg	678 kg
Sable Sandrancourt 0/4	778 kg	781 kg	778 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	334 kg	336 kg	334 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	53 kg	53 kg	53 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	2 kg	2 kg	2 kg
Eau totale	238 kg	239 kg	238 kg
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS			
	poutres	dalles	Ø10 L30
Classe de consistance	S4	S4	S4
Air occlus	1,7 %	2,5%	1,7 %
Masse volumique	2 239 kg/m ³	2 248 kg/m ³	2 239 kg/m ³
Teneur en eau	11,7 %	10,7%	11,7 %
RESISTANCE DU BETON de classe C35/45			
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)		
	poutres	dalles	Ø10 L30
7	26 ± 3	33 ± 2	-
28	27 ± 4	40 ± 2	-
90	31 ± 2	40 ± 3	-
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI			
	poutres	dalles	Ø10 L30
Moy. surface	5,1 %	5,5 %	-
coeur	6,6 %	5,8 %	-
Moy. tot.	5,6 %	5,6 %	-

Tableau 2 : Formulation et caractéristiques du béton de composition OR/100R

2.2.3 Formulation et caractéristiques du béton de composition 30R/30R

COMPOSITION DU BETON (pour 1 m³)			
	poutres	dalles	Ø10 L30
Gravillon recyclé 4/10	141 kg	142 kg	141 kg
Gravillon GIVET 6,3/20	538 kg	540 kg	538 kg
Gravillon GIVET 4/10	167 kg	167 kg	167 kg
Sable recyclé 0/4	213 kg	213 kg	213 kg
Sable Sandrancourt 0/4	488 kg	489 kg	488 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	319 kg	320 kg	319 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	44 kg	44 kg	44 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	3,5 kg	3,5 kg	3,5 kg
Eau totale	221 kg	222 kg	221 kg
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS			
	poutres	dalles	Ø10 L30
Classe de consistance	S4	S4	S4
Air occlus	1,3 %	2,3 %	1,3 %
Masse volumique	2 295 kg/m ³	2 303 kg/m ³	2 295 kg/m ³
Teneur en eau	10,8 %	10,7 %	10,8 %
RESISTANCE DU BETON de classe C35/45			
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)		
	poutres	dalles	Ø10 L30
7	29 ± 1	29 ± 1	-
28	32 ± 1	-	-
90	34 ± 1	-	-
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI			
	poutres	dalles	Ø10 L30
Moy. surface	5,1 %	4,4 %	-
coeur	7,2 %	4,9 %	
Moy. tot.	5,8 %	4,6 %	

Tableau 3 : Formulation et caractéristiques du béton de composition 30R/30R

2.2.4 Formulation et caractéristiques du béton de composition granulats naturel siliceux C35/45

COMPOSITION DU BETON DE LA DALLE D3 (pour 1 m³)	
Gravillon Sandrancourt 6,3/20	879 kg
Gravillon Sandrancourt 4/12,5	176 kg
Sable Sandrancourt 0/4	703 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	300 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	58 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	1 kg
Eau totale	110 kg
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,3%
Masse volumique	2322 kg/m ³
Teneur en eau	10,3%
RESISTANCE DU BETON de classe C35/45	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	32 ± 2
28	36 ± 1
90	36 ± 1
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI	
Moy. surface	4 %
coeur	4,9 %
Moy. tot.	4,3 %

Tableau 4 : Formulation et caractéristiques du béton de composition granulats naturel siliceux C35/45

2.2.5 Formulation et caractéristiques du béton de composition granulats naturel calcaire C35/45

COMPOSITION DU BETON DE LA DALLE D4 (pour 1 m³)	
Gravillon GIVET 6,3/20	803 kg
Gravillon GIVET 4/10	262 kg
Sable Sandrancourt 0/4	764 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	296 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	57 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	2,3 kg
Eau totale	185 kg
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,5%
Masse volumique	2367 kg/m ³
Teneur en eau	8,8%
RESISTANCE DU BETON de classe C35/45	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	36 ± 2
28	44 ± 3
90	43 ± 2
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI	
Moy. surface	4,0 %
coeur	4,2 %
Moy. tot.	4,0 %

Tableau 5 : Formulation et caractéristiques du béton de composition granulats naturel calcaire C35/45

2.2.6 Coulage des corps d'épreuve



Figure 4 : Photos du coulage des poutres



Figure 5 : Photos du coulage des dalles

3 SYNTHÈSE DES RESULTATS D'ÉCAILLAGE

3.1 Configuration d'essai

Les dalles ont été soumises à la courbe conventionnelle température temps pendant une durée de 60 minutes. L'essai a été réalisé selon les principes de la NF EN 1363-1.

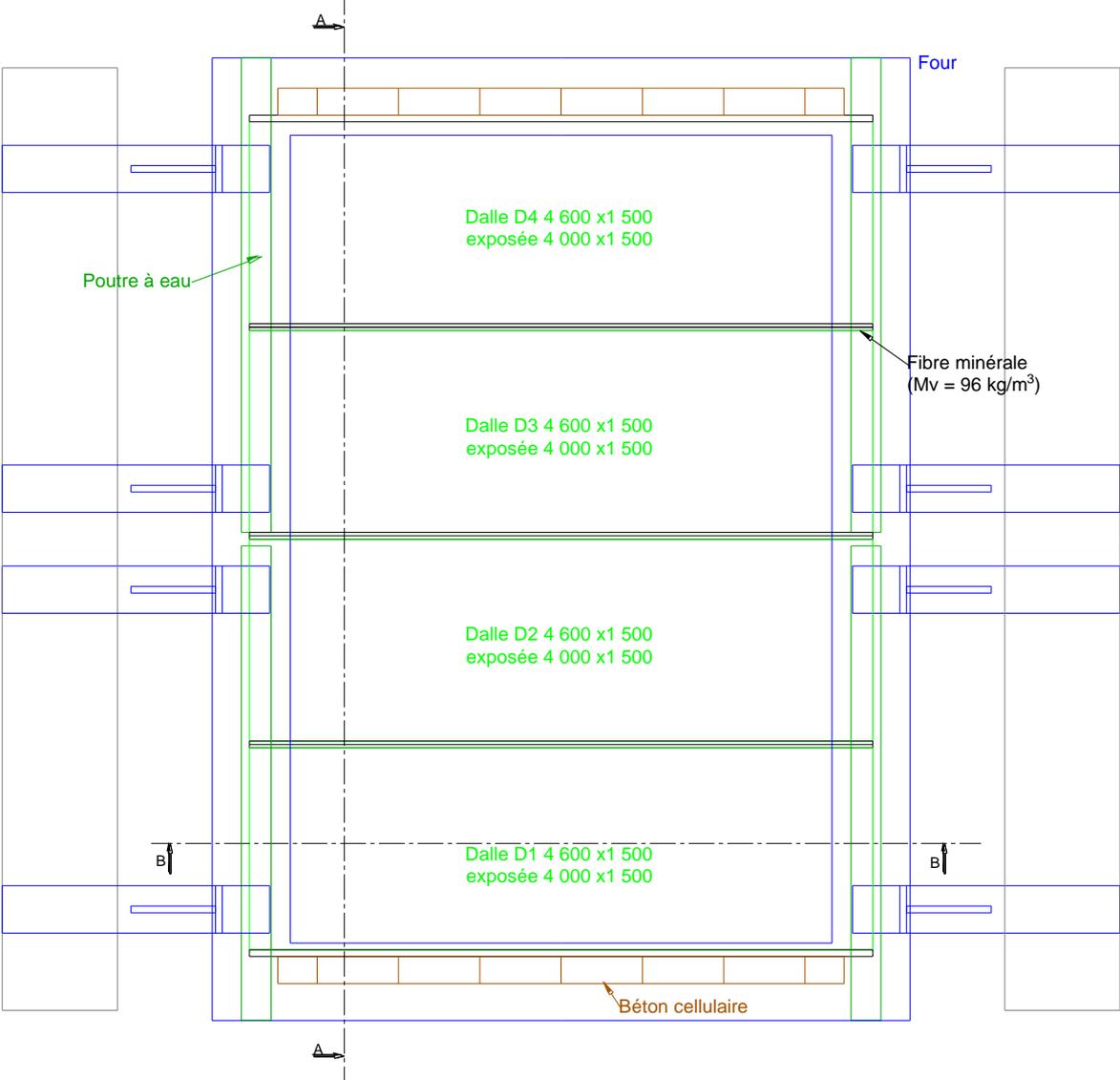


Figure 6 : Configuration d'essai pour les 4 dalles horizontales

3.2 Résultats d'écaillage obtenus

Temps en minute	Face non exposée	Face exposée *(voir Figure 1)
0	Départ thermique de l'essai	
12'	RAS	Ecaillage dalle D2 en repère 1
13'	Ressuage sur la dalle D1	RAS
14'	RAS	Ecaillage dalle D1 en repères 2, 2' et 3 Ecaillage dalle D4 en repère 4
15'	RAS	Ecaillage dalle D2 en repères 5, 6 et 7
16'	Ressuage sur la dalle D2	RAS
20'	RAS	Ecaillage dalle D1 en repère 8
27'	Ressuage sur la dalle D3	RAS
66'	Fin de l'essai	

* visualisation par une caméra installée dans le four avec un système endoscopique.

Tableau 6 : Observations des faces exposée et non exposée au feu au cours de l'essai



Figure 7 : Schéma des zones d'écaillage et photos des faces exposées au feu des dalles après essai et refroidissement

Un relevé manuel (au réglet) de l'écaillage observé en surface exposée au feu des dalles est réalisé post-essai. Pour chacune des dalles, la surface écaillée et la profondeur maximale d'écaillage de chaque zone sont évaluées. Les données correspondantes sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Dalle	Zone*	Surface écaillée (cm × cm)	Profondeur maximale d'écaillage (cm)	Remarques
D1	Zone 2+2'	40 × 78	3	3 zones principales
	Zone 8	18 × 18	1	
	Zone 3	45 × 65	2,5	
D2	Zone 7	80 × 65	3	4 zones localisées
	Zone 6	25 × 10	2	
	Zone 1	35 × 20	3	
	Zone 5	55 × 36	2,5	
D3	-	-	-	Faïençage
D4	Zone 4	25 × 18	2	1 zone localisée au centre de la dalle

Tableau 7 : Evaluation de l'écaillage des dalles

3.3 Profils de température

Les températures de chaque dalle sont mesurées à l'aide de 3 grappes de thermocouples à pastille de type K positionnées dans l'axe longitudinal médian. Chaque grappes est constituée de 5 thermocouples placés à :

- 0 cm (face exposée au feu) ;
- 2 cm de la face exposée ;
- 3 cm de la face exposée ;
- 5 cm de la face exposée ;
- 15 cm de la face exposée.

En complément, un thermocouple de surface de type K est positionné en face non exposée sur chaque dalle.

Le graphique ci-dessous permet de visualiser les profils de températures en comparaison au résultat d'un calcul mené selon l'Eurocode 2-1-2 et l'annexe nationale française sous le logiciel CimFeu EC2 (teneur en eau 3%, masse volumique 2 300 kg/m³). Les points indiqués sont des moyennes entre les 3 thermocouples. La dispersion entre les thermocouples positionnés à une même altitude peut aller jusqu'à 40°C au maximum (elle est en moyenne de 15°C).

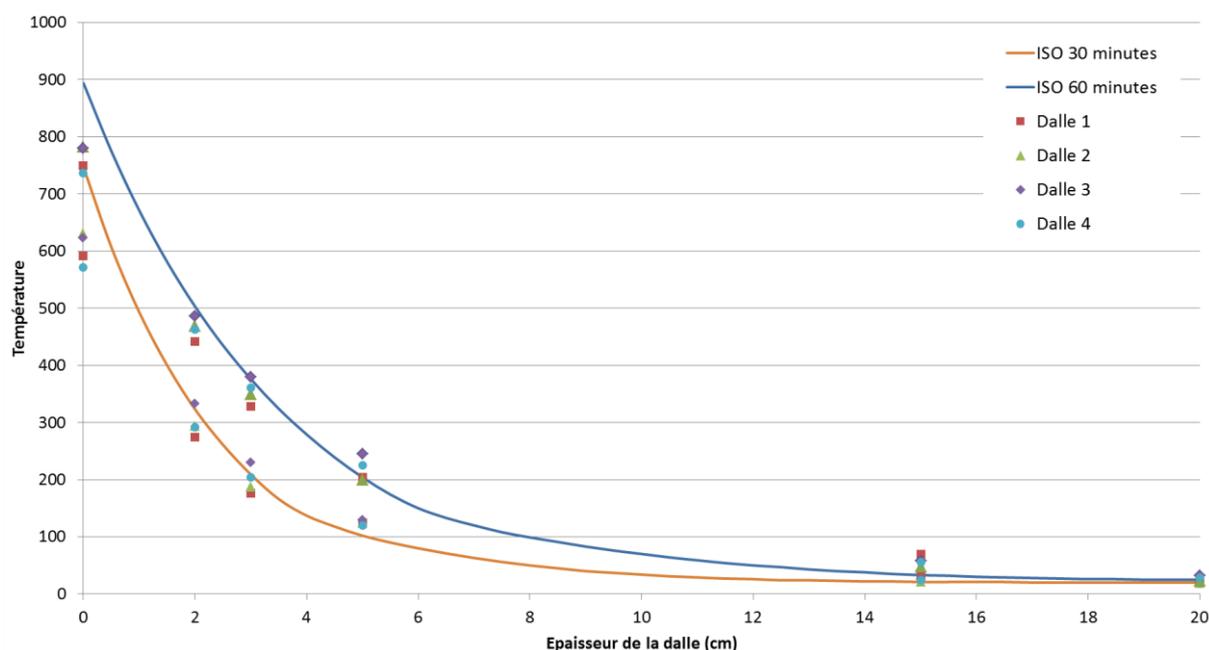


Figure 8 : Profils thermiques dans l'épaisseur des dalles

4 SYNTHÈSE DES RESULTATS D'ESSAIS DE RESISTANCE AU FEU SUR POUTRES

4.1 Configuration d'essai

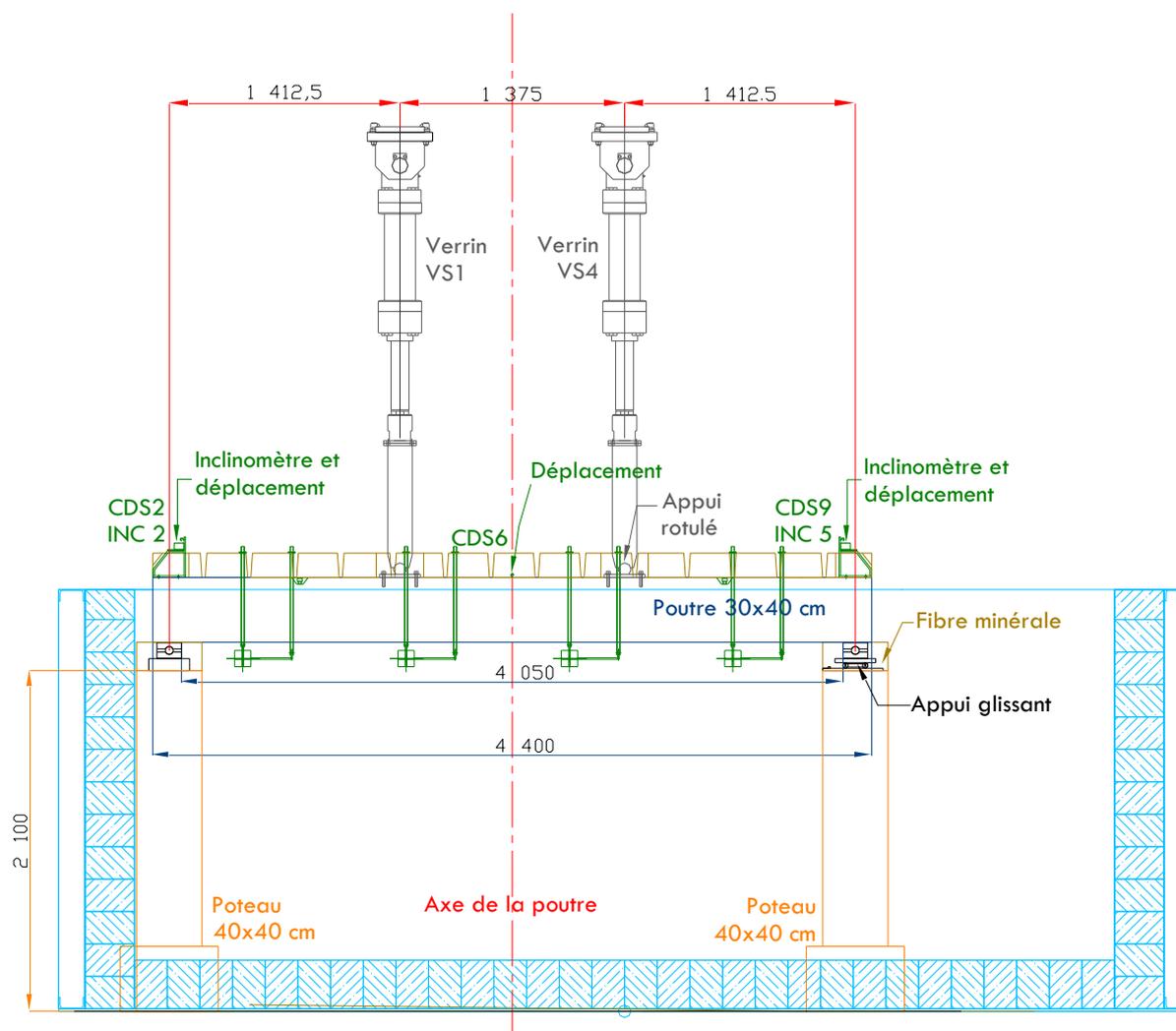


Figure 9 : Configuration de l'essai poutre

4.2 Résultats obtenus à froid

Poutre en béton armé C35/45 0R/100R, rupture de la poutre à 18,1 T soit un moment de flexion résistant de 126.6 kN.m

Poutre en béton armé C35/45 30R/30R, rupture de la poutre à 17,1 T soit un moment de flexion résistant de 119.9 kN.m

A titre de comparaison, le moment de rupture à froid a été déterminé de manière analytique en prenant des coefficients de sécurité des matériaux égaux à 1. Le M_f max constaté à la rupture est de 108,3 kN.m (voir Annexe 5).

4.3 Résultats obtenus à chaud

Les deux poutres ont été chauffées selon la courbe conventionnelle température/temps pendant 60 minutes puis la charge calculée selon la combinaison d'action accidentelles (charge totale de 9,45 T) a été augmentée jusqu'à rupture. Les graphiques suivants indiquent les températures au niveau des armatures longitudinales et les flèches à mi-travée des poutres (essais réalisés selon la NF EN 1365-3).

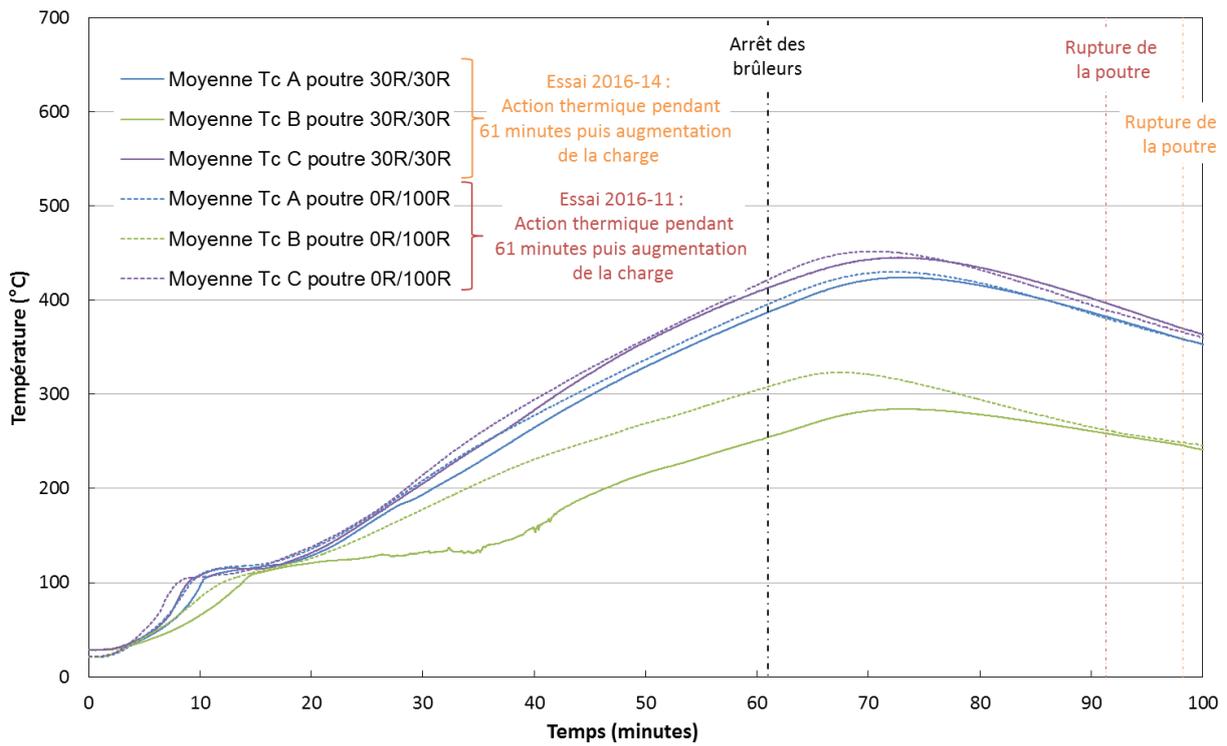


Figure 10 : Evolution du gradient thermique dans les poutres au cours de l'essai

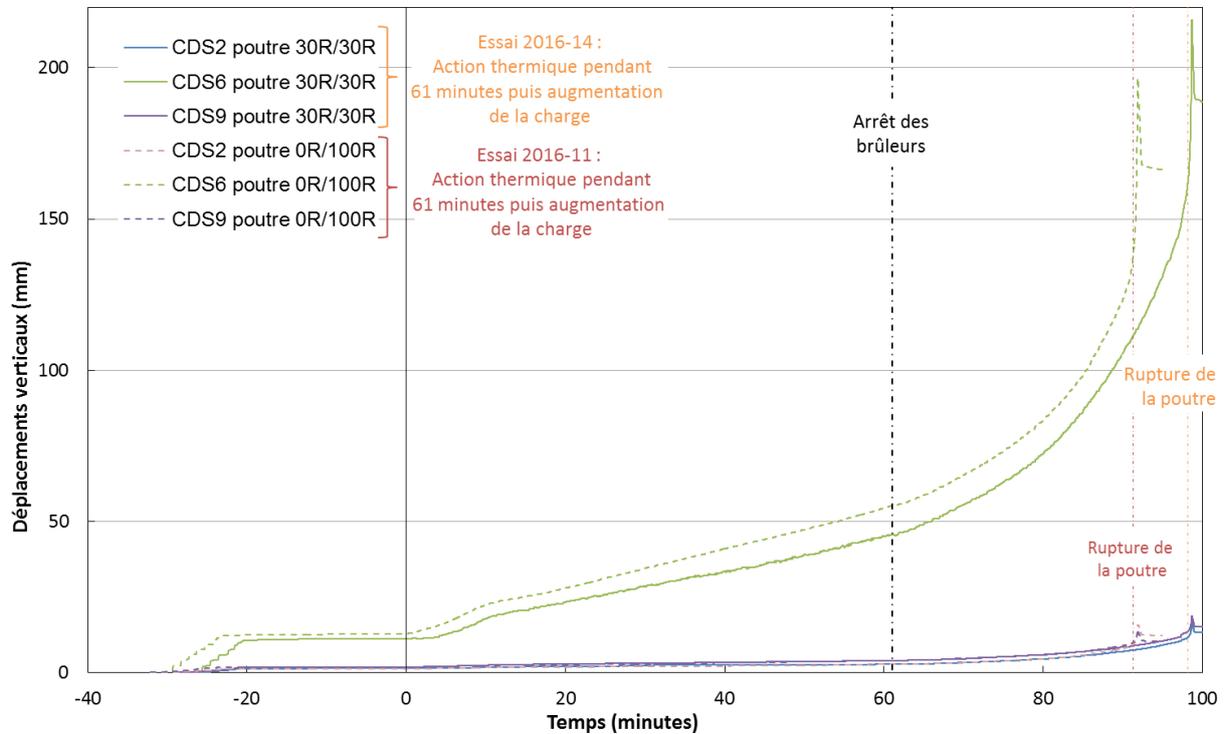


Figure 11 : Evolution des déplacements verticaux dans les poutres au cours de l'essai



Figure 12 : poutre 0R/100R après essai



Figure 13 : poutre 30R/30R après essai

Béton C35/45 0R/100R

Chargement mécanique de départ :	Action thermique suivie pendant :	Evolution du chargement mécanique :	Charge de rupture :
9 450 daN	61 minutes	Après l'arrêt des brûleurs, augmentation par pas de 200 daN/minute jusqu'à rupture	15,2 T

Tableau 8 : Consignes de l'essai et charge de rupture pour la poutre 0R/100R

Béton C35/45 30R/30R

Chargement mécanique de départ :	Action thermique suivie pendant :	Evolution du chargement mécanique :	Charge de rupture :
9 450 daN	61 minutes	Après l'arrêt des brûleurs, augmentation par pas de 200 daN/minute jusqu'à rupture	16,6 T

Tableau 9 : Consignes de l'essai et charge de rupture pour la poutre 30R/30R

5 SYNTHÈSE DES RESULTATS D'ESSAIS DE COMPRESSION EN TEMPERATURE

5.1 Configuration d'essai

Les essais ont réalisés selon le référentiel RILEM TC 129-MHT « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures: Compressive strength for service and accident conditions »

Une précharge de 20 % de la résistance en compression mesurée à la température ambiante (20°C) est appliquée avant la chauffe de l'éprouvette et est maintenue tout au long de l'essai. La vitesse de montée de la précharge est de 0,5 MPa/seconde.

La vitesse de montée en température de l'éprouvette est de 1°C/minute.

Lorsque la température d'essai est atteinte, celle-ci est maintenue durant un palier de stabilisation de :

- 2 heures pour les essais à 150°C et 300°C ;
- 1 heure pour les essais à 600°C.

Lorsque l'essai est réalisé en résiduel, l'éprouvette subit un refroidissement de 12 heures une fois le palier de stabilisation terminé.

Lorsque le palier de stabilisation est terminé (ou les 12 heures de refroidissement lorsque l'essai est réalisé en résiduel), le chargement mécanique est augmenté à raison de 0,5 MPa/seconde jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

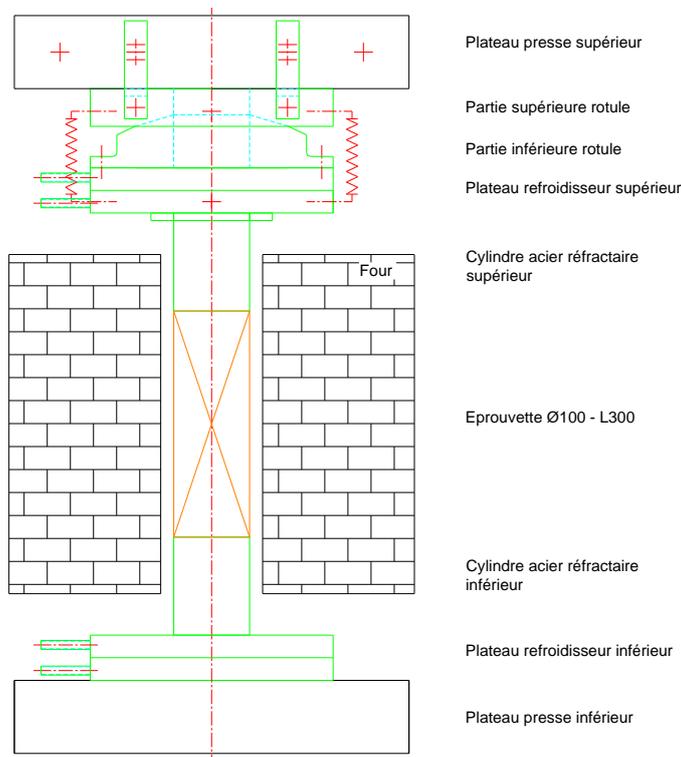


Figure 14 : Schéma de configuration de l'essai de compression en température

5.2 Résultats

5.2.1 Résistances en compression à 20°C

Les résistances en compression à la température ambiante (20°C) sont mesurées sur quatre éprouvettes par béton. Les moyennes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

BETON	R _c (20°C) EN MPA
C35/45 OR/100R	34,4 ± 0,9
C35/45 30R/30R	39,3 ± 1,9

Tableau 10 : Résistances en compression mesurées à température ambiante

5.2.2 Résistances en compression à 300°C et 600°C

Les résistances en compression à chaud et résiduelles à 300°C et 600°C et les ratios des résistances en compression à hautes températures sur la résistance en compression à 20°C sont présentés dans les tableaux suivants. Deux éprouvettes ont été testées pour chaque point.

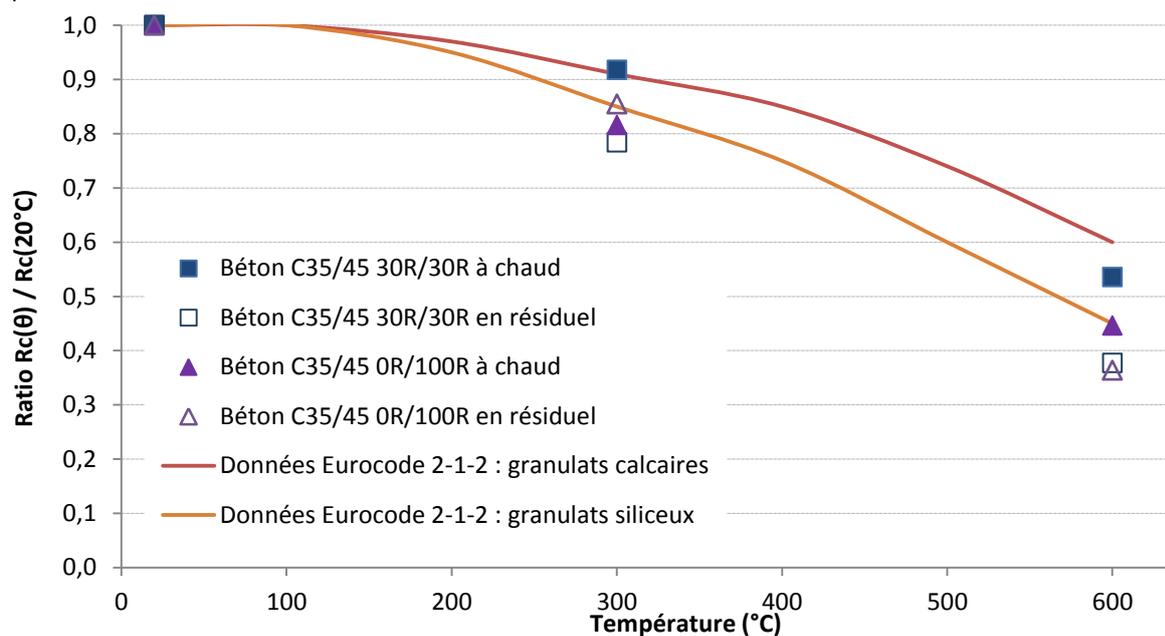
BETON	RESISTANCE EN COMPRESSION $R_c(\theta)$ EN MPA			
	A 300°C		A 600°C	
	A CHAUD	EN RESIDUEL	A CHAUD	EN RESIDUEL
C35/45 0R/100R	28,1 ± 0,3	29,4 ± 0,0	15,3 ± 1,0	12,5 ± 0,4
C35/45 30R/30R	36,1 ± 0,3	30,8 ± 1,4	21,0 ± 0,3	14,8 ± 1,6

Tableau 11 : Résistances en compression mesurées aux températures d'essai (θ)

BETON	RATIO $R_c(\theta) / R_c(20^\circ\text{C})$			
	A 300°C		A 600°C	
	A CHAUD	EN RESIDUEL	A CHAUD	EN RESIDUEL
C35/45 0R/100R	0,82	0,85	0,45	0,36
C35/45 30R/30R	0,92	0,78	0,54	0,38

Tableau 12 : Ratio $R_c(\theta) / R_c(20^\circ\text{C})$ pour chaque température d'essai

La comparaison des données de l'Eurocode 2-1-2 et des résultats obtenus est présentée dans le graphique ci-après :

Figure 15 : Evolution du ratio $R_c(\theta) / R_c(20^\circ\text{C})$ en fonction de la température d'essai (θ)

6 CONCLUSIONS

L'objectif de cette action est d'évaluer le comportement au feu de deux formules de bétons de granulats recyclés (C35/45 0R/100R avec 0 % de sable recyclé et 100 % de gravillons recyclés et C35/45 30R/30R avec 30 % de sable recyclé et 30 % de gravillons recyclés) vis-à-vis d'un dimensionnement selon l'Eurocode 2-1-2. Plusieurs aspects ont été étudiés : la propension à l'écaillage de ces bétons, la résistance d'éléments structuraux et enfin les caractéristiques thermo-mécaniques de ces bétons. Une synthèse des résultats est présentée en première partie de ce document, l'ensemble des rapports d'essais est donné en annexes.

Vis-à-vis de l'écaillage :

L'écaillage des bétons a été évalué de manière comparative sur 4 dalles de 20 cm d'épaisseur, de longueur 4,6 m et de largeur 1,5m. Outre les deux formules avec bétons de granulats recyclés, deux autres dalles avec des granulats naturels de nature siliceuse Val de Seine ou calcaire ont été confectionnées. Les essais sont menés pendant 60 minutes avec la courbe conventionnelle de montée en température (communément appelée ISO 834).

Les bétons de granulats recyclés ont présenté quelques éclats superficiels et localisés (profondeur maximale de 3 cm sur une surface d'environ 10% de la surface totale). Leur apparition peut être liée à une teneur en eau de ces bétons légèrement supérieure à celle des bétons de granulats naturels (5,6 % et 4,6 % pour les bétons de granulats recyclés et 4,3 % et 4 % pour les bétons de granulats naturels au jour de l'essai). Ces éclats ne sont pas préjudiciables vis à vis de la stabilité de l'élément testé.

Vis-à-vis des profils thermiques :

Les profils thermiques au sein des dalles de 20 cm d'épaisseur ont été également mesurés pendant les essais. L'échauffement des dalles de bétons de granulats légers est sensiblement plus faible que celui des dalles de bétons de granulats naturels : à 3 cm de profondeur, à 30 minutes la température moyenne des bétons de granulats recyclés est de 182 °C pour 216°C dans les bétons de granulats naturels et à 60 minutes les températures sont respectivement de 338°C et 370°C. Ceci tend à indiquer que la conductivité thermique de ces bétons peut être plus faible, le calcul de transfert thermique selon l'Eurocode 2-1-2 peut être appliqué.

Vis-à-vis de l'évaluation de la durée de stabilité au feu :

La résistance au feu de deux poutres de portée 4,2 m a été évaluée selon la norme d'essai NF EN 1365-3 et analysée de manière comparative avec un dimensionnement selon l'Eurocode 2-1-2 (les poutres sont chargées selon la combinaison d'action accidentelle et soumise à la courbe conventionnelle température-temps, communément appelée ISO 834, pendant 60 minutes). Le tableau suivant synthétise les moments résistants obtenus par calcul et expérimentalement :

	Calcul selon l'Eurocode 2	Essai Poutre 0R/100R	Essai Poutre 30R/30R
A froid	108,3 kN.m <i>Coefficients de sécurité des matériaux pris égaux à 1</i>	126,6 kN.m	119,9 kN.m
A 60 minutes	69,7 kN.m	106,4 kN.m	116,2 kN.m
Ratio $M_{R,fi}/M_R$	0,64	0,84	0,97
<i>Arrêt des brûleurs à 60 minutes puis chargement jusqu'à rupture</i>			

Les moments résistants obtenus expérimentalement à l'issue des essais sont supérieurs à ceux calculés selon l'Eurocode 2-1-2, en outre l'affaiblissement relatif vis-à-vis des performances à froid est inférieur à celui calculé.

Vis-à-vis des caractéristiques thermo-mécanique à chaud et en résiduel :

Ces caractéristiques ont été déterminées pour les deux bétons testés avec granulats recyclés sur des éprouvettes de diamètre 10 cm et de longueur 30 cm à 300°C et 600°C. Les essais ont été réalisés selon les recommandations de la RILEM « RILEM TC 129-MHT: Compressive strength for service and accident conditions ».

Ces premiers résultats montrent que la courbe d'affaiblissement correspondant aux granulats siliceux de l'Eurocode 2-1-2 est utilisable pour un dimensionnement de structures utilisant des bétons avec granulats recyclés. En outre, il semblerait que les performances à chaud de la formule 30R/30R soient supérieures à celles de la formule 0R/100R (d'environ 10% sur les valeurs relatives). Ces observations seraient à confirmer avec des granulats recyclés de différentes provenances.

Les valeurs résiduelles sont généralement inférieures aux performances à chaud, notamment dans le cas de la formule 30R/30R. Il serait nécessaire de pouvoir évaluer l'impact de différents cycles de chauffage/refroidissement pour caractériser de manière plus précise ce comportement.

Pour conclure, au vu des différentes caractérisations précédentes sur les formules 0R/100R et 30R/30R testées dans le cadre de ce projet, l'Eurocode 2-1-2 peut être utilisé pour un dimensionnement au feu d'éléments de structure réalisés avec ces formules.

ANNEXE 1 - RAPPORT DES ESSAIS D'ÉCAILLAGE SUR DALLES

Rapport d'essai n° 2016 CERIB 6337

Essai de COMPORTEMENT AU FEU de 4 dalles en béton armé de granulats naturels et de granulats recyclés

Date de l'essai : 14/06/2016

Demandeur : Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en Génie Civil (IREX)
9 Rue de Berri
75008 PARIS

Date : 30/06/2016

Sommaire

1	Préambule	4
2	Objet de l'essai	4
3	Textes de référence	4
4	Date de fabrication des éléments d'essai	4
5	Caractéristiques et lieu de fabrication des éléments d'essai	4
6	Description des éléments d'essai	5
6.1	Formulation et caractéristiques des bétons	5
6.2	Mise en œuvre des éléments d'essai	9
7	Modalités de l'essai	9
7.1	Configuration d'essai	9
7.2	Sens du feu.....	9
7.3	Action thermique	9
8	Mesures effectuées pendant l'essai de résistance au feu	10
8.1	Températures du four	10
8.2	Pression dans le four	10
8.3	Températures de l'élément d'essai.....	10
8.4	Déplacements mécaniques	10
9	Observations	10
9.1	Pendant l'essai	10
9.2	Après essai	12
9.3	Relevé de l'écaillage des dalles	12
	Annexe 1 – Fiche technique des blocs fournie par la fabricant	13
	Annexe 2 – Courbes de stabilisation pondérale	24
	Annexe 3 – Plans d'une dalle	26
	Annexe 4 – Photos de fabrication des dalles	28
	Annexe 5 – Plans de configuration	30
	Annexe 6 – Plans de positionnement des pyromètres à plaque	32
	Annexe 7 – Courbes de la conduite thermique du four	33

Annexe 8 – Courbe de l'écart de la conduite thermique du four avec la courbe normalisée	34
Annexe 9 – Différentiel de pression interne du four par rapport à la pression atmosphérique	35
Annexe 10 – Plans de positionnement des points de mesure de la température	36
Annexe 11 – Courbes des relevés de température	37
Annexe 12 – Positionnement des capteurs des déplacements verticaux	39
Annexe 13 – Courbes des relevés des déplacements verticaux des dalles	40
Annexe 14 – Photos des dalles avant essai	41
Annexe 15 – Photos des dalles après essai	44
Annexe 16 – Photos du relevé de l'écaillage des dalles	48

1 PREAMBULE

Le présent rapport d'essai s'inscrit dans une action dont l'objectif est d'évaluer le comportement au feu des bétons de granulats recyclés (Projet National RECYBETON, Tranche 4) :

- d'une part vis-à-vis de leur propension à l'écaillage/éclatement et ;
- d'autre part vis-à-vis de leur résistance thermo-mécanique.

Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer si le comportement des bétons de granulats recyclés est similaire à celui des bétons de granulats naturels en vue de leur introduction possible dans l'Eurocode 2-1-2.

2 OBJET DE L'ESSAI

Il s'agit de réaliser un essai de comportement au feu de quatre dalles en béton armé dont deux sont fabriquées à partir de granulats naturel et deux à partir de granulats recyclés dans l'objectif d'appréhender le gradient thermique et de caractériser l'écaillage/éclatement entre les différents bétons.

3 TEXTES DE REFERENCE

- Principes généraux de la norme NF EN 1363-1 de mars 2013.

4 DATE DE FABRICATION DES ELEMENTS D'ESSAI

Dalle	Date de fabrication
Dalle D1 (granulats recyclés C35/45 0R/100R)	25/02/2016
Dalle D2 (granulats recyclés C35/45 30R/30R)	03/03/2016
Dalle D3 (granulats naturel siliceux C35/45)	10/03/2016
Dalle D4 (granulats naturel calcaire C35/45)	17/02/2016

5 CARACTERISTIQUES ET LIEU DE FABRICATION DES ELEMENTS D'ESSAI

Nature des corps d'épreuve	Dimensions des corps d'épreuve	Composition	Lieu de fabrication
Dalle en béton armé de granulats recyclés C35/45 0R/100R (D1)	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	0 % de sable recyclé et 100 % de gravillons recyclés	CERIB
Dalle en béton armé de granulats recyclés C35/45 30R/30R (D2)	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	30 % de sable recyclé et 30 % de gravillons recyclés	CERIB
Dalle en béton armé de granulats naturel silico-calcaire C35/45 (D3)	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	100 % granulats naturel silico-calcaire	CERIB
Dalle en béton armé de granulats naturel calcaire C35/45 (D4)	4,6 m × 1,5 m × 0,2 m	100 % granulats naturel calcaire	CERIB

6 DESCRIPTION DES ELEMENTS D'ESSAI

6.1 Formulation et caractéristiques des bétons

COMPOSITION DU BETON DE LA DALLE D1 (pour 1 m³)	
Gravillon recyclé 4/10	158 kg
Gravillon recyclé 10/20	681 kg
Sable Sandrancourt 0/4	781 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	336 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	53 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	2 kg
Eau totale	239 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1. Les fiches techniques des gravillons recyclés 4/10 et 10/20 ne sont pas fournies.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	2,5%
Masse volumique	2 248 kg/m ³
Teneur en eau	10,7%
CLASSE D'EXPOSITION	
XC0	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45¹	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	33
28	40
90	40
STABILISATION PONDERALE DE L'ELEMENT D'ESSAI²	
Obtenu au bout de 7 jours. Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2.	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI³	
5,6 %	

¹ Pour chaque échéance de caractérisation de la résistance mécanique du béton, 3 éprouvettes cylindriques Ø11x22, préalablement surfacées mécaniquement à l'aide d'une gréreuse, sont comprimées.

² Un cube 20 cm × 20 cm × 20 cm, représentatif de chaque dalle testée, objet du présent rapport d'essai est confectionné au jour de fabrication des dalles. Une protection aluminium disposée sur toute la périphérie des cubes permet un séchage unidirectionnel représentatif du séchage des éléments d'essai. Les cubes sont conservés à proximité des dalles dans une salle climatisée dont les consignes en température et en hygrométrie sont respectivement fixées à 23 °C et à 50 %. L'évolution de la masse est contrôlée au moyen de pesées régulières.

³ Trois morceaux de béton sont prélevés dans les cubes utilisés pour l'évaluation de la stabilité pondérale de chaque dalle. Ils sont placés en étuve à 105 °C puis, retirés de l'étuve lorsque l'évolution de la masse est inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives espacées de 24 heures.

COMPOSITION DU BETON DE LA DALLE D2 (pour 1 m³)	
Gravillon recyclé 4/10	142 kg
Gravillon GIVET 6,3/20	540 kg
Gravillon GIVET 4/10	167 kg
Sable recyclé 0/4	213 kg
Sable Sandrancourt 0/4	489 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	320 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	44 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	4 kg
Eau	222 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1. Les fiches techniques des gravillons recyclés 4/10 et du sable recyclé 0/4 ne sont pas fournies.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	2,3 %
Masse volumique	2 303 kg/m ³
Teneur en eau	10,7 %
CLASSE D'EXPOSITION	
XCO	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	29
28	-
90	-
STABILISATION PONDERALE DE L'ELEMENT D'ESSAI	
Obtenu au bout de 7 jours. Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2.	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI	
4,6 %	

COMPOSITION DU BETON DE LA DALLE D3 (pour 1 m³)	
Gravillon Sandrancourt 6,3/20	879 kg
Gravillon Sandrancourt 4/12,5	176 kg
Sable Sandrancourt 0/4	703 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	300 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	58 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	1 kg
Eau	110 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,3%
Masse volumique	2322 kg/m ³
Teneur en eau	10,3%
CLASSE D'EXPOSITION	
XC0	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	32
28	36
90	36
STABILISATION PONDERALE DE L'ELEMENT D'ESSAI	
Obtenue au bout de 3 jours. Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2.	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI	
4,3 %	

COMPOSITION DU BETON DE LA DALLE D4 (pour 1 m³)	
Gravillon GIVET 6,3/20	803 kg
Gravillon GIVET 4/10	262 kg
Sable Sandrancourt 0/4	764 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	296 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	57 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	2 kg
Eau	185 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,5%
Masse volumique	2367 kg/m ³
Teneur en eau	8,8%
CLASSE D'EXPOSITION	
XC0	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	36
28	44
90	43
STABILISATION PONDERALE DE L'ELEMENT D'ESSAI	
Obtenue au bout de 5 jours. Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2.	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI	
4,0 %	

6.2 Mise en œuvre des éléments d'essai

FABRICATION DES ELEMENTS D'ESSAI		
Etape de mise en œuvre	Composant	Description
Coffrage	Contreplaqué filmé épaisseur 21 mm	-
Mise en place des moyens de levage	Douilles de levage HD Rd 12 et HD Rd 13	Voir les plans fournis en annexe 3
Mise en place du ferrailage	2 treillis soudé ST25C (Fe 500, maille 15 cm × 15 cm, HA7)	
Coulage du béton	<ul style="list-style-type: none"> - Dalle D1 (granulats recyclés C35/45 0R/100R) : le 25/02/2016 - Dalle D2 (granulats recyclés C35/45 30R/30R) : le 03/03/2016 - Dalle D3 (granulats naturel siliceux C35/45) : le 10/03/2016 - Dalle D4 (granulats naturel calcaire C35/45) : le 17/02/2016 	Mise en place du béton au cours de 4 gâchées consécutives par dalle : <ul style="list-style-type: none"> - tiré et mis en place à l'aiguille vibrante ; - lissé à l'aide d'une règle de maçon. Voir les photos de fabrication des dalles en annexe 4
Protection	Film plastique (polyane)	Protection de la poutre par un film plastique après coulage
STOCKAGE DES ELEMENTS D'ESSAI		
Conservation des éléments d'essai dans une salle climatisée dont les consignes sont respectivement fixées à 23°C et 50% HR jusqu'au jour de l'essai.		

7 MODALITES DE L'ESSAI

7.1 Configuration d'essai

Les 4 dalles sont testées en même temps. Elles sont mises en place sur la structure support composée de poutres métalliques refroidies par eau et protégées du feu par de la fibre minérale de densité 96 kg/m³.

Les dalles sont juxtaposées les unes à côté des autres et séparées par de la fibre minérale.

Chaque dalle est exposée au feu sur une surface de 4 000 × 1 500 mm².

Voir les plans de configuration en annexe 5.

Des pyromètres à plaque sont fixés sur des barres en acier, soutenues par des fers plats et maintenues en place à l'aide de tiges en acier.

Voir le plan de positionnement des pyromètres à plaque en annexe 6.

7.2 Sens du feu

Les dalles sont exposées au feu sur une seule face. Le sens du feu est indifférent.

7.3 Action thermique

L'action thermique suivie est celle de la courbe d'échauffement température – temps normalisée de la norme NF EN 1363-1 décrite par la fonction :

$$T = 20 + 345 \log_{10} (8t + 1)$$

Avec T : la température en °C

t : temps en minute.

Le pilotage thermique du four est réalisé au moyen de pyromètres à plaque.

8 MESURES EFFECTUEES PENDANT L'ESSAI DE RESISTANCE AU FEU

8.1 Températures du four

Les températures du four sont mesurées à l'aide de 16 pyromètres à plaque placés à 100 mm \pm 50 mm de la face exposée au feu des éléments d'essai. 4 pyromètres à plaque sont utilisés pour chaque dalle.

Les 16 points de température sont enregistrés pendant toute la durée de l'essai.

Voir la courbe de la conduite thermique du four en annexe 7 et la courbe de l'écart de la conduite thermique du four avec la courbe normalisée en annexe 8.

8.2 Pression dans le four

L'élément d'essai est soumis à une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du four de 20 Pa au niveau de la face exposée au feu des dalles. Le capteur de pression étant situé à 860 mm de la face exposée, le différentiel de pression est régulé à 12,7 Pa.

Voir la courbe du différentiel de pression interne du four par rapport à la pression atmosphérique en annexe 9.

8.3 Températures de l'élément d'essai

Les températures de chaque dalle sont mesurées à l'aide de 3 grappes de thermocouples à pastille de type K positionnées dans l'axe longitudinal médian. Chaque grappe est constituée de 5 thermocouples placés à :

- 0 cm (face exposée au feu) ;
- 2 cm de la face exposée ;
- 3 cm de la face exposée ;
- 5 cm de la face exposée ;
- 15 cm de la face exposée.

En complément, un thermocouple de surface de type K est positionné en face non exposée sur chaque dalle.

Les 18 points de mesure de la température sont positionnés et repérés sur les plans fournis en annexes 10.

Les 18 points de mesure de la température sont enregistrés pendant toute la durée de l'essai pour chaque dalle.

Voir les courbes des relevés de température dans les dalles en annexes 11.

8.4 Déplacements mécaniques

La mesure des déplacements verticaux depuis la face non exposée des dalles est effectuée à l'aide de capteurs de déplacement à câble. Un capteur de déplacement est positionné à mi-largeur et au centre de chaque dalle.

Voir le positionnement des capteurs des déplacements verticaux en annexe 12.

Voir la courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre en annexe 13.

9 OBSERVATIONS

9.1 Pendant l'essai

Au début de l'essai :

- Température dans le hall : 19 ° C.
- Température dans le four : 19 ° C.
- Moyenne des températures sur la face non exposée : 20 ° C.

Temps en minute	Face non exposée	Face exposée *(voir Figure 1)
0	Départ thermique de l'essai	
12'	RAS	Ecaillage dalle D2 en repère 1
13'	Ressuage sur la dalle D1	RAS
14'	RAS	Ecaillage dalle D1 en repères 2, 2' et 3 Ecaillage dalle D4 en repère 4
15'	RAS	Ecaillage dalle D2 en repères 5, 6 et 7
16'	Ressuage sur la dalle D2	RAS
20'	RAS	Ecaillage dalle D1 en repère 8
27'	Ressuage sur la dalle D3	RAS
66'	Fin de l'essai	

* visualisation par une caméra installée dans le four avec un système endoscopique.

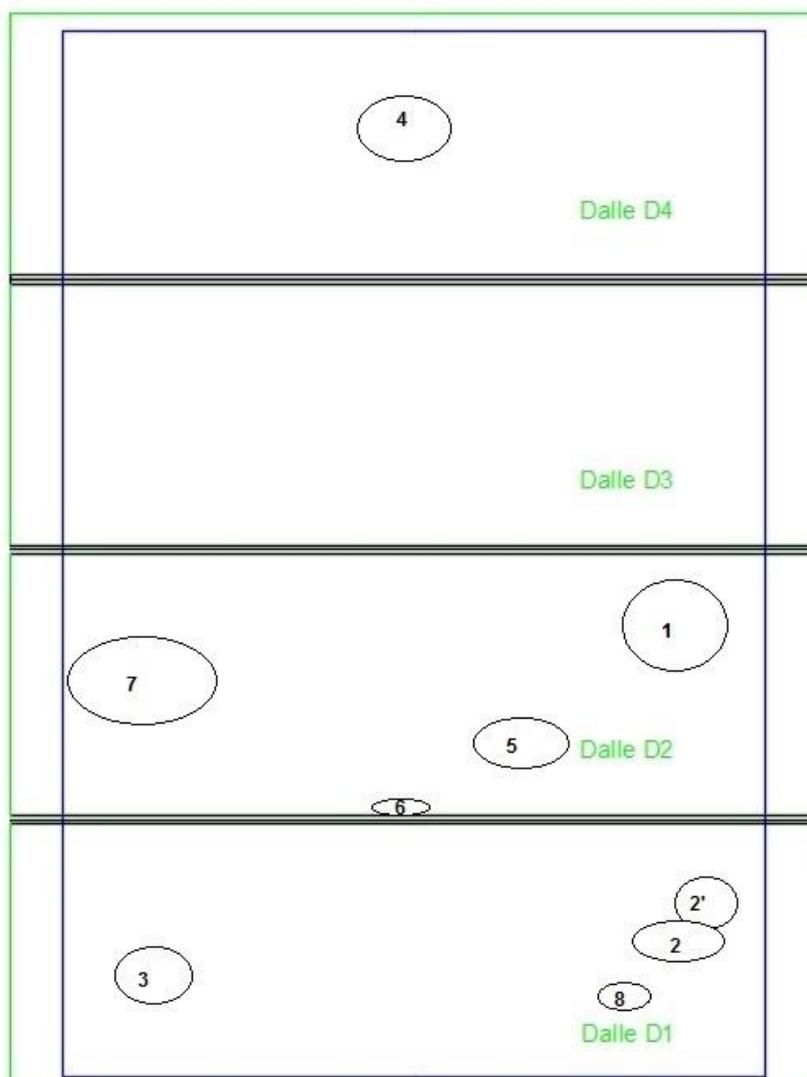


Figure 1 : Localisation des désordres relevés en face exposée.

9.2 Après essai

Les dalles n'ont pas évoluées depuis la fin de l'essai.

Voir les photos des dalles avant essai en annexe 14 et après essai en annexe 15.

9.3 Relevé de l'écaillage des dalles

Un relevé manuel (au réglet) de l'écaillage observé en surface exposée au feu des dalles est réalisé post-essai. Pour chacune des dalles, la surface écaillée et la profondeur maximale d'écaillage de chaque zone sont évaluées. Les données correspondantes sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Dalle	Zone*	Surface écaillée (cm × cm)	Profondeur maximale d'écaillage (cm)	Remarques
D1	Zone 2+2'	40 × 78	3	3 zones principales
	Zone 8	18 × 18	1	
	Zone 3	45 × 65	2,5	
D2	Zone 7	80 × 65	3	4 zones localisées
	Zone 6	25 × 10	2	
	Zone 1	35 × 20	3	
	Zone 5	55 × 36	2,5	
D3	-	-	-	Faïençage
D4	Zone 4	25 × 18	2	1 zone localisée au centre de la dalle

* la numérotation des zones écaillées fait référence à la Figure 1 visible sur la page précédente de ce rapport.

Voir les photos du relevé de l'écaillage des dalles en annexe 16.

AVERTISSEMENT

« Ce rapport d'essai atteste uniquement des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas une certification de produits au sens de l'article L115-27 du code de la consommation et de la loi du 4 août 2008 ».

« Le présent rapport donne des détails sur la méthode de construction, les conditions d'essai et les résultats obtenus lorsque l'élément de construction spécifique décrit ici a été soumis aux essais suivant le mode opératoire indiqué dans EN 1363-1 et, éventuellement, dans EN 1363-2. En ce qui concerne les dimensions, les détails de construction, les chargements, les contraintes et les conditions aux limites ou d'extrémité, tout écart important, autre que ceux autorisés dans le cadre du domaine d'application directe de la méthode d'essai appropriée, n'est pas couvert par le présent rapport ».

« Du fait de la nature des essais de résistance au feu et de la difficulté en résultant à quantifier l'incertitude de mesurage de la résistance au feu, il n'est pas possible de fixer un degré de précision des résultats ».



Fabienne ROBERT
Responsable Adjoint du
Centre d'Essais au Feu



Martin AUROY
Responsable d'Essais au
Centre d'Essais au Feu

ANNEXE 1 – FICHE TECHNIQUE DES BLOCS FOURNIE PAR LA FABRICANT

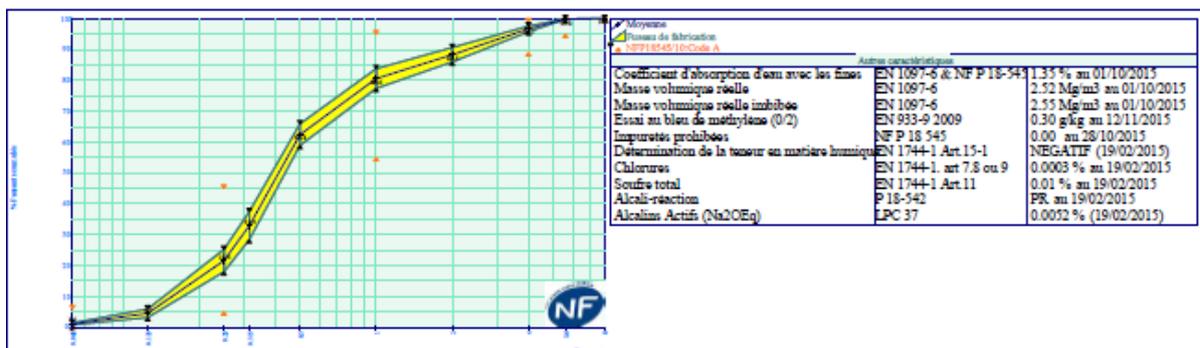
	Lafarge France - Sandrancourt Les Marettes, Sandrancourt 78520 St Martin la Garenne Tel:01 34 97 02 70 Fax:01 34 97 02 79	Fiche Technique de Produit Engagement du 01/01/2016 au 30/06/2016 Page 1/1, Imprimé le lundi 4 janvier 2016
---	---	--

Granulats : 0/4 SC L NF
Péetrographie : Alluvionnaire
Elaboration : Semi-Concassé Lavé

Service Qualité Produits LG Seine Aval : 02 32 54 70 85
 Organisme certificateur : AFNOR Certification, 11 avenue Francis de Préssencé 93571 La Plaine St Denis

Partie contractuelle												
Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage												
Classe granulaire		Norme									Code	
0 4		Norme NF P 18-545 Article 10									Code A	
								D	1.4D	2D		
	0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Etendue e	6		40			40		10			0.6	
Incertitude U	1		2		0	3	0	2	1		0.15	6
V.S.S.+U	7.0		47			98		100	100		2.95	
V.S.S.	6.0		45			95		99	100		2.80	
V.S.I.			5			55		89	95	100	2.20	65.0
V.S.I.-U			3			52		87	94		2.05	59.0
Ecart-type max	1.82		12.12			12.12		3.03			0.18	

Partie informative												
Résultats de production												
du 01/07/15 au 18/12/15												
	0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Maximum	2.2	7	29	44	69	86	95	99	100	100	2.75	86.0
X(+1.25)/cart-type	1.4	6	25	37	66	84	91	98	100	100	2.57	83.8
Moyenne Xf	1.1	5	22	33	62	81	88	97	100	100	2.48	81.8
X(-1.25)/cart-type	0.7	3	18	28	59	77	86	96	100	100	2.35	79.7
Minimum	0.1	2	13	23	54	73	83	94	100	100	2.21	78.0
Ecart-type	0.25	1.1	2.9	3.6	2.8	2.5	1.9	0.7	0.1	0.0	0.090	1.60
Nombre de résultats	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	83



Eric Jammet



Sable 0/4 Sandrancourt

FICHE TECHNIQUE
Fabriqué à ROCHEFORT

Mise à jour du 27/02/2012

Ciment Portland au calcaire

NF EN 197-1 A1	CEM II/A-L 42,5 N	01/06/2001
	N° de certificat : 0393-CPD-4904	
CE+NF	CEM II/A-L 42,5 N CE CP2 NF	27/04/1907
NF P15-318	Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint	CP2

Disponibilités : Vrac

COMPOSITION DÉCLARÉE (en %)

Constituant		Régulateur de prise	
Clinker (K)	67	Gypse	3,4
Laitier de haut-fourneau (S)	-	Anhydrite	-
Schiste calciné (T)	-	Autre sulfate de calcium	-
Sulfate de calcium (Cs)	-		
Pozzolanes naturelles (P)	-		
Cendres volantes siliceuses (V)	-	Agent de mouture	HEA 252 0,04
Cendres volantes calciques (W)	-	Sulfate ferreux	0,25
Calcaires (L ou LL)	11		
Constituants secondaires	2		

RESISTANCES A LA COMPRESSION (en MPa)

1 jour _ 2 jours **29** 7 jours _ 28 jours ... **53**

CARACTÉRISATION PHYSIQUE

Sur poudre	Sur pâte pure	Sur mortier
Masse volumique (en g/cm ³) 3,09	Besoin en eau (en %) 27,9	Chal. hydr. 41h (en J/g) _
Surface massique (en cm ³ /g) 3700	Stabilité (en mm) 1,1	
Indice de clarté 59,6	Début de prise (en min) 150	

CARACTÉRISATION CHIMIQUE

PNF	INS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	S	Cl	CO ₂	CaO _{eq}	Na ₂ O eq acif
5,1	1,0	18,7	4,9	3,7	62,0	1,3	2,7	0,68	0,17	0,05	0,64	4,7	1,5	0,59

Composition potentielle du clinker : C3A **7,9** C3S **61** C4AF **12**



La reproduction partielle ou intégrale de ce document est interdite sans accord préalable de notre part. Les résultats faisant l'objet du présent document sont basés sur des valeurs moyennes et sont donnés à titre purement indicatif. Étant susceptibles de varier dans les limites autorisées par les normes correspondantes, ils ne sauraient engager la responsabilité de Holcim France ou Holcim Belgique.

Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort



Fiche technique

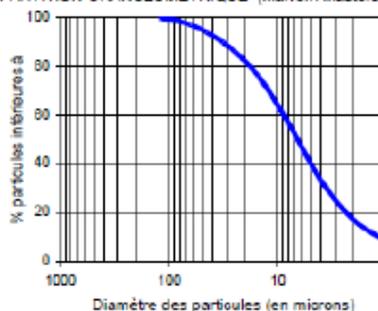
Betocarb® HP - OG

SITE:	ORGON, France (certifié ISO 9001)																														
DESCRIPTION DU PRODUIT:	Addition calcaire sélectionnée pour bétons hydrauliques et filler pour bétons hydrauliques hautes performances (EN 12820). Produit particulièrement adapté aux bétons de parement et architectoniques (essai LQ_007). Ce produit est de catégorie A selon la norme NF P 18-508.																														
COMPOSITION TYPE DE LA ROCHE:	<table border="0"> <tr><td>CaCO₃</td><td>98.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Carbonates totaux</td><td>99.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Chlorures</td><td>0.001</td><td>%</td></tr> <tr><td>Sulfates</td><td>0.001</td><td>%</td></tr> <tr><td>Soufre total</td><td>0.005</td><td>%</td></tr> <tr><td>Matières organiques</td><td>0.01</td><td>%</td></tr> <tr><td>Essai au bieu de méthylène</td><td>0.3</td><td>g/kg</td></tr> <tr><td>Alcalins équivalents</td><td>0.005</td><td>%</td></tr> <tr><td>Silice totale</td><td>0.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Réactivité aux alcalins</td><td>NR</td><td></td></tr> </table>	CaCO ₃	98.8	%	Carbonates totaux	99.1	%	Chlorures	0.001	%	Sulfates	0.001	%	Soufre total	0.005	%	Matières organiques	0.01	%	Essai au bieu de méthylène	0.3	g/kg	Alcalins équivalents	0.005	%	Silice totale	0.1	%	Réactivité aux alcalins	NR	
CaCO ₃	98.8	%																													
Carbonates totaux	99.1	%																													
Chlorures	0.001	%																													
Sulfates	0.001	%																													
Soufre total	0.005	%																													
Matières organiques	0.01	%																													
Essai au bieu de méthylène	0.3	g/kg																													
Alcalins équivalents	0.005	%																													
Silice totale	0.1	%																													
Réactivité aux alcalins	NR																														
CARACTERISTIQUES TYPES DU PRODUIT:	<table border="0"> <tr><td>Granulométrie:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>- Particules < 2 mm</td><td>100</td><td>%</td></tr> <tr><td>- Particules < 0.125 mm</td><td>100</td><td>%</td></tr> <tr><td>- Particules < 0.003 mm</td><td>97</td><td>%</td></tr> <tr><td>- Surface spécifique Blaine</td><td>482</td><td>m²/kg</td></tr> <tr><td>Blancheur CIE L*</td><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>Indice d'activité à 28 jours</td><td>0.79</td><td></td></tr> <tr><td>Taux d'humidité départ usine</td><td>0.2</td><td>%</td></tr> </table>	Granulométrie:			- Particules < 2 mm	100	%	- Particules < 0.125 mm	100	%	- Particules < 0.003 mm	97	%	- Surface spécifique Blaine	482	m ² /kg	Blancheur CIE L*	95		Indice d'activité à 28 jours	0.79		Taux d'humidité départ usine	0.2	%						
Granulométrie:																															
- Particules < 2 mm	100	%																													
- Particules < 0.125 mm	100	%																													
- Particules < 0.003 mm	97	%																													
- Surface spécifique Blaine	482	m ² /kg																													
Blancheur CIE L*	95																														
Indice d'activité à 28 jours	0.79																														
Taux d'humidité départ usine	0.2	%																													
CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT:	<table border="0"> <tr><td>Densité</td><td>2.7</td><td>g/ml</td></tr> <tr><td>Densité apparente tassée</td><td>1.5</td><td>g/ml</td></tr> </table>	Densité	2.7	g/ml	Densité apparente tassée	1.5	g/ml																								
Densité	2.7	g/ml																													
Densité apparente tassée	1.5	g/ml																													

APPLICATIONS PRINCIPALES:

Béton auto-plaçant
Béton prêt à l'emploi
Éléments préfabriqués architectoniques
Applications spéciales
- Béton projeté

REPARTITION GRANULOMETRIQUE (Malvern Mastersizer 2000):



CONDITIONNEMENT STANDARD:

- VRAC
- SAC (papier) de 25 kg sur palette

Les informations contenues dans cette fiche technique ne concernent que le matériel spécifique mentionné et ne concernent pas l'utilisation conjointement avec tout autre matériel ou dans tout procédé. Les informations fournies dans le présent document se basent sur des données techniques qui, à la connaissance de Onyx, sont fiables, toutefois Onyx ne fournit aucune garantie de complétude ou d'exhaustivité de ces informations, et Onyx n'assume aucune responsabilité résultant de leur utilisation ou vice-versa de toutes réclamations, pertes ou dommages subis par une tierce partie. Toute personne recevant ces informations doit exercer son jugement propre en ce qui concerne leur utilisation appropriée et il incombe à l'utilisateur d'évaluer si le matériel convient (y compris en matière de sécurité) pour un usage particulier avant d'en faire usage.

édition : 29.03.2012
Produit information :
SOL03.01_FR_2008-PROG
03220_HP
version : 0

Filler calcaire Betocarb HP-OG


 Conforme
 NF-EN 934.1/2

MC-PowerFlow 3140

Superplastifiant / haut réducteur d'eau

Propriétés du produit

- Exempt de composants favorisant la corrosion
- Faible dosage
- Economie d'eau supérieure à la moyenne
- Résistances initiales élevées
- Temps de prise nettement réduits

Domaines d'application

- Béton prêt à l'emploi
- Béton autoplaçant (BAP)
- Béton à haute résistance
- Eléments préfabriqués
- Béton à haute compacité

Indications de mise en œuvre

MC-PowerFlow 3140 est un superplastifiant synthétique à base d'éther polycarboxylate (PCE). Il convient particulièrement pour la fabrication de bétons à faible teneur en eau et de bétons haute performance.

Son mécanisme d'action repose sur la répulsion stérique des particules de ciment. Ce mécanisme permet de fabriquer des bétons à teneur en eau extrêmement faible dont leurs propriétés de mise en œuvre dépassent celles des bétons fluides disponibles jusque-là. Ces résultats sont souvent obtenus même avec des dosages économiques.

MC-PowerFlow 3140 favorise le développement de la résistance initiale et convient donc particulièrement pour une utilisation dans les usines d'éléments préfabriqués et pour la fabrication de béton armé.

Les pertes de consistance qui apparaissent souvent avec les adjuvants fluidifiants conventionnels peuvent être minimisées.

La combinaison particulière des agents actifs per-

met de fabriquer des bétons stables et homogènes dans toutes les classes de consistance.

La consistance du béton peut être élargie de plusieurs niveaux de consistance, par exemple de S 2 à BAP, pour une teneur en eau inchangée.

MC-PowerFlow 3140 peut être utilisé avec de nombreux autres adjuvants pour béton MC. Demandez notre assistance conseil en technologie du béton dans votre cas particulier.

L'adjonction de MC-PowerFlow 3140 dans le béton se fait durant le malaxage. On obtient la meilleure efficacité en effectuant le dosage après l'eau de gâchage. Le dosage est également possible avec l'eau de gâchage. Le temps de malaxage doit être défini de telle sorte que l'adjuvant puisse développer pleinement son effet fluidifiant durant le malaxage. Dans le cas notamment où le dosage sur le chantier est effectué dans le véhicule, il convient d'observer le règlement applicable.

Veillez observer les « Indications générales relatives à l'utilisation d'adjuvants pour béton ».

①


Propriétés techniques de MC-PowerFlow 3140

Paramètre	Unité	Valeur	Observations
Densité volumique	kg/dm ³	env. 1,06	
Dosage recommandé	g	2 - 50	par kg de ciment
Teneur en chlorure maximale	% de taux de masse	≤ 0,10	
Teneur en Na ₂ O eq.	% de taux de masse	≤ 0,5	
Extrait sec	%	29,56-32,68 29,93-33,08	(methode infrarouge) (EN 480-8)
pH	-	4,0-7,0	

Caractéristiques produit de MC-PowerFlow 3140

Nature de l'adjuvant	Superplastifiant EN 934-2 : T 3.1/3.2 (réducteur d'eau EN 934-2 : T 2)
Appellation de l'adjuvant	MC-PowerFlow 3140
Couleur	jaune jusqu'à marron
Forme	liquide
Certificat de conformité	0754-CPD-02-1065.2 0754-CPD-08-0260
Organisme homologue	MPA, Karlsruhe
Contrôle de la production en usine selon DIN EN ISO 9001 / DIN EN 934-2/6	
Désignation de la couleur	gris/jaune
Forme de la livraison	Fûts de 200 kg Conteneurs de 1.000 kg Camions-citernes

Annotation : Les informations données dans la présente fiche technique sont basées sur notre expérience en toute bonne foi, mais sans engagement. Elles sont à adapter aux ouvrages respectifs, aux objectifs d'utilisation et aux exigences locales spécifiques. Dans ces conditions, nous garantissons l'exactitude de ces informations dans le cadre de nos conditions de vente et de livraison. Toute recommandation faite par nos collaborateurs et s'écartant des informations contenues dans nos fiches techniques sera valable uniquement à condition d'avoir été confirmée par écrit. De manière générale, les règles de l'art officiellement reconnues sont applicables.

Edition 03/13. Le présent imprimé a été révisé sur le plan technique. Les versions publiées antérieurement ne sont plus valables et ne doivent plus être utilisées. Toute nouvelle révision technique annule et remplace la présente version

②

MC Chimie SARL • Z.I. mi-plaine • 29/31, rue des Frères Lumière • F-69740 Genas
Tel. +33-4-78 90 24 36 • Fax: +33-4-78 90 11 99 • www.mc-chimie.fr

Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Fiche Technique Produit Mise à jour du : 03/01/2012 FTP Q2L442 A10 112

Unité de production	Classe granulaire	Elaboration
Givet CE	6.3 / 20 Cal CL - NF	Concassé Lavé
Norme	Article	Coda
NF P 18545	10 : Bétons hydrauliques	A sauf Soufre en B
Nature pétrographique		
Calcaire		

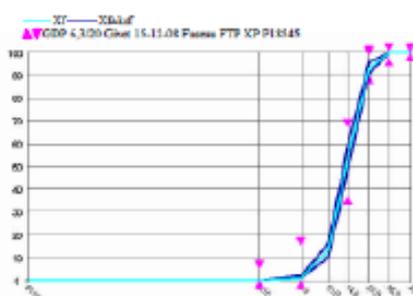
PARTIE NORMATIVE

Nom	Symbole	V ₅₀	V ₅₅	u	V ₅₁ - u	V ₅₅ - u	Li	Ls	e	e / 3.3
2D	40 mm	100	100							
1.4D	28 mm	98	100	1	97	100				
D	20 mm	90	99	5	85	100				
D/1.4	14 mm	37	67	6	31	73	35	70	30	9.09
d	6.3 mm	0	15	5	0	20				
d/2	3.15 mm	0	5	1	0	6				
0.063	0.063 mm	0	1.5	0.3						
FI	FI		20	4		24				
LA	LA		30	3		33				
Ab	Ab		2.5	0.3		2.8				
Impuretés prohibées	IP		0.1							
Teneur en soufre tot	S%		1	0.1		1.1				
Boulettes d'argile	Arg		1							
MBf	MBf		10	2		12				
Teneur en fines	F		1.5	0.3		1.8				

PARTIE INFORMATIVE (n=1.25)

Du 07/07/2011 au 14/12/2011

Nom	Symbole	Maxi	Xf - kof	Xf	sf	Xf - kof	Mini	Nb val
40	40.0	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	34
28.0	28.0	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	34
20.0	20.0	98.00	96.40	93.90	2.00	91.40	88.80	34
14.0	14.0	65.10	60.20	54.60	4.40	49.10	46.60	34
6.3	6.3	3.20	2.40	1.90	0.50	1.30	1.10	34
3.15		0.90	0.60	0.40	0.10	0.30	0.20	34
63 µm	0.063	0.90	0.40	0.30	0.10	0.30	0.10	34
Aplatissement	FI	14.0		10.7			7.8	5
Teneur en eau	w	2.5	1.7	1.0	0.5	0.4	0.2	34
Teneur en fines	f	0.61	0.41	0.29	0.09	0.17	0.14	34



Date	Nom de l'essai	Norme essai	Symbole	Valeur
25/01/11	Abs de eau (%)	NF EN 1097-6 articles 7	WA24	0,57
05/04/11	Alcalis solubles (%)	LPC n°37	Na2O eq	0,0013
21/11/11	Aplatissement (%)	NF EN 933-3	FI	10,9
04/10/11	Boulettes d'Argile (%)	XP P 18-545 10-1-6	BA	0,01
04/04/11	Chlorure-sou (pot) (%)	NF EN 1744-1 art 8	C	0,0240
04/10/11	Impuretés prohibées (%)	XP P 18545 3-42	Imp	0,01
05/10/11	LA+MDE (%)	P18 545 8.1	%	40
05/10/11	Los Angeles (.)	NF EN 1097-3 article 5	LA	21
04/04/11	Matière humique	NF EN 1744-1 art 15.1	Centaur	0,024
05/10/11	Micro-Ceural (.)	NF EN 1097-1	MDE	19
25/01/11	MV absolue 0/63 - µ a (0/m)	NF EN 1097-6 articles 7	MVA (Absol	2,74
31/03/11	MV réelle - µ rd (0/m3)	NF EN 1097-6 articles 7	pod	0,09
25/01/11	MV réelle saturé 0/63 - µ ss	NF EN 1097-6 articles 8	MVS	2,71
04/04/11	Qualification Alcali	FD P18-542	NR	
04/04/11	Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	S	0,380

	Editée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 06600 - Givet	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

**Annexe des caractéristiques de la
Fiche Technique Produit**

 Mise à jour du : 03/01/2012
 FTP Q2L442 A10 112

Unité de production	Classe granulatoire	Elaboration
Givet CE	6,3 / 20 Cal CL - NF	Concassé Lavé
Norme	Article	Coda
NF P 18545	10 : Bétons hydrauliques	A sauf Soufre en B

COMPTAGE PETROGRAPHIQUE					Date pétrographie 11/03/2010	
SIR	QUARTZ	CALCAIRE	GRANITOIDE	GRES	AUTRE	
1	0	98,5	1	0	0,5	

CHIMIE										Date chimie 04/04/2011	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Perte au f
6,98	1,77	0,88	46,57	3,47		0,07	0,47	0,10	0,03	< L.D.	39,39

Détail: Analyse granulométrique								Du 07/07/2011 au 14/12/2011			
	63 µm	3,15	6,3	10,0	14,0	20,0	28,0	40			
Maximum	0,50	0,90	3,30	21,70	85,10	98,00	100,00	100,00			
Xf + k sf	0,40	0,60	2,40	14,30	60,20	96,40	100,00	100,00			
sf	0,10	0,10	0,50	2,40	4,40	2,00	0,00	0,00			
Xf	0,30	0,40	1,90	13,30	54,60	93,90	100,00	100,00			
Xf - k sf	0,20	0,30	1,30	10,20	49,10	91,40	100,00	100,00			
Minimum	0,10	0,20	1,10	10,50	45,60	88,80	100,00	100,00			

Observations
 Organisme certificateur : AFNOR Certification
 11 rue Francis Pressensé
 F-93571 La Plaine Saint Denis Cedex

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 08800 - Givet	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--

Gravillon GIVET 6,3/20



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

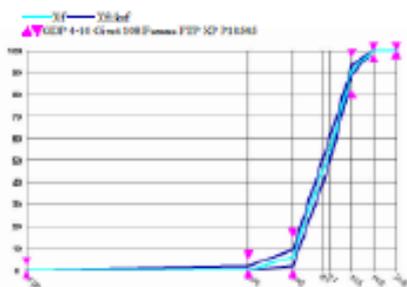
Fiche Technique Produit			Mise à jour du : 03/01/2012	FTP Q2L270 A10 112
Unité de production	Classe granulatre	Elaboration		
Givet CE	4 / 10 Cal CL - NF -	Concassé Lavé		
Norme	Article	Code		
P 18-545	10 : Bétons Hydrauliques	A sauf Soufre et Aplatissement en B		
Nature pétrographique				
Calcaire				

PARTIE NORMATIVE

Norm	Symbole	V _{si}	V _{si}	n	V _{si} - n	V _{si} + n	L _i	L _e	e	e / 3,3
2D	20 mm	100	100							
1.4D	14 mm	98	100	1	97	100				
D	10 mm	84	99	5	77	100	80	99	15	
d	4 mm	0	13	3	0	30	0	20	13	
d/2	2 mm	0	3	1	0	6				
Fines	0.063 mm		1,3	0,3		1,3				
Aplatissement	A		31	4		39				
Absorption	Ab		2,3	0,3		3				
Los Angeles	LA		36	3		33				
Gel	F		2							
Soufre	S		1	0,1		1,1				
Sulfates	AS		0,2	0,15		0,35				

PARTIE INFORMATIVE (k=1.25) Du 07/07/2011 au 14/12/2011

Norm	Symbole	Maxi	MI - Inf	MI	MI	MI - Inf	Maxi	Mo val
20.0	2D	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19
14.0	1.4D	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19
10.0	D	94.40	91.30	91.30	1.70	89.20	88.00	19
4.00	d	13.00	9.30	6.00	2.60	3.30	3.40	19
2.00	d/2	4.80	2.10	0.80	1.00	0.90	0.30	19
0.075 mm	0.063	0.70	0.60	0.40	0.10	0.20	0.10	19
Aplatissement	FI	18.3		16.1			13.3	7
Teneur en eau	w	3.6	3.2	1.9	1.0	0.6	0.4	19
Teneur en fines	f	0.72	0.56	0.37	0.15	0.18	0.10	19



Date	Nom de l'essai	Norme essai	Symbole	Valeur
24/01/11	Abs. d'eau (%)	NF EN 1097-6 articles 7	WA24	0.62
04/04/11	Alcalins solubles (%)	LPC n°37	Na2O eq	0,012
14/12/11	Aplatissement (%)	NF EN 933-3	FI	16,7
28/09/11	Boulettes d'Argile (%)	SDP P 18-545 10-1-6	BA	0,01
04/04/11	Chlorures+eau (pot) (%)	NF EN 1744-1 art 8	C	0,0240
28/09/11	Impuretes prohibees (%)	XP P 18545 3-42	ImpF	0,01
03/10/11	LA+MDE (%)	PI 6 3+3 8 1	%	40
03/10/11	Los Angeles (.)	NF EN 1097-2 article 3	LA	21
03/10/11	Micro-Dewal (.)	NF EN 1097-1	MDE	19
24/01/11	MV absolue 0/03 - a a (t/m)	NF EN 1097-6 articles 7	MVA (Alcool)	2,74
24/01/11	MV réelle - µ rd (t/m3)	NF EN 1097-6 articles 7	µrd	2,69
14/01/11	MV réelle sans 0/05 - µ rd	NF EN 1097-6 articles 8	MVrS	2,71
04/04/11	Qualification Alkali	FD P18-545	NR	
04/04/11	Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	S	0.360
04/04/11	Sulfates dans acide (%)	NF EN 1744-1 article 12	AS	0.013

	Editée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 09800 - Givet	Tel : 03.24.42.85.48 Fax : 03.24.42.85.60
---	--	--



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Annexe des caractéristiques de la
Fiche Technique ProduitMise à jour du : 03/01/2012
FTP Q2L270 A10 112

Usine de production	Classe granulats	Elaboration
Givet CE	4 / 10 Cal CL - NF -	Concassé Lavé
Noms	Article	Code
P 18-545	10 : Bétons Hydrauliques	A sauf Soufre et Aplatissement en B

COMPTAGE PETROGRAPHIQUE	Date pétrographie 18/01/2010
-------------------------	------------------------------

CHIMIE											Date chimie 11/03/2010
SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Na2O	K2O	TiO2	MnO	P2O5	Perte au f
6.98	1.17	0.58	48.37	5.47		0.07	0.47	0.10	0.03	<L.D.	39.59

Détail: Analyse granulométrique						Du 07/07/2011 au 14/12/2011				
	63 µm	2.00	4.00	6.3	7.1	10.0	14.0	20.0		
Maximum	0.70	4.80	13.80	32.20	61.20	84.40	100.00	100.00		
ICI - k of	0.60	2.10	9.30	20.40	60.40	82.30	100.00	100.00		
IF	0.10	1.00	3.80	4.70	4.70	1.70	9.80	0.00		
VE	0.40	0.80	6.00	45.10	54.70	91.30	100.00	100.00		
VI - k of	0.20	0.00	3.80	39.80	49.00	89.20	100.00	100.00		
Minimum	0.10	0.30	3.40	37.60	46.70	88.00	100.00	100.00		

Observations

Organisme de certification : AFNOR Certification
11 avenue de Francis de Pressensé
93571 Saint Denis La Plaine
Cedex

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 08600 - Givet	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--

Gravillon GIVET 4/10



Lafarge France - Sandrancourt

Les Marettes, Sandrancourt
78520 St Martin la Garenne
Tel:01 34 97 02 70 Fax:01 34 97 02 79

Fiche Technique de Produit

Engagement du 01/01/2016 au 30/06/2016

Page 1/1, Imprimé le lundi 4 janvier 2016

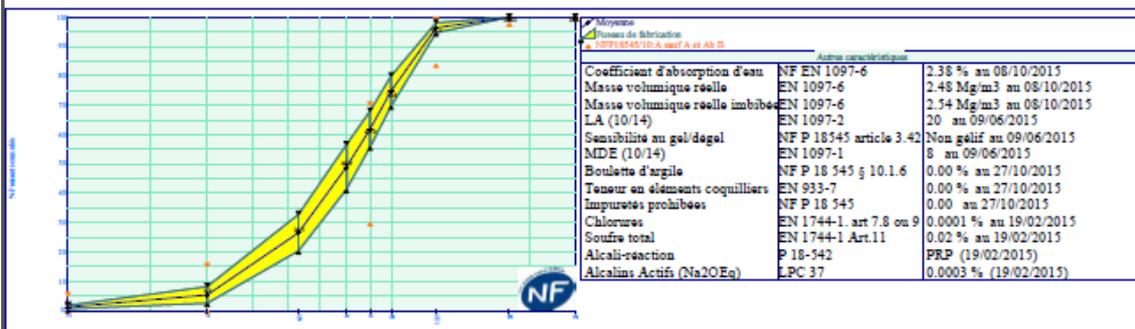
Granulats : 4/12.5 SCL
Pétrographie : Alluvionnaire

Service Qualité Produits LG Seine Aval : 02 32 54 70 85

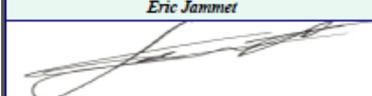
Organisme certificateur : AFNOR Certification 11 avenue Francis de Préssencé 93571 La Plaine St Denis

Partie contractuelle											
Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage											
Classe granulaire		Norme								Code	
4	12.5	Norme NF P 18-545 Article 10								A sauf A et Ab B	
	d/2	d			D/1.4			D	1.4D	2D	
	2	4	6.3	8	9	10	12.5	18	25	f	FI
Etendue e		15			30		15				
Incertitude U		5			12		5	1		0.3	4
V.S.S.+U		20			82		100			1.8	39
V.S.S.	5	15			70		99			1.5	35
V.S.I.		0			30		84	98	100		
V.S.I.-U		0			18		79	97			
Ecart-type max											

Partie informative											
Résultats de production											
du 01/07/15 au 17/12/15											
	2	4	6.3	8	9	10	12.5	18	25	f	FI
Maximum	3	13	41	58	68	85	99	100	100	1.2	26
Xf+1.25(Ecart-type)	2	8	33	56	68	80	98	100	100	0.7	
Moyenne Xf	1	5	27	49	62	75	96	100	100	0.4	22
Xf-1.25(Ecart-type)	1	3	20	41	56	70	95	100	100	0.2	
Minimum	1	1	16	32	49	61	91	100	100	0.2	17
Ecart-type	0.5	2.2	5.0	6.1	4.9	4.1	1.4	0.0	0.0	0.20	3.0
Nombre de résultats	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	7



Eric Jammet



Gravillon Sandrancourt 4/12,5



Lafarge France - Sandrancourt

Les Marettes, Sandrancourt
78520 St Martin la Garenne
Tel:01 34 97 02 70 Fax:01 34 97 02 79

Fiche Technique de Produit

Engagement du 01/01/2016 au 30/06/2016

Page 1/1, Imprimé le lundi 4 janvier 2016

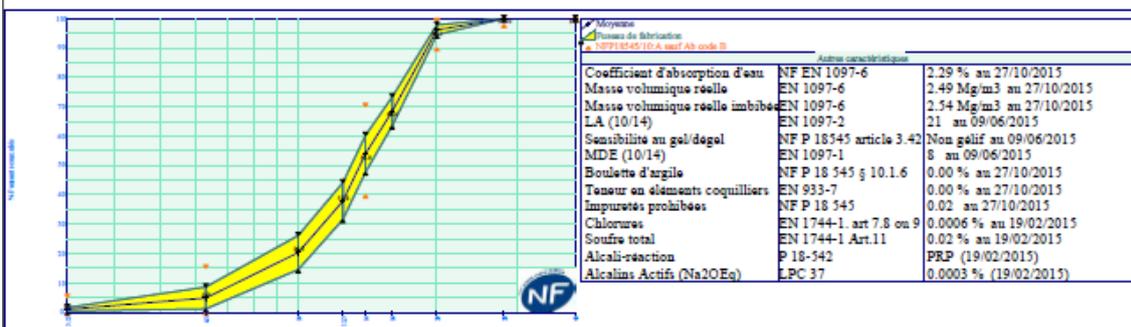
Granulats : 6.3/20 SC L NF
Péetrographie : Alluvionnaire

Service Qualité Produits LG Seine Aval : 02 32 54 70 85

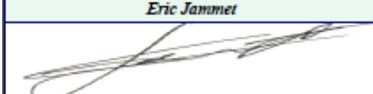
Organisme certificateur : AFNOR Certification 11 avenue Francis de Préssencé 93571 La Plaine St Denis

Partie contractuelle											
Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage											
Classe granulaire		Norme								Code	
6.3	20	Norme NF P 18-545 Article 10								A sauf Ab code B	
	d/2	d			D/1.4		D	1.4D	2D	f	FI
	3.15	6.3	10	12.5	14	16	20	28	40		
Etendue e					30						
Incertitude U	1	5			6		5	1		0.3	4
V.S.S.+U	6	20			76		100			1.8	24
V.S.S.	5	15			70		99			1.5	20
V.S.I.		0			40		90	98	100		
V.S.I.-U		0			34		85	97			
Ecart-type max					9.09						

Partie informative											
Résultats de production											
du 01/07/15 au 17/12/15											
	3.15	6.3	10	12.5	14	16	20	28	40	f	FI
Maximum	3	14	44	58	68	80	99	100	100	0.6	14
XN1.25/Ecart-type	2	9	28	44	60	73	98	100	100	0.5	
Moyenne Xf	1	5	20	38	54	68	96	100	100	0.4	13
XN1.25/Ecart-type	0	1	15	32	48	63	94	100	100	0.3	
Minimum	0	1	13	29	46	61	93	100	100	0.2	12
Ecart-type	0.5	3.0	4.6	5.0	5.0	3.9	1.3	0.0	0.0	0.10	1.0
Nombre de résultats	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	6

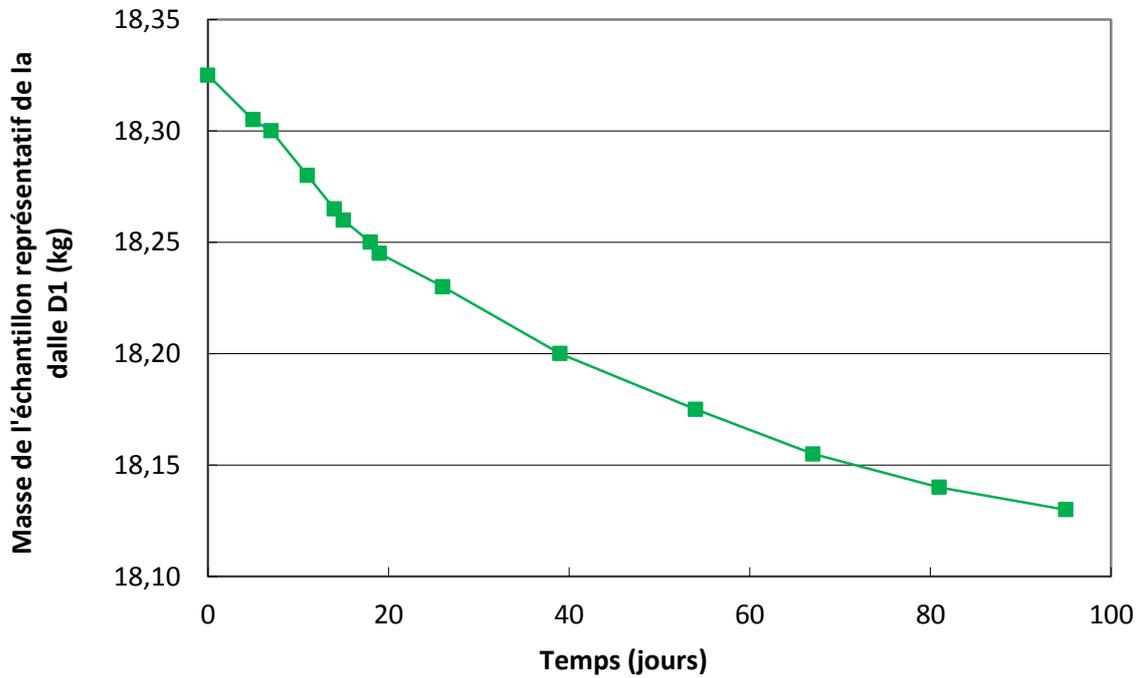


Eric Jammet

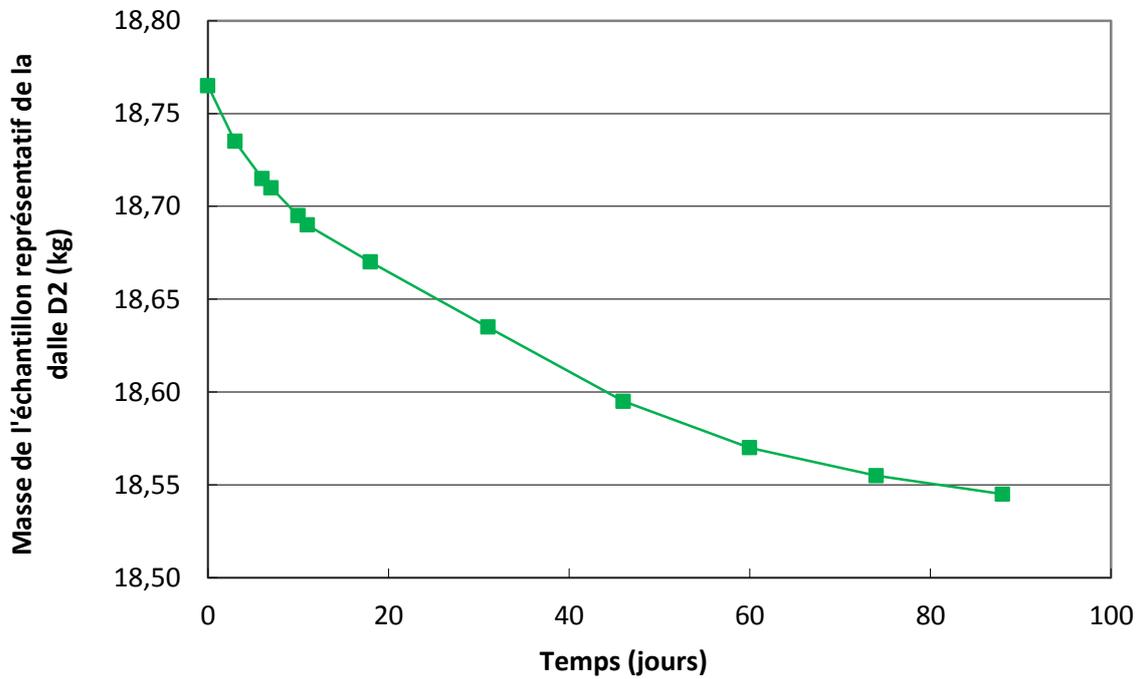


Gravillon Sandrancourt 6,3/20

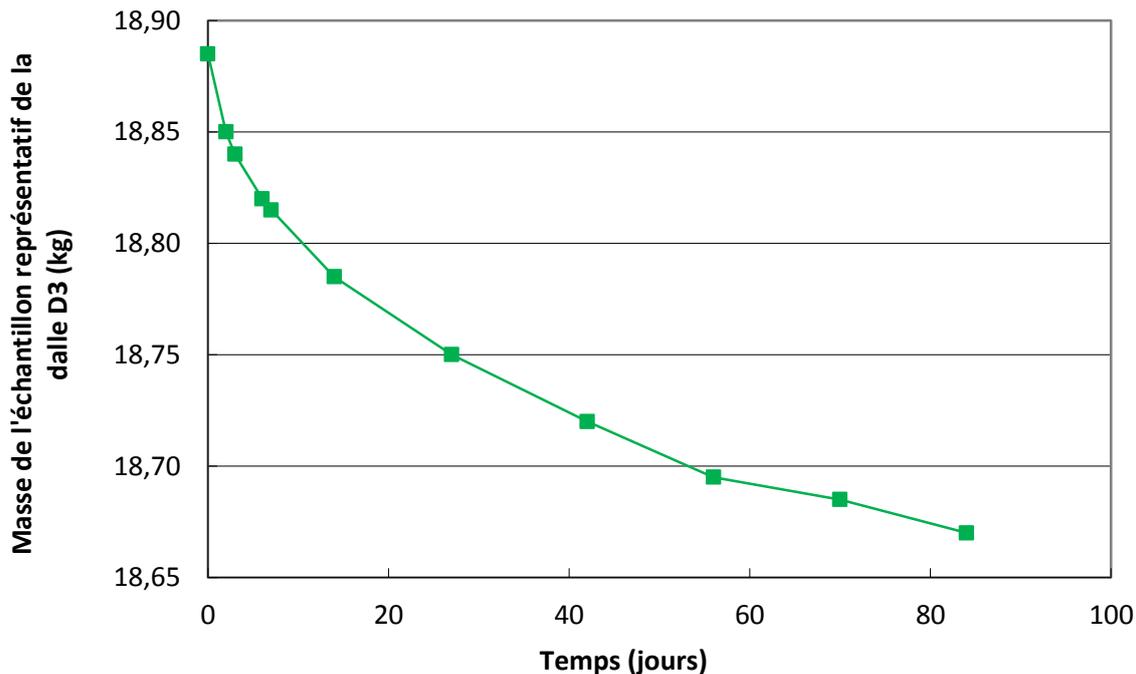
ANNEXE 2 – COURBES DE STABILISATION PONDERALE



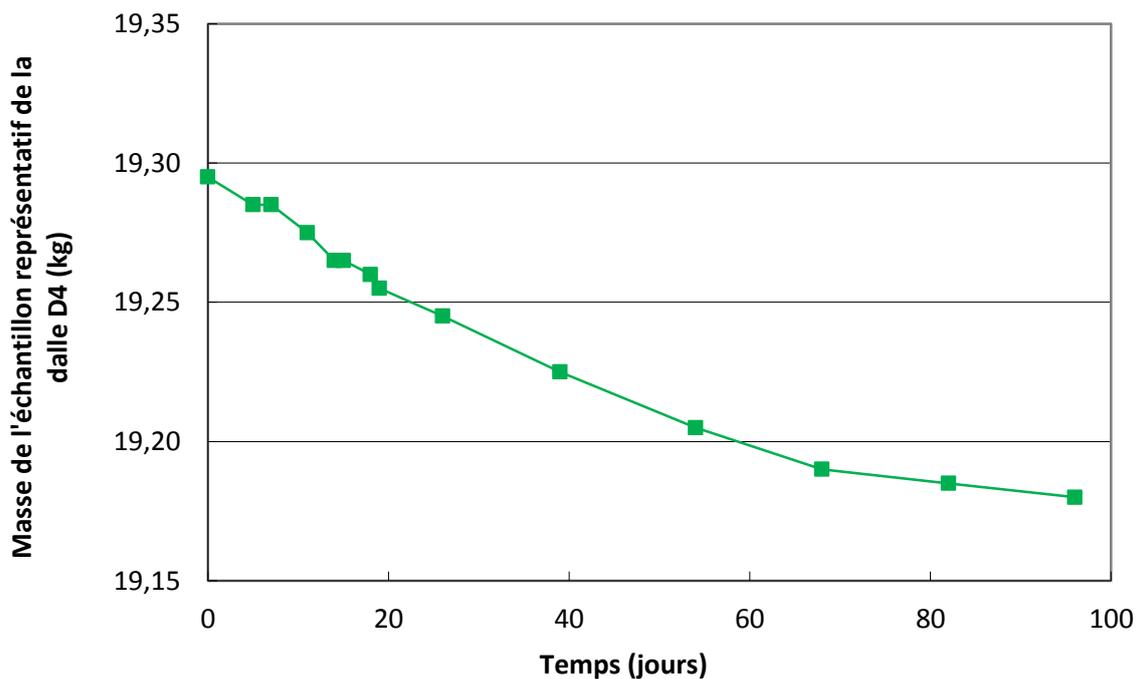
Courbe de stabilisation pondérale de l'échantillon représentatif de la dalle D1



Courbe de stabilisation pondérale de l'échantillon représentatif de la dalle D2

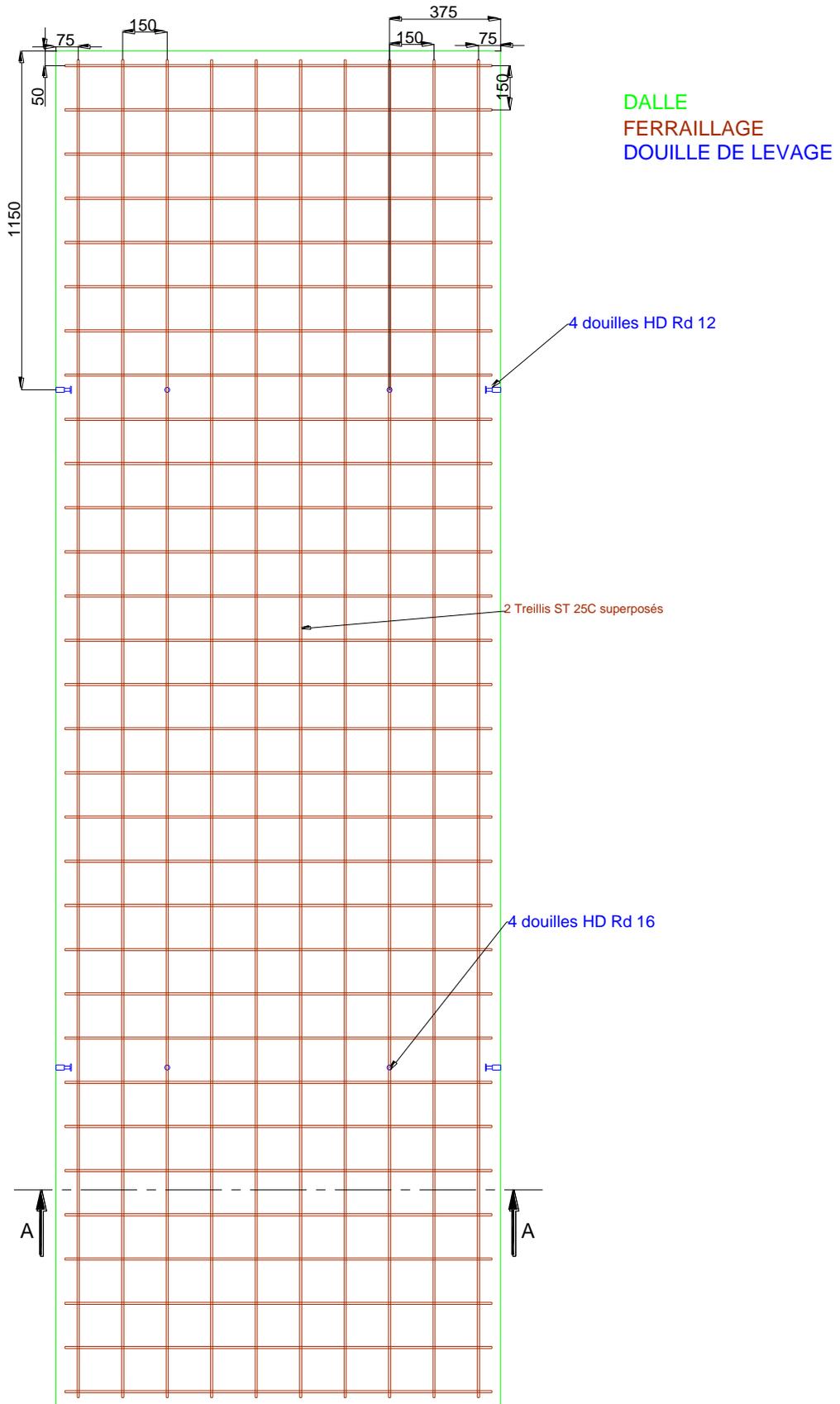


Courbe de stabilisation pondérale de l'échantillon représentatif de la dalle D3

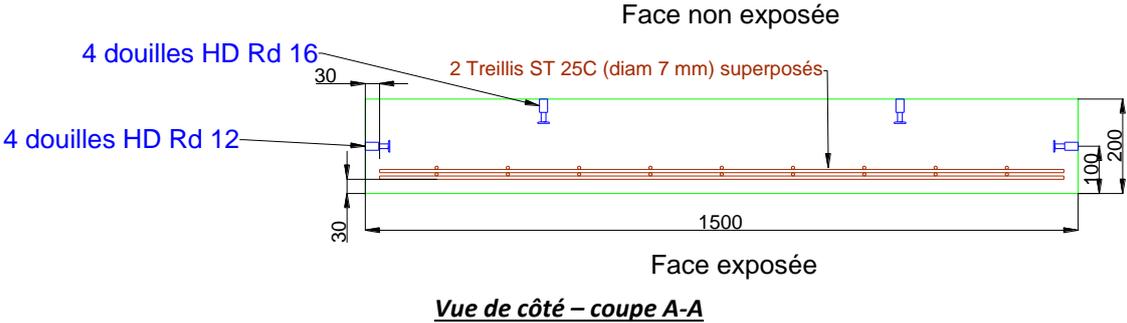


Courbe de stabilisation pondérale de l'échantillon représentatif de la dalle D4

ANNEXE 3 – PLANS D'UNE DALLE



Vue de dessus



ANNEXE 4 – PHOTOS DE FABRICATION DES DALLES



Coffrage d'une dalle



Mise en place du béton à l'aiguille vibrante

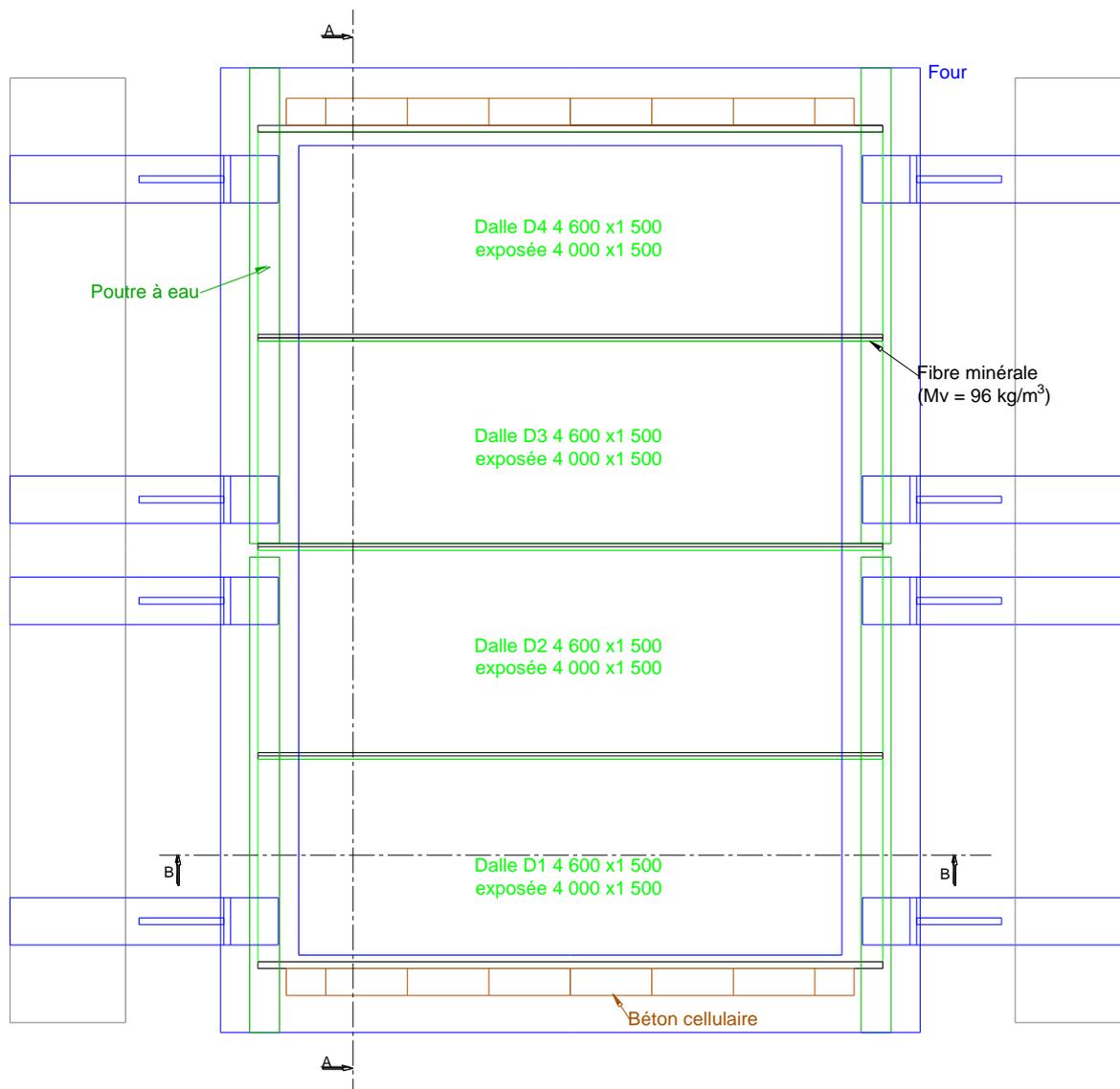


Béton tiré à l'aide d'une règle de maçon

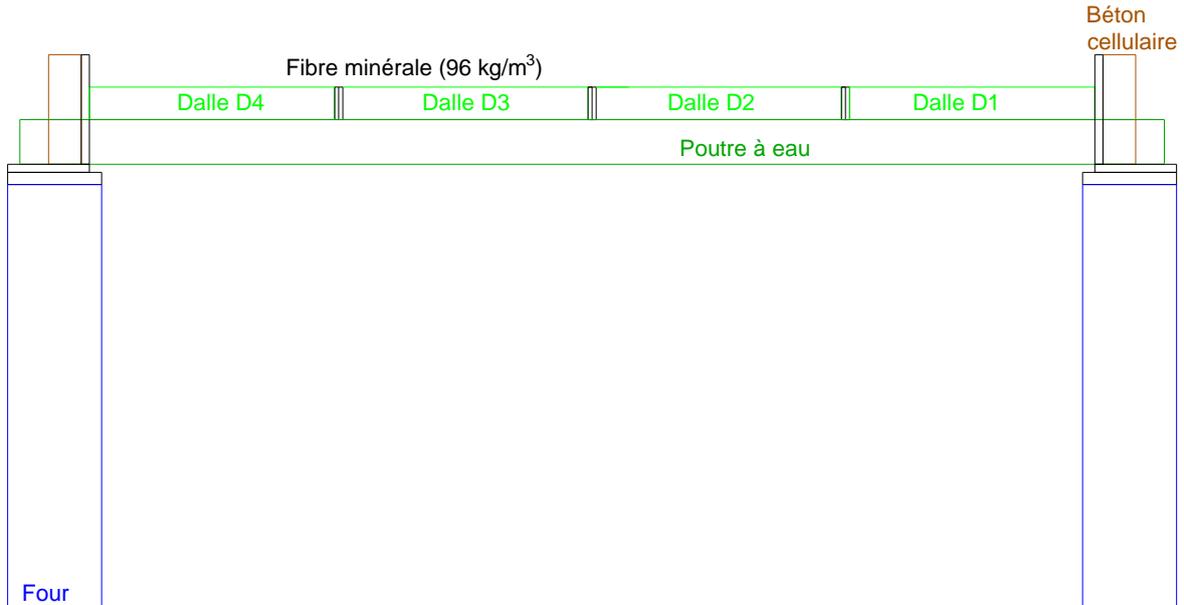


Dalle après coulage

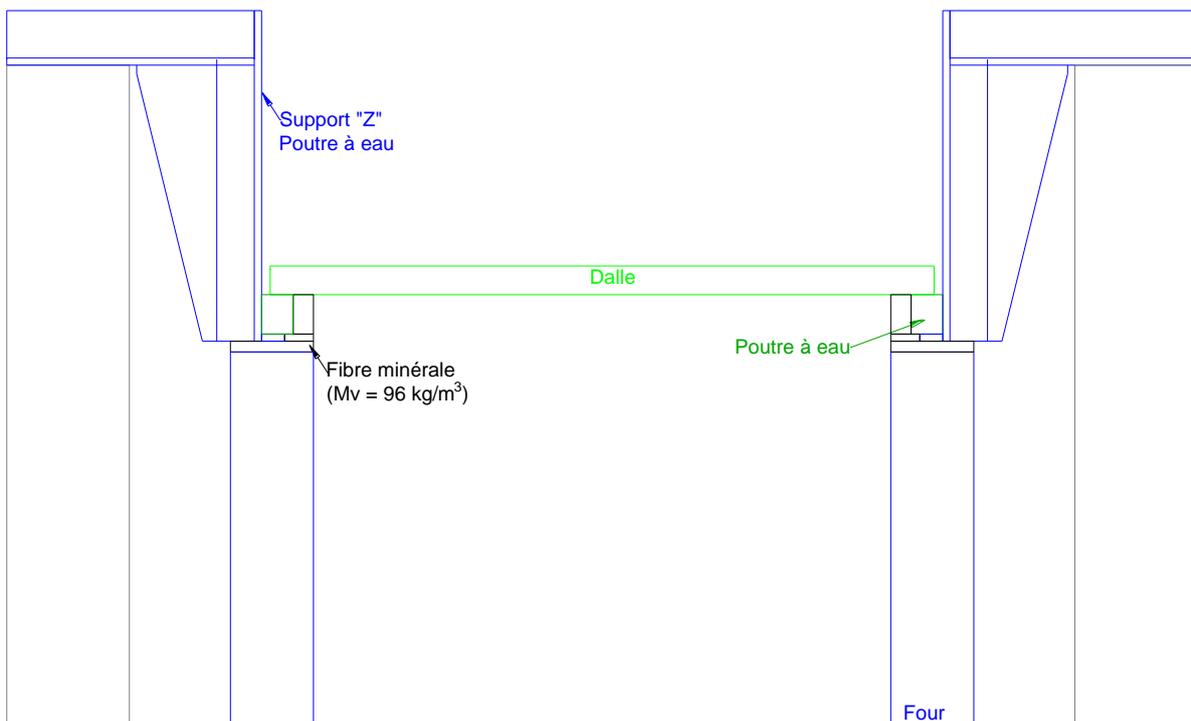
ANNEXE 5 – PLANS DE CONFIGURATION



Vue de dessus

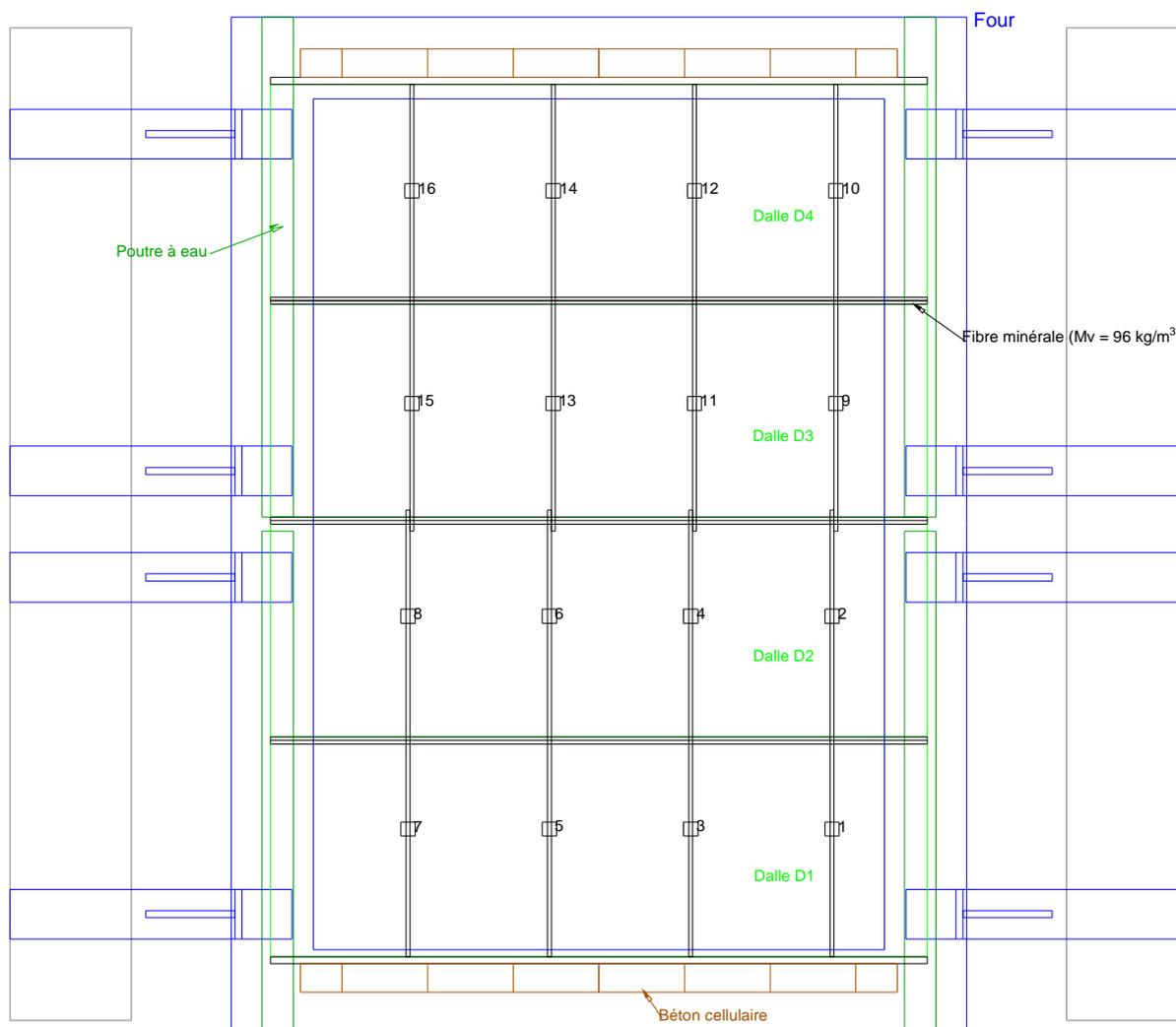


Vue de côté – Coupe A-A



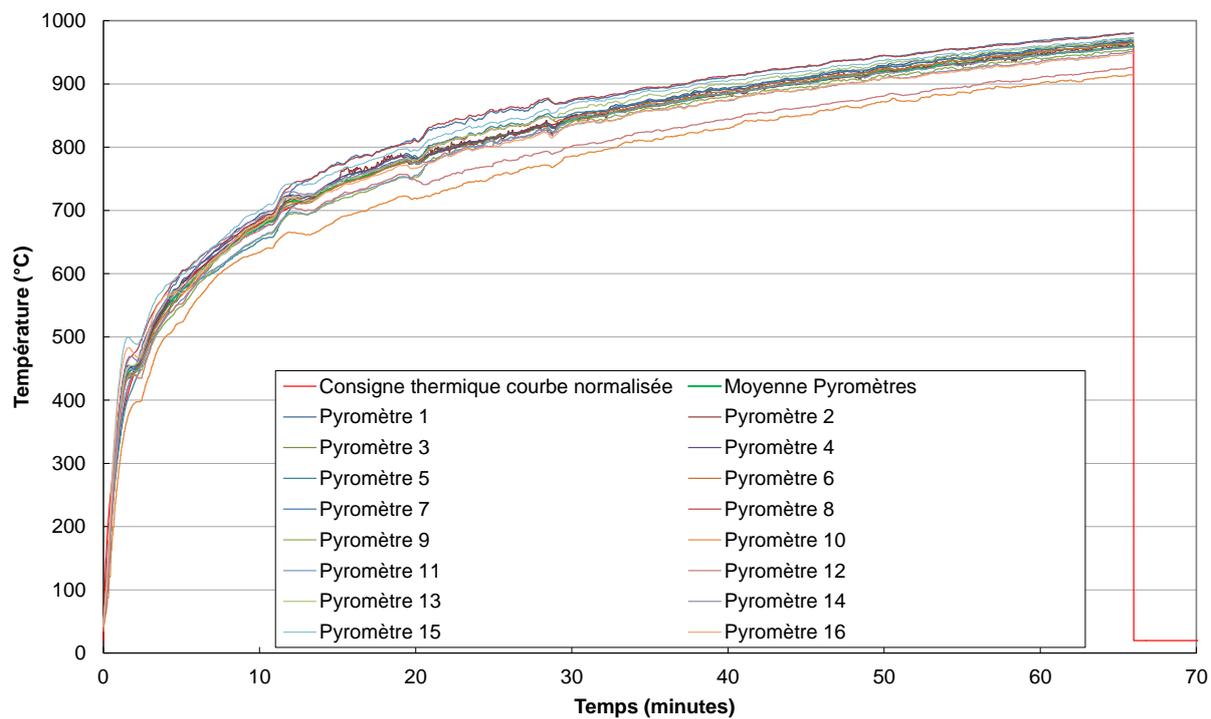
Vue de côté – Coupe B-B

ANNEXE 6 – PLANS DE POSITIONNEMENT DES PYROMETRES A PLAQUE

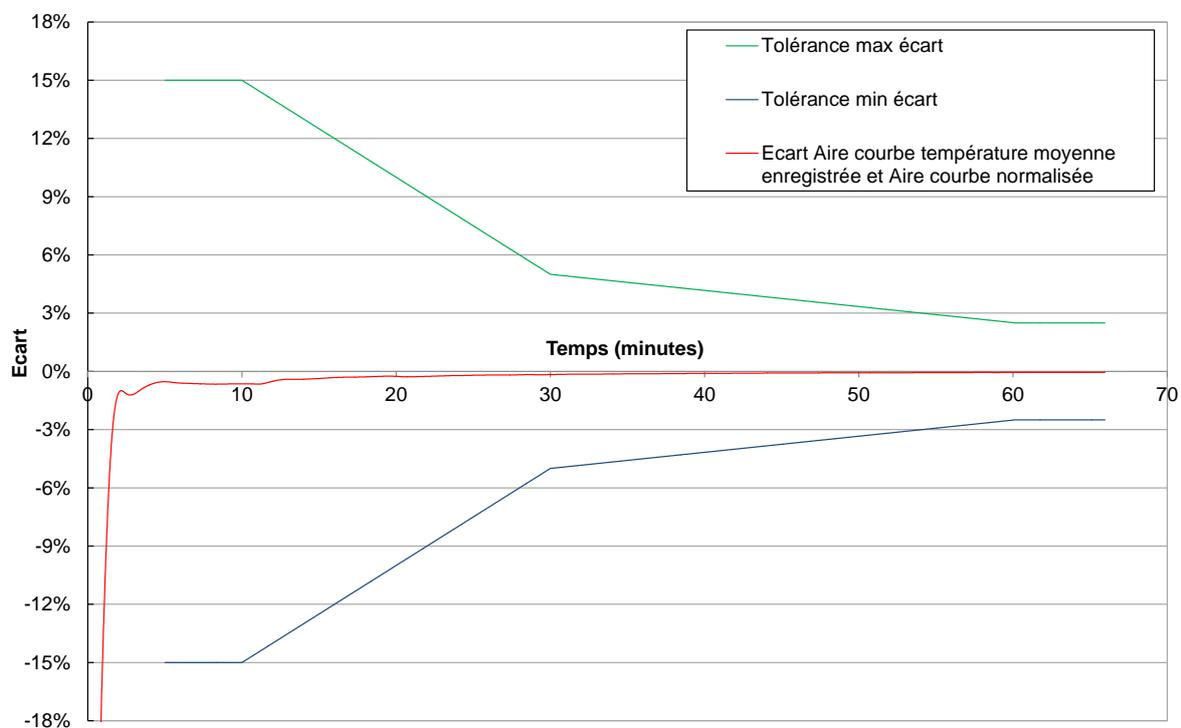
**Vue de dessus**

- 1, 3, 5 et 7 : pyromètres à plaques positionnés à 100 mm ± 50 mm de la face exposée au feu de la dalle D1.
 2, 4, 6 et 8 : pyromètres à plaques positionnés à 100 mm ± 50 mm de la face exposée au feu de la dalle D2.
 9, 11, 13 et 15 : pyromètres à plaques positionnés à 100 mm ± 50 mm de la face exposée au feu de la dalle D3.
 10, 12, 14 et 16 : pyromètres à plaques positionnés à 100 mm ± 50 mm de la face exposée au feu de la dalle D4.

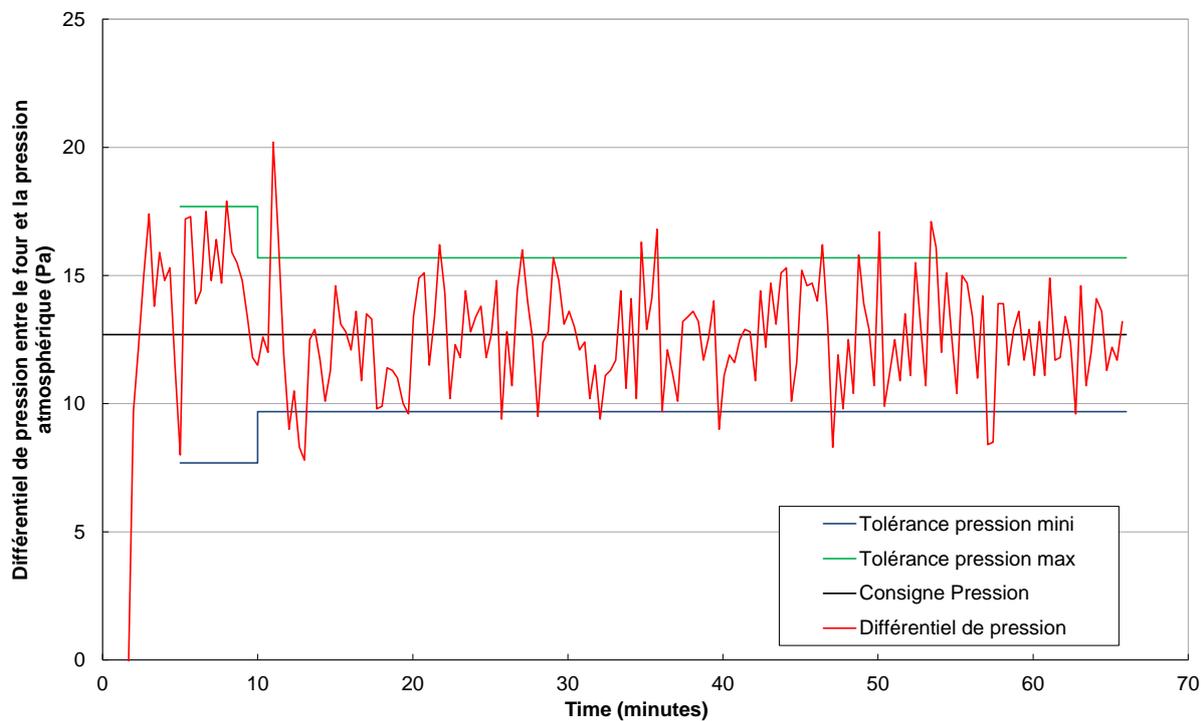
ANNEXE 7 – COURBES DE LA CONDUITE THERMIQUE DU FOUR



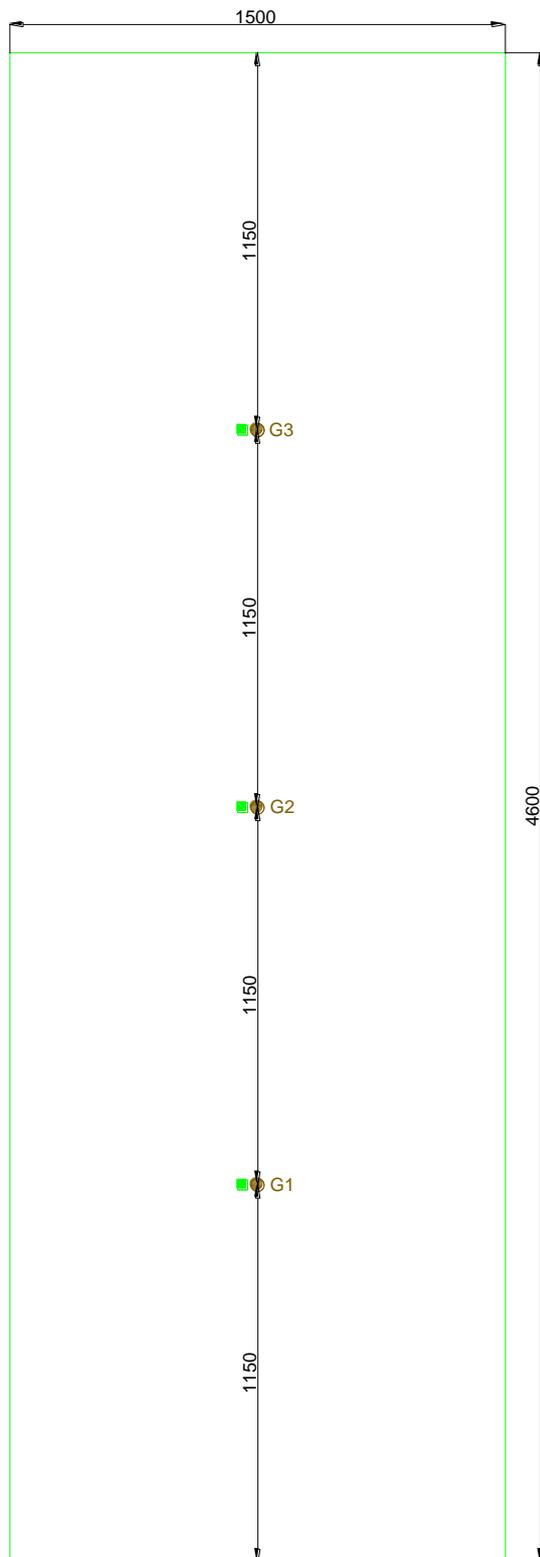
ANNEXE 8 – COURBE DE L'ÉCART DE LA CONDUITE THERMIQUE DU FOUR AVEC LA COURBE NORMALISEE



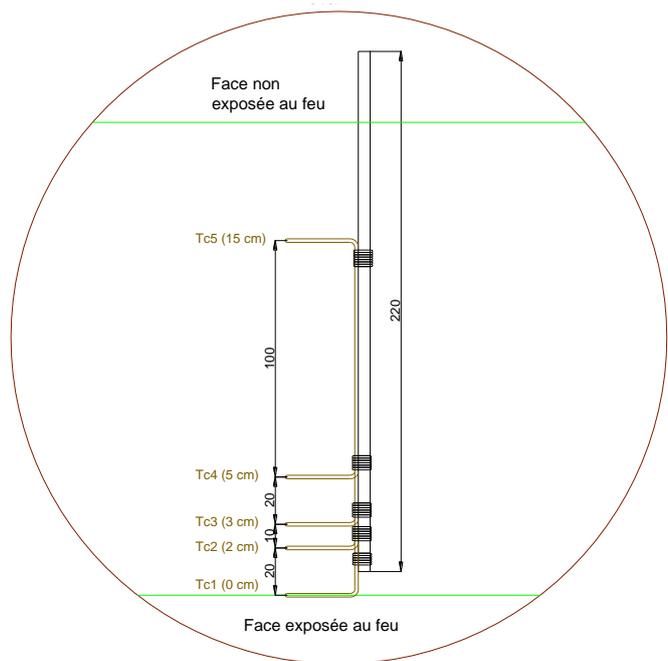
ANNEXE 9 – DIFFERENTIEL DE PRESSION INTERNE DU FOUR PAR RAPPORT A LA PRESSION ATMOSPHERIQUE



ANNEXE 10 – PLANS DE POSITIONNEMENT DES POINTS DE MESURE DE LA TEMPERATURE



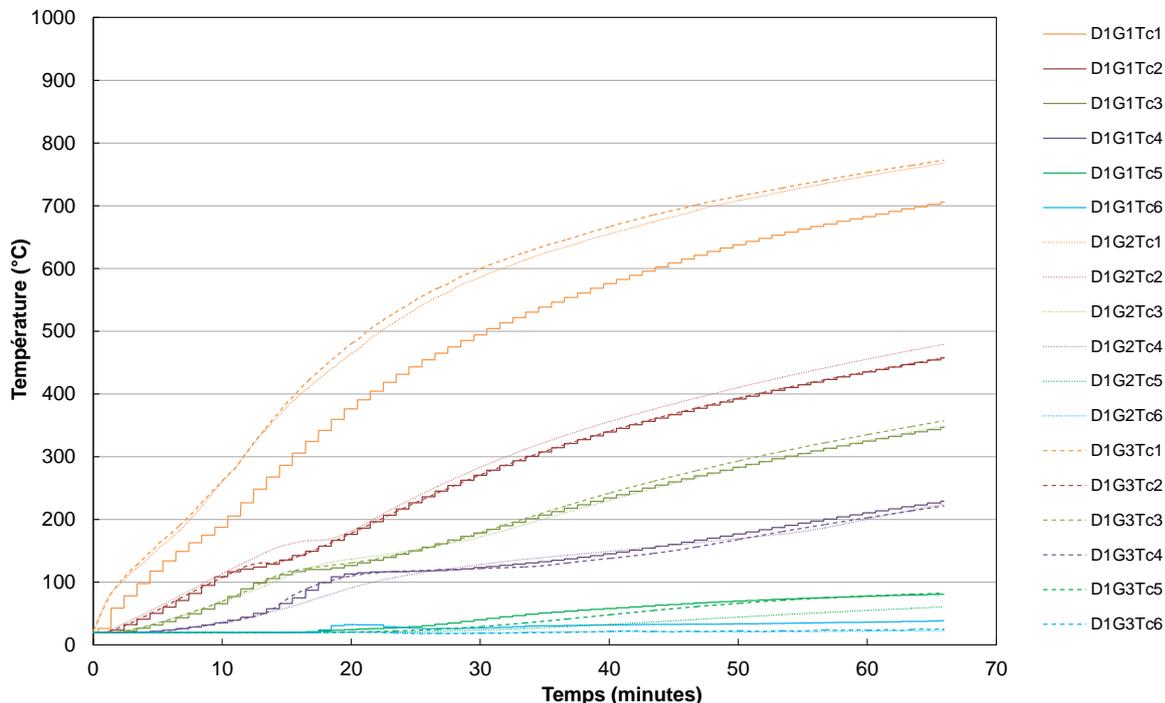
DALLE
 GRAPPE DE
 THERMOCOUPLES
 THERMOCOUPLE EN
 FACE NON EXPOSEE



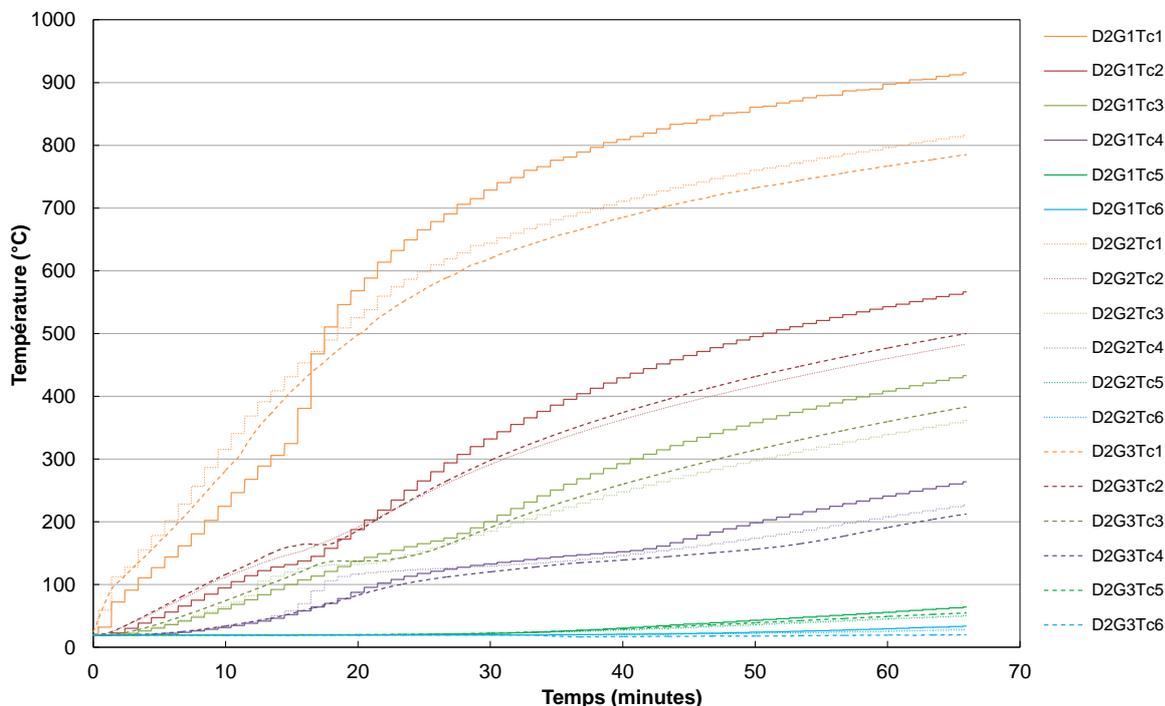
Détail d'une grappe de thermocouples

**Positionnement des grappes de thermocouples
 et des thermocouples en face non exposée au
 feu d'une dalle**

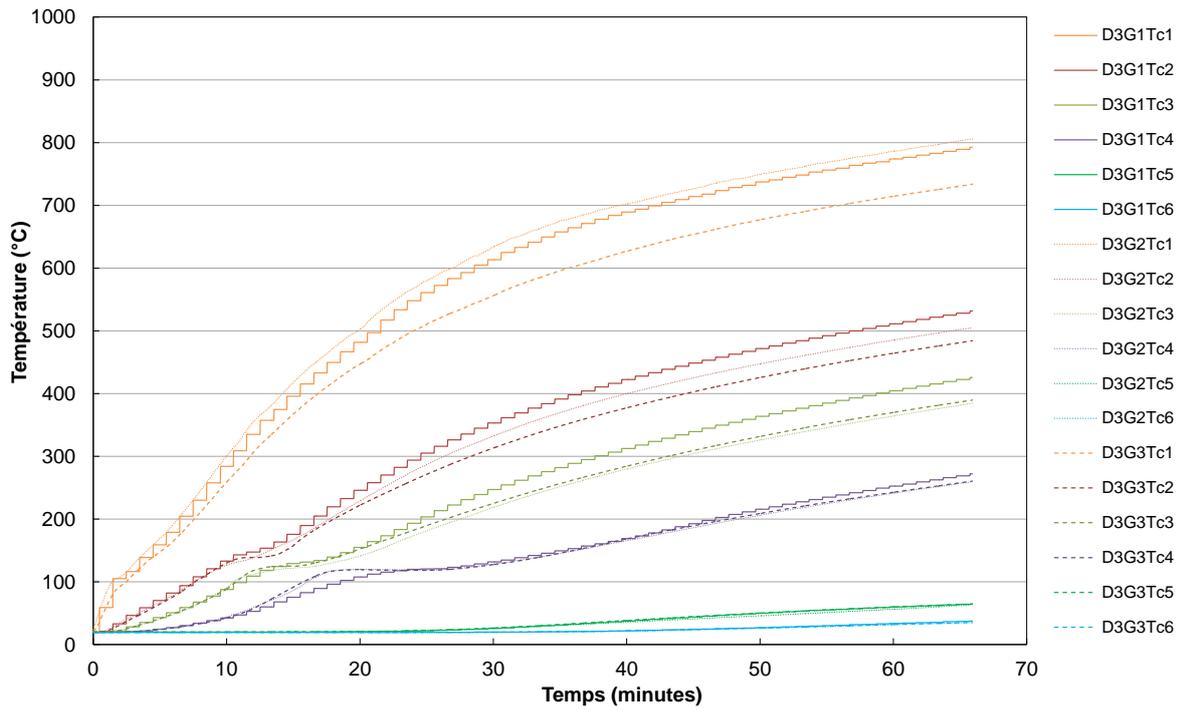
ANNEXE 11 – COURBES DES RELEVÉS DE TEMPERATURE



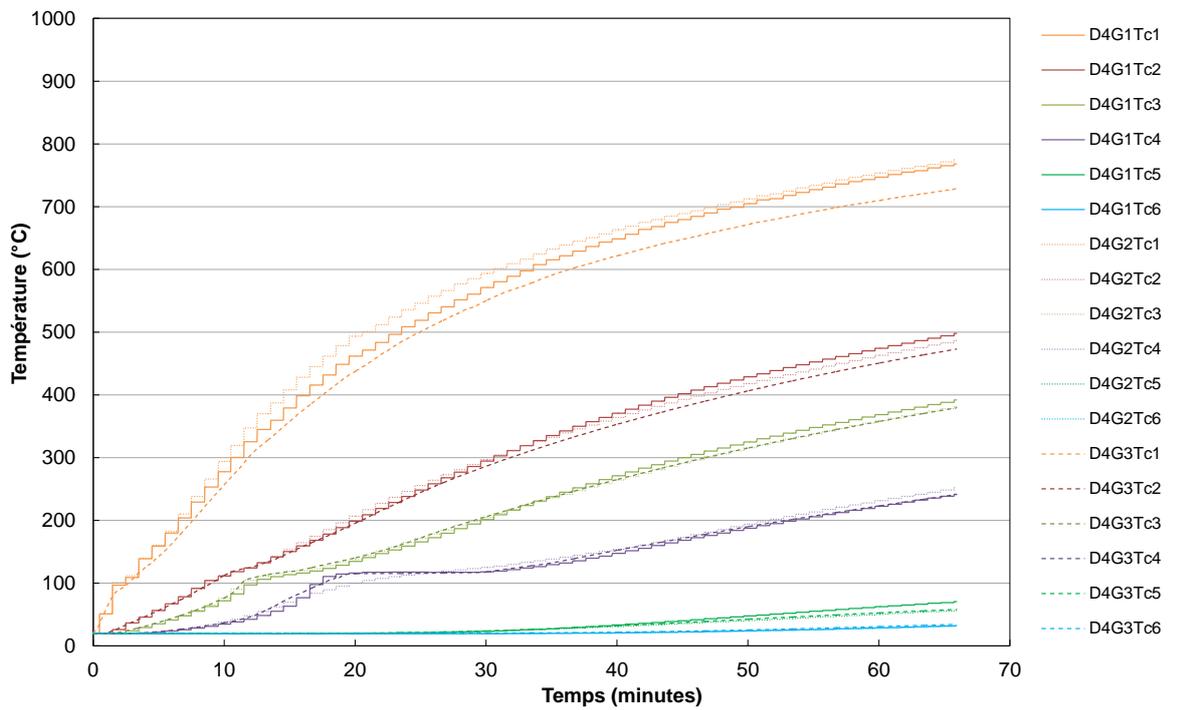
Courbes des relevés de température dans la dalle D1



Courbes des relevés de température dans la dalle D2

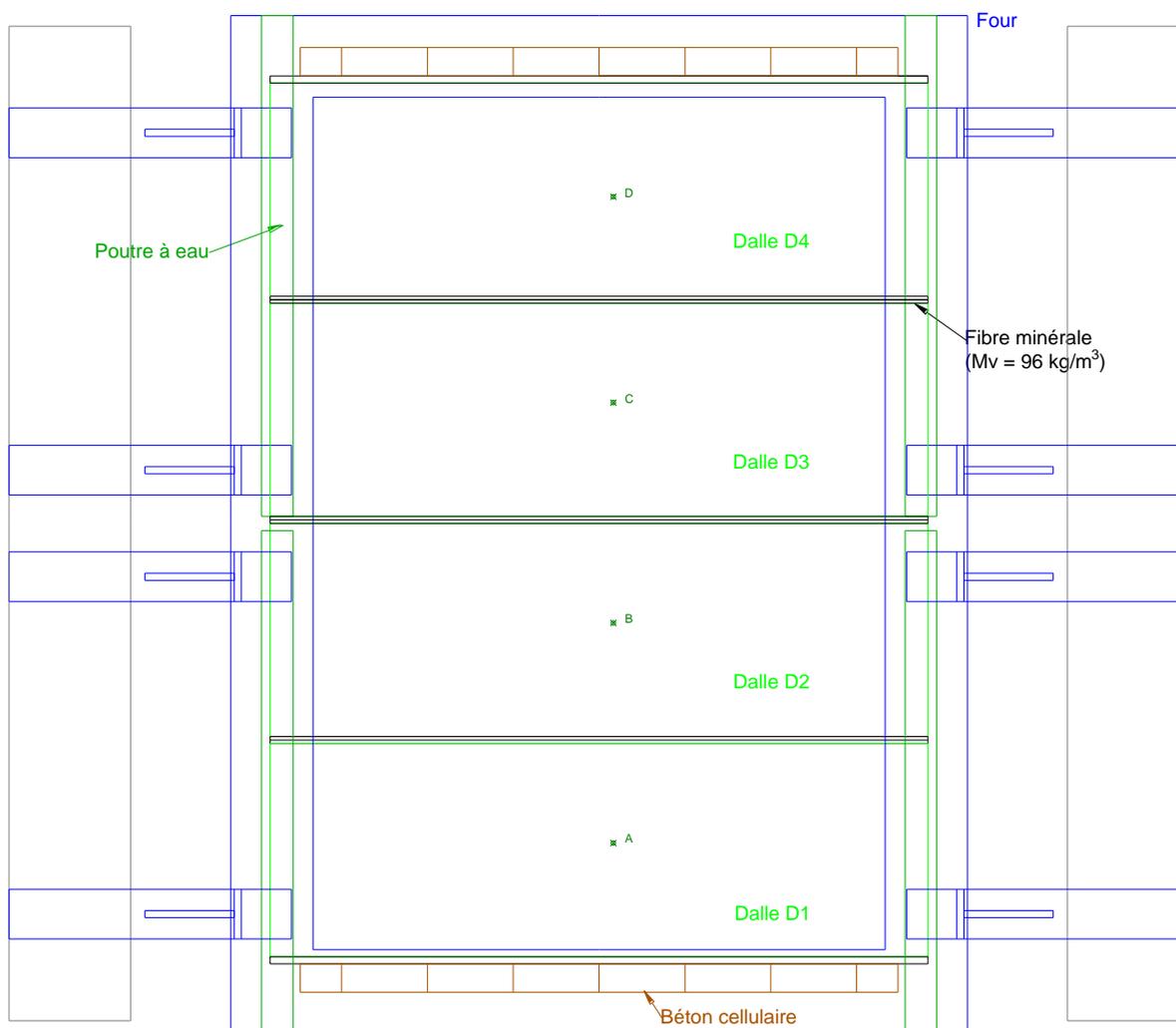


Courbes des relevés de température dans la dalle D3



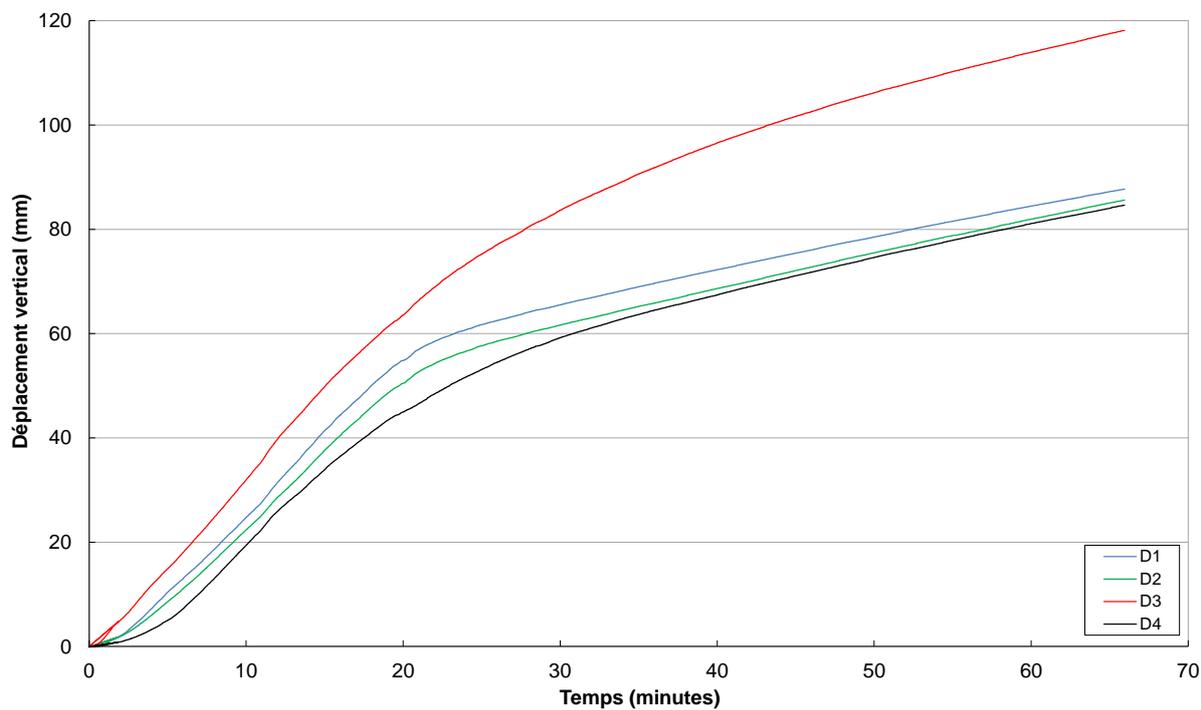
Courbes des relevés de température dans la dalle D4

ANNEXE 12 – POSITIONNEMENT DES CAPTEURS DES DEPLACEMENTS VERTICAUX



- A : capteur de déplacement à câble positionnés au centre de la dalle D1.*
B : capteur de déplacement à câble positionnés au centre de la dalle D2.
C : capteur de déplacement à câble positionnés au centre de la dalle D3.
D : capteur de déplacement à câble positionnés au centre de la dalle D4.

ANNEXE 13 – COURBES DES RELEVÉS DES DÉPLACEMENTS VERTICAUX DES DALLES



Mesure des déplacements verticaux : une valeur positive correspond à un déplacement vers l'intérieur du four.

ANNEXE 14 – PHOTOS DES DALLES AVANT ESSAI



Photo de la face exposée des dalles D1 et D2 avant essai



Photo de la face exposée des dalles D3 et D4 avant essai

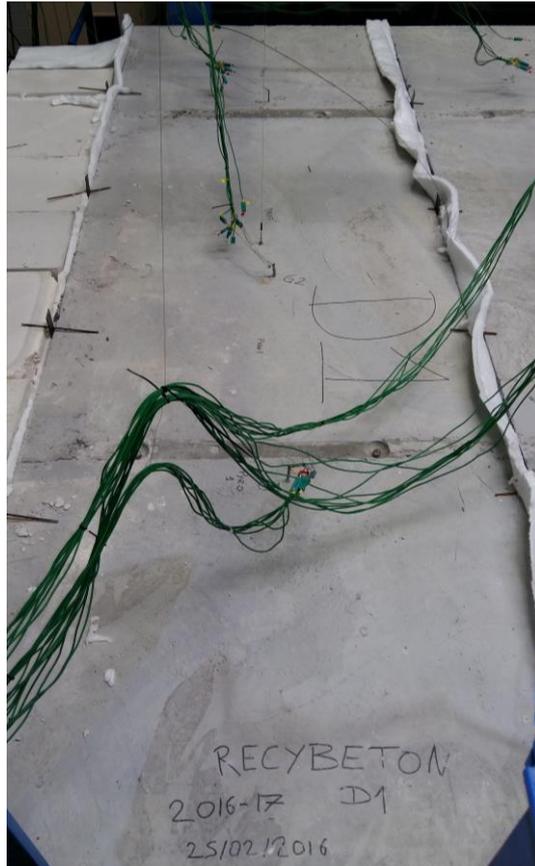


Photo de la face non exposée de la dalle D1 avant essai



Photo de la face non exposée de la dalle D2 avant essai

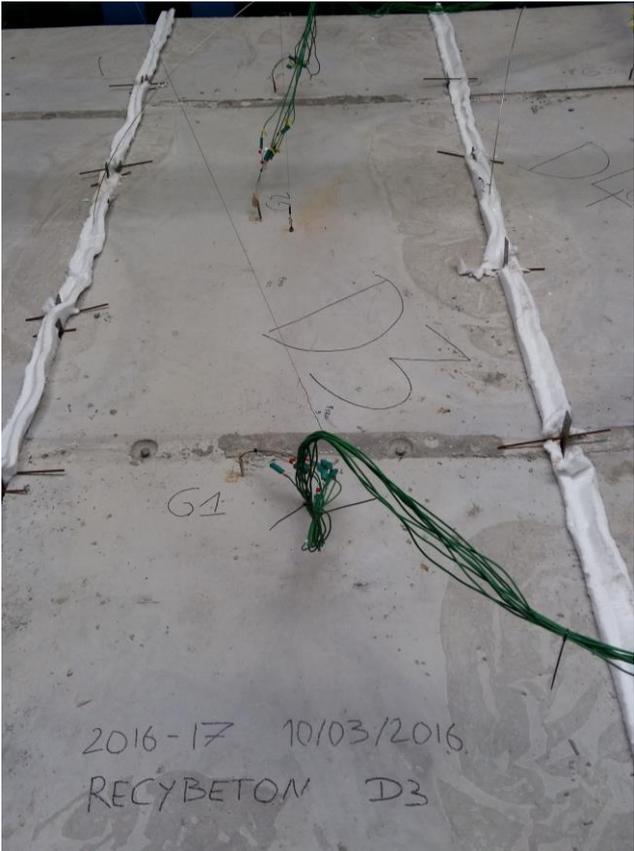


Photo de la face non exposée de la dalle D3 avant essai



Photo de la face non exposée de la dalle D4 avant essai

ANNEXE 15 – PHOTOS DES DALLES APRES ESSAI



Photo de la face exposée de la dalle D1 après essai



Photo de la face non exposée de la dalle D1 après essai



Photo de la face exposée de la dalle D2 après essai



Photo de la face non exposée de la dalle D2 après essai



Photo de la face exposée de la dalle D3 après essai

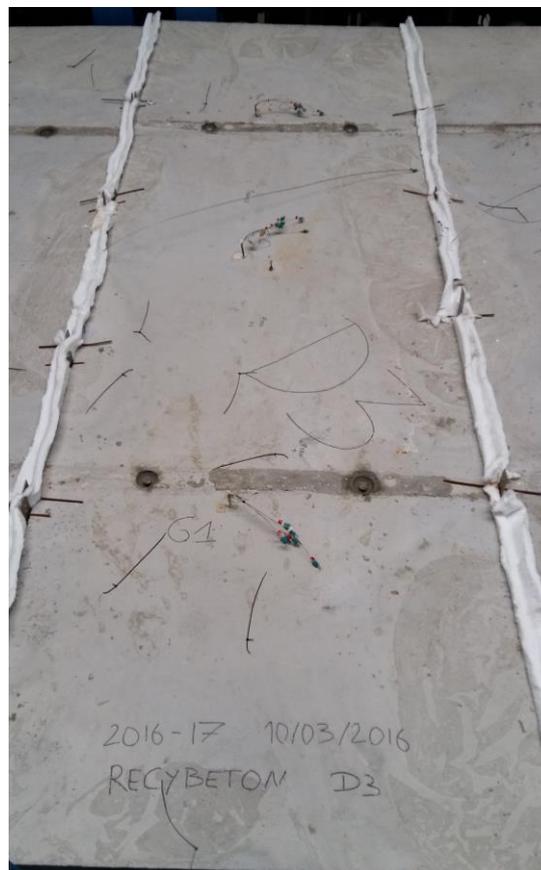


Photo de la face non exposée de la dalle D3 après essai



Photo de la face exposée de la dalle D4 après essai



Photo de la face non exposée de la dalle D4 après essai

ANNEXE 16 – PHOTOS DU RELEVÉ DE L'ÉCAILLAGE DES DALLES

Nota : la numérotation des zones écaillées fait référence à la Figure 1.



Zones 2 et 2'



Zone 8



Zone 3

Relevé de l'écaillage de la dalle D1



Zone 7



Zone 6



Zone 1



Zone 5

Relevé de l'écaillage de la dalle D2





Relevé de l'écaillage de la dalle D3



Zone 4

Relevé de l'écaillage de la dalle D4

ANNEXE 2 – RAPPORT DES ESSAIS DE RESISTANCE ULTIME DE POUTRES A FROID

Rapport d'essai n° 2016 CERIB 6342

Essais de RESISTANCE à froid de deux poutres porteuses en béton armé de granulats recyclés C35/45 0R/100R et C35/45 30R/30R

Date des essais : 20/06/2016

Demandeur : Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en Génie Civil (IREX)
9 Rue de Berri
75008 PARIS

Date : 05/09/2016

Sommaire

1	Préambule	4
2	Objet des essais	4
3	Textes de référence	4
4	Date de fabrication des objets soumis à l'essai	4
5	Caractéristiques et provenance des éléments d'essai	4
6	Description des éléments d'essais.....	5
6.1	Formulation et caractéristiques du béton de composition OR/100R	5
6.2	Formulation et caractéristiques du béton de composition 30R/30R	6
6.3	Mise en œuvre des éléments d'essai	7
7	Modalités de l'essai	7
7.1	Configuration d'essai.....	7
8	Mesures effectuées pendant les essais de résistance à froid	7
8.1	Charge de l'essai.....	7
8.2	Déplacements mécaniques	7
9	Observations.....	8
9.1	Pendant l'essai	8
9.1.1.	Poutre en béton armé C35/45 OR/100R	8
9.1.2.	Poutre en béton armé C35/45 OR/100R	8
9.2	Après essai	8
	Annexe 1 – Fiches techniques des constituants	9
	Annexe 2 – Courbe de stabilisation pondérale	18
	Annexe 3 – Principe de ferrailage des poutres.....	19
	Annexe 4 – Photos de fabrication des poutres	20
	Annexe 5 – Plans de configuration d'essai.....	22
	Annexe 6 – Courbe de l'effort appliqué sur la poutre	23
	Annexe 7 – Courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre	24
	Annexe 8 – Photo des poutres avant essai	25
	Annexe 9 – Photos de la poutre en béton C35/45 OR/100R après essai	26

Annexe 10 – Photos de la poutre en béton C35/45 30R/30R après essai 27

1 PREAMBULE

Le présent rapport d'essai s'inscrit dans une action globale dont l'objectif est d'évaluer le comportement au feu des bétons de granulats recyclés (Projet National RECYBETON, Tranche 4) :

- d'une part vis-à-vis de leur propension à l'écaillage/éclatement et ;
- d'autre part vis-à-vis de leur résistance thermo-mécanique.

Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer si le comportement des bétons de granulats recyclés est similaire à celui des bétons de granulats naturels en vue de leur introduction possible dans l'Eurocode 2-1-2.

2 OBJET DES ESSAIS

Il s'agit de réaliser des essais à froid sur deux poutres porteuses de différents béton armé contenant des granulats recyclés dans l'objectif de quantifier leur résistance mécanique à froid.

3 TEXTES DE REFERENCE

Les essais étant conduits à froid, ils ne sont pas réalisés conformément aux normes d'essais en vigueur mais sont basés sur les principes généraux de la norme NF EN 1365-3 de juin 2000.

4 DATE DE FABRICATION DES OBJETS SOUMIS A L'ESSAI

Nature du corps d'épreuve	Date de fabrication
Poutre en béton armé C35/45 0R/100R	26/02/2016
Poutre en béton armé C35/45 30R/30R	01/03/2016

5 CARACTERISTIQUES ET PROVENANCE DES ELEMENTS D'ESSAI

Nature du corps d'épreuve	Dimensions du corps d'épreuve	Composition	Lieu de fabrication
Poutre en béton armé C35/45 0R/100R	4,4 m × 0,3 m × 0,4 m	0 % de sable recyclé et 100 % de gravillons recyclés	CERIB
Poutre en béton armé C35/45 30R/30R	4,4 m × 0,3 m × 0,4 m	30 % de sable recyclé et 30 % de gravillons recyclés	CERIB

6 DESCRIPTION DES ELEMENTS D'ESSAIS

6.1 Formulation et caractéristiques du béton de composition 0R/100R

COMPOSITION DU BETON (pour 1 m³)	
Gravillon recyclé 4/10	157 kg
Gravillon recyclé 10/20	678 kg
Sable Sandrancourt 0/4	778 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	334 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	53 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	2 kg
Eau totale	238 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1 Les fiches techniques des gravillons recyclés 4/10 et 10/20 ne sont pas fournies.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,7 %
Masse volumique	2 239 kg/m ³
Teneur en eau	11,7 %
CLASSE D'EXPOSITION	
XC0	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45¹	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	26
28	27
90	31
STABILISATION PONDERALE DE L'ELEMENT D'ESSAI²	
Obtenue au bout de 5 jours Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI³	
5,6 %	

¹ Pour chaque échéance de caractérisation de la résistance mécanique du béton, 3 éprouvettes cylindriques Ø11x22, préalablement surfacées mécaniquement à l'aide d'une gréseuse, sont comprimées.

² Une éprouvette Ø16 × 30 cm, représentative de la poutre objet du présent rapport d'essai est confectionnée au jour de fabrication de la poutre. Une protection aluminium disposée sur toute la périphérie de l'éprouvette permet un séchage unidirectionnel représentatif du séchage de l'élément d'essai. L'éprouvette est conservée à proximité de la poutre dans une salle climatisée dont les consignes en température et en hygrométrie sont respectivement fixées à 23 °C et à 50 %. L'évolution de la masse est contrôlée au moyen de pesées régulières.

³ Trois morceaux de béton sont prélevés dans l'éprouvette utilisée pour l'évaluation de la stabilité pondérale de la poutre. Ils sont placés en étuve à 105 °C puis, retirés de l'étuve lorsque l'évolution de la masse est inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives espacées de 24 heures.

6.2 Formulation et caractéristiques du béton de composition 30R/30R

COMPOSITION DU BETON (pour 1 m³)	
Gravillon recyclé 4/10	141 kg
Gravillon GIVET 6,3/20	538 kg
Gravillon GIVET 4/10	167 kg
Sable recyclé 0/4	213 kg
Sable Sandrancourt 0/4	488 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	319 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	44 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	4 kg
Eau totale	221 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1. Les fiches techniques des gravillons recyclés 4/10 et du sable recyclé 0/4 ne sont pas fournies.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,3 %
Masse volumique	2 295 kg/m ³
Teneur en eau	10,8 %
CLASSE D'EXPOSITION	
XC0	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45¹	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	29
28	32
90	34
STABILISATION PONDERALE DE L'ELEMENT D'ESSAI²	
Obtenue au bout de 9 jours Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI³	
5,8 %	

¹ Pour chaque échéance de caractérisation de la résistance mécanique du béton, 3 éprouvettes cylindriques Ø11x22, préalablement surfacées mécaniquement à l'aide d'une gréseuse, sont comprimées.

² Une éprouvette Ø16 × 30 cm, représentative de la poutre objet du présent rapport d'essai est confectionnée au jour de fabrication de la poutre. Une protection aluminium disposée sur toute la périphérie de l'éprouvette permet un séchage unidirectionnel représentatif du séchage de l'élément d'essai. L'éprouvette est conservée à proximité de la poutre dans une salle climatisée dont les consignes en température et en hygrométrie sont respectivement fixées à 23 °C et à 50 %. L'évolution de la masse est contrôlée au moyen de pesées régulières.

³ Trois morceaux de béton sont prélevés dans l'éprouvette utilisée pour l'évaluation de la stabilité pondérale de la poutre. Ils sont placés en étuve à 105 °C puis, retirés de l'étuve lorsque l'évolution de la masse est inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives espacées de 24 heures.

6.3 Mise en œuvre des éléments d'essai

FABRICATION DES ELEMENTS D'ESSAI		
Etape de mise en œuvre	Composant	Description
Coffrage	Contreplaqué filmé épaisseur 21 mm	-
Mise en place des moyens de levage	Ancre à œil 2,5T	2 ancras positionnées à mi-largeur de la poutre, à 1,1 m de chaque extrémité
Mise en place du ferrailage	Barres longitudinales HA16 et HA10 Cadres HA8 et épingles HA8	Voir le principe de ferrailage des poutres en annexe 3
Coulage du béton C35/45 OR/100R le 23/02/2016 Coulage du béton C35/45 30R/30R le 01/03/2016	Béton C35/45 OR 100R Béton C35/45 OR 100R	Mise en place du béton au cours de 2 gâchées consécutives : - tiré et mis en place à l'aiguille vibrante ; - lissé à l'aide d'une règle de maçon. Voir les photos de fabrication des poutres en annexe 4
Protection	Film plastique (polyane)	Protection de la poutre par un film plastique après coulage
STOCKAGE DE L'ELEMENT D'ESSAI		
Conservation des éléments d'essai dans une salle climatisée dont les consignes sont respectivement fixées à 23°C et 50% HR jusqu'au jour de l'essai		

7 MODALITES DE L'ESSAI

7.1 Configuration d'essai

Dans le sens transversal, la poutre est en appui sur un support articulé d'un côté et sur un support articulé à rouleaux de l'autre côté. Ils ont été mis en place sur des poteaux en béton.
Voir les plans de configuration d'essai en annexe 5.

8 MESURES EFFECTUEES PENDANT LES ESSAI DE RESISTANCE A FROID

8.1 Charge de l'essai

La charge totale est appliquée à l'aide de 2 vérins hydrauliques. Les 2 points d'application sont placés à 1 412,5 mm des appuis de la poutre. La charge totale est augmentée de 500 daN par vérin par minute jusqu'à une charge totale de 15000 daN puis par pas de 300 daN par vérin par minute jusqu'à la rupture de la poutre. L'intensité de la charge est enregistrée pendant toute la durée de l'essai.
Voir la courbe de l'effort appliqué sur la poutre en annexe 6.

8.2 Déplacements mécaniques

La mesure des déplacements verticaux depuis la face non exposée de la poutre est effectuée à l'aide de capteurs de déplacement à câble positionnés à mi-portée de la poutre (capteur CDS6) et à 215 mm des extrémités de la poutre (CDS2 et CDS9).
Voir les plans de configuration d'essai en annexe 5.
Voir la courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre en annexe 7.

9 OBSERVATIONS

9.1 Pendant l'essai

9.1.1. Poutre en béton armé C35/45 0R/100R

Temps en minute	Evènement
0	Départ du chargement mécanique par pas de 1000 daN
26	Rupture de la poutre à 18 079 daN Fin de l'essai

9.1.2. Poutre en béton armé C35/45 0R/100R

Temps en minute	Evènement
0	Départ du chargement mécanique par pas de 1000 daN
24	Rupture de la poutre à 17 127 daN Fin de l'essai

9.2 Après essai

Voir la photo des poutres avant essai en annexe 8.

Voir les photos de la poutre C34/45 0R/100R après essai en annexes 9 et les photos de la poutre C34/45 30R/30R après essai en annexe 10.

AVERTISSEMENT

« Ce rapport d'essai atteste uniquement des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas une certification de produits au sens de l'article L115-27 du code de la consommation et de la loi du 4 août 2008 ».

Fabienne ROBERT
Responsable Adjointe du
Centre d'Essais au Feu

Clémence DAVAL
Responsable d'Essais au
Centre d'Essais au Feu

ANNEXE 1 – FICHES TECHNIQUES DES CONSTITUANTS



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Fiche Technique Produit		Mise à jour du : 03/01/2012	FTP Q2L442 A10 112
Unité de production	Classe granulatoire	Elaboration	
Givert CE	6.3 / 20 Cal CL - NF	Concassé Lavé	
Norme	Article	Cada	
NF P 18545	10 : Bétons hydrauliques	A sauf Soufre en B	
Nature pétrographique			
Calcaire			

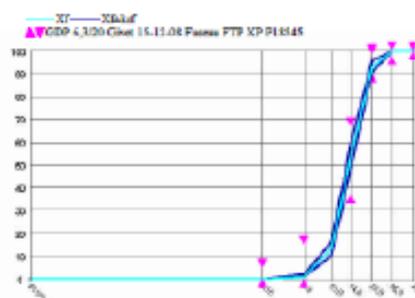
PARTIE NORMATIVE

Nom	Symbole	V ₅₀	V ₂₅	u	V ₅₀ - u	V ₂₅ + u	La	Ls	e	e / 3,3
2D	40 mm	100	100							
1,4D	28 mm	98	100	1	97	100				
D	20 mm	90	99	5	85	100				
D/1,4	14 mm	37	67	6	31	73	15	70	30	9,09
d	6,3 mm	0	15	5	0	20				
d/2	3,15 mm	0	5	1	0	6				
0,063	0,063 mm	0	1,5	0,3						
FI	FI		20	4		24				
LA	LA		30	3		33				
Ab	Ab		2,5	0,3		2,8				
Impuretés prohibées	IP		0,1							
Teneur en soufre tot	S%		1	0,1		1,1				
Boulettes d'argile	Arg		1							
MBf	MBf		10	2		12				
Teneur en fines	F		1,5	0,3		1,8				

PARTIE INFORMATIVE (k=1,25)

Du 07/07/2011 au 14/12/2011

Nom	Symbole	Maxi	Xf + ksf	Xf	sf	Xf - ksf	Mini	Nb val
40	40.0	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	24
28.0	28.0	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	24
20.0	20.0	98.00	98.40	99.90	2.00	91.40	88.80	24
14.0	14.0	65.10	66.20	54.60	4.40	46.10	46.60	24
6.3	6.3	3.30	2.40	1.90	0.50	1.30	1.10	24
3.15		0.90	0.60	0.40	0.10	0.30	0.20	24
63 µm	0.063	0.80	0.40	0.30	0.10	0.20	0.10	24
Aplatissement	FI	14.0		10,7			7,8	5
Teneur en eau	w	2,5	1,7	1,0	0,5	0,4	0,2	24
Teneur en fines	f	0,61	0,41	0,29	0,09	0,17	0,14	24



Date	Nom de l'essai	Norme essai	Symbole	Valeur
25/01/11	Abs d'eau (%)	NF EN 1097-6 articles 7	WA24	0,57
05/04/11	Alcalinité solubles (%)	LPC n°37	Nb2O éq	0,0012
21/11/11	Aplatissement (%)	NF EN 933-3	FI	10,9
04/10/11	Boulettes d'Argile (%)	XP P 18-545 10-1-6	BA	0,01
04/04/11	Chlorure-sou (pot) (%)	NF EN 1744-1 art 8	C	0,0240
04/10/11	Impuretés prohibées (%)	XP P 18545 3-4.2	Imp	0,01
05/10/11	LA+MDE (%)	P18 545 8.1	%	40
05/10/11	Los Angeles (°)	NF EN 1097-2 article 5	LA	21
04/04/11	Marière inorgan	NF EN 1744-1 art 15.1	Couleur	0,024
05/10/11	Micron-Céram (°)	NF EN 1097-1	MDE	19
25/01/11	MV absolue 0/63 - µ a (0)M	NF EN 1097-6 articles 7	MVA (Absol)	2,74
31/03/11	MV réelle - µ rd (µm3)	NF EN 1097-6 articles 7	µrd	0,09
25/01/11	MV réelle saturé 0/63 - µ ss	NF EN 1097-6 articles 8	MVS	2,71
04/04/11	Qualification Alcali	FD P18-542	MR	
04/04/11	Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	S	0,360

	Editée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 06600 - Givert	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	---	--



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

**Annexe des caractéristiques de la
Fiche Technique Produit**

 Mise à jour du : 03/01/2012
 FTP Q2L442 A10 112

Unité de production	Classe granulatoire	Elaboration
Givet CE	6,3 / 20 Cal CL - NF	Concassé Lavé
Norme	Article	Coda
NF P 18545	10 : Bétons hydrauliques	A sauf Soufre en B

COMPTAGE PETROGRAPHIQUE					Date pétrographie 11/03/2010	
SIR	QUARTZ	CALCAIRE	GRANITOIDE	GRES	AUTRE	
1	0	98,5	1	0	0,5	

CHIMIE										Date chimie 04/04/2011	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Perte au f
6,98	1,77	0,88	46,57	3,47		0,07	0,47	0,10	0,03	< L.D.	39,39

Détail: Analyse granulométrique								Du 07/07/2011 au 14/12/2011			
	63 µm	3,15	6,3	10,0	14,0	20,0	28,0	40			
Maximum	0,50	0,90	3,30	21,70	85,10	98,00	100,00	100,00			
Xf + k sf	0,40	0,60	2,40	14,30	60,20	96,40	100,00	100,00			
sf	0,10	0,10	0,50	2,40	4,40	2,00	0,00	0,00			
Xf	0,30	0,40	1,90	13,30	54,60	93,90	100,00	100,00			
Xf - k sf	0,20	0,30	1,30	10,20	49,10	91,40	100,00	100,00			
Minimum	0,10	0,20	1,10	10,50	45,60	88,80	100,00	100,00			

Observations
 Organisme certificateur : AFNOR Certification
 11 rue Francis Pressensé
 F-93571 La Plaine Saint Denis Cedex

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 08800 - Givet	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--

Gravillon GIVET 6,3/20



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

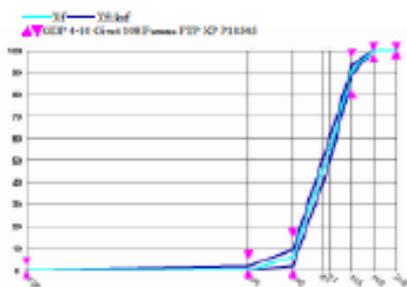
Fiche Technique Produit		Mise à jour du : 03/01/2012	FTP Q2L270 A10 112
Unité de production	Classe granulière	Elaboration	
Givet CE	4 / 10 Cal CL - NF -	Concassé Lavé	
Norme	Article	Code	
P 18-545	10 : Bétons Hydrauliques	A sauf Soufre et Aplatissement en B	
Nature pétrographique			
Calcaire			

PARTIE NORMATIVE

Norm	Symbole	V _{si}	V _{si}	n	V _{si} - n	V _{si} + n	Li	Lo	e	e / 3,3
2D	20 mm	100	100							
1.4D	14 mm	98	100	1	97	100				
D	10 mm	84	99	5	77	100	80	99	15	
d	4 mm	0	13	3	0	30	0	20	13	
d/2	2 mm	0	3	1	0	6				
Fines	0.063 mm		1.3	0.3		1.3				
Aplatissement	A		31	4		39				
Absorption	Ab		2.3	0.3		3				
Los Angeles	LA		36	3		33				
Gel	F		2							
Soufre	S		1	0.1		1.1				
Sulfates	AS		0.2	0.15		0.35				

PARTIE INFORMATIVE (k=1.25) Du 07/07/2011 au 14/12/2011

Norm	Symbole	Maxi	MI - Inf	MI	MI	MI	MI - Inf	Maxi	Mo val
20.0	2D	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	19
14.0	1.4D	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	19
10.0	D	94.40	91.30	91.30	1.70	89.20	88.00	88.00	19
4.00	d	13.00	9.30	6.00	2.60	3.30	3.40	3.40	19
2.00	d/2	4.80	2.10	0.80	1.00	0.90	0.30	0.30	19
0.075 mm	0.063	0.70	0.60	0.40	0.10	0.20	0.10	0.10	19
Aplatissement	FI	18.3		16.1				13.3	7
Teneur en eau	w	3.6	3.2	1.9	1.0	0.6	0.4	0.4	19
Teneur en fines	f	0.72	0.56	0.37	0.15	0.18	0.10	0.10	19



Date	Nom de l'essai	Norme essai	Symbole	Valeur
24/01/11	Abs. d'eau (%)	NF EN 1097-6 articles 7	WA24	0.62
04/04/11	Alcalins solubles (%)	LPC n°37	Na2O eq	0,012
14/12/11	Aplatissement (%)	NF EN 933-3	FI	16,7
28/09/11	Boulettes d'Argile (%)	SDP P 18-545 10-1-6	BA	0,01
04/04/11	Chlorures+eau (pot) (%)	NF EN 1744-1 art 6	C	0,0240
28/09/11	Impuretés prohibées (%)	XP P 18545 3-42	ImpF	0,01
03/10/11	LA+MDE (%)	PI 6 3+3 8 1	%	40
03/10/11	Los Angeles (.)	NF EN 1097-2 article 3	LA	21
03/10/11	Micro-Dewal (.)	NF EN 1097-1	MDE	19
24/01/11	MV absolue 0/03 - μ a (1/m)	NF EN 1097-6 articles 7	MVA (Alcool)	2,74
24/01/11	MV réelle - μ rd (1/m)	NF EN 1097-6 articles 7	prd	2,69
14/01/11	MV réelle sans 0/05 - μ rs	NF EN 1097-6 articles 8	MVrs	2,71
04/04/11	Qualification Alkali	FD P18-545	NR	
04/04/11	Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	S	0.360
04/04/11	Sulfates dans acide (%)	NF EN 1744-1 article 12	AS	0.013

	Editée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 09800 - Givet	Tél : 03.24.42.85.40 Fax : 03.24.42.85.60
---	--	--



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Annexe des caractéristiques de la
Fiche Technique ProduitMise à jour du : 03/01/2012
FTP Q2L270 A10 112

Usine de production	Classe granulats	Elaboration
Givet CE	4 / 10 Cal CL - NF -	Concassé Lavé
Noms	Article	Code
P 18-545	10 : Bétons Hydrauliques	A sauf Soufre et Aplatissement en B

COMPTAGE PETROGRAPHIQUE	Date pétrographie 18/01/2010
-------------------------	------------------------------

CHIMIE	Date chimie 11/03/2010
--------	------------------------

SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Na2O	K2O	TiO2	MnO	P2O5	Perte au f
6.98	1.17	0.58	48.37	5.47		0.07	0.47	0.10	0.03	<L.D.	39.59

Détail: Analyse granulométrique	Du 07/07/2011 au 14/12/2011
---------------------------------	-----------------------------

	63 µm	2.00	4.00	6.3	7.1	10.0	14.0	20.0
Maximum	0.70	4.80	13.80	32.20	61.20	84.40	100.00	100.00
ICI - k of	0.60	2.10	9.30	20.40	60.40	82.30	100.00	100.00
IF	0.10	1.00	3.80	4.30	4.30	1.70	9.80	0.00
VE	0.40	0.80	6.00	45.10	54.30	91.30	100.00	100.00
VI - k of	0.20	0.00	3.80	39.80	49.00	89.20	100.00	100.00
Minimum	0.10	0.30	3.40	37.60	46.70	88.00	100.00	100.00

Observations

Organisme de certification : AFNOR Certification
11 avenue de Francis de Pressensé
93571 Saint Denis La Plaine
Cedex

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 08600 - Givet	Tél : 03.24.42.85.48 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--

Gravillon GIVET 4/10



Lafarge France - Sandrancourt

Les Marettes. Sandrancourt
78520 St Martin la Garenne
Tel:01 34 97 02 70 Fax:01 34 97 02 79

**Fiche Technique
de Produit**

Engagement du 01/01/2015 au 30/06/2016

Page 1/1, Imprimé le lundi 4 janvier 2016

Granulats : 0/4 SC L NF
Pétrographie : Alluvionnaire
Elaboration : Semi-Concassé Lavé

Service Qualité Produits LG Seine Aval : 02 32 54 70 85

Organisme certificateur : AFNOR Certification, 11 avenue Francis de Préssencé 93571 La Plaine St Denis

Partie contractuelle

Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage

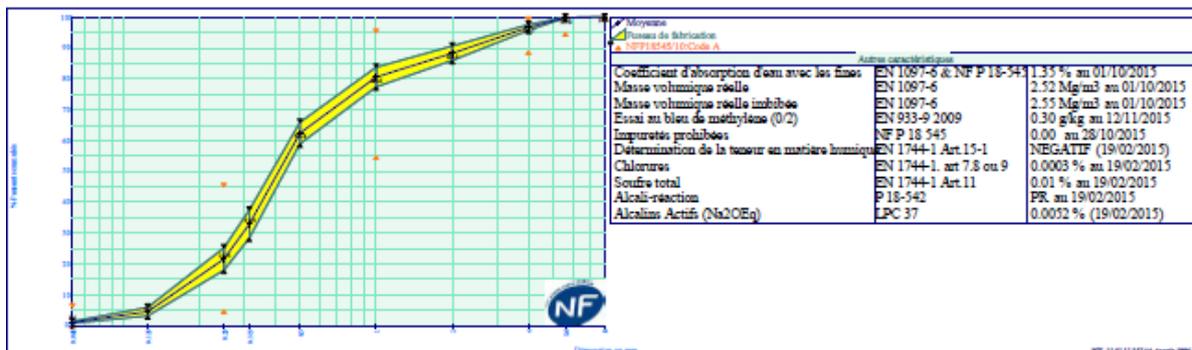
Classe granulaire	Norme										Code	
0	Norme NF P 18-545 Article 10										Code A	
4												

	0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Etendue e	6		40			40		10			0.8	
Incertitude U	1		2		0	3	0	2	1		0.15	6
V.S.S.+U	7.0		47			98		100	100		2.95	
V.S.S.	6.0		45			95		99	100		2.80	
V.S.I.			5			55		89	95	100	2.20	65.0
V.S.I.-U			3			52		87	94		2.05	59.0
Ecart-type max	1.82		12.12			12.12		3.03			0.18	

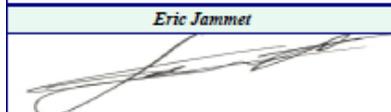
Partie informative

Résultats de production

du 01/07/15 au 18/12/15												
	0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Maximum	2.2	7	29	44	69	86	95	99	100	100	2.75	86.0
X(+1.25)/cart-types	1.4	6	25	37	66	84	91	98	100	100	2.57	83.8
Moyenne Xf	1.1	5	22	33	62	81	88	97	100	100	2.46	81.8
X(-1.25)/cart-types	0.7	3	18	28	59	77	86	96	100	100	2.35	79.7
Minimum	0.1	2	13	23	54	73	83	94	100	100	2.21	78.0
Ecart-type	0.25	1.1	2.9	3.6	2.8	2.5	1.9	0.7	0.1	0.0	0.090	1.60
Nombre de résultats	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	83



Eric Jammet



Sable 0/4 Sandrancourt



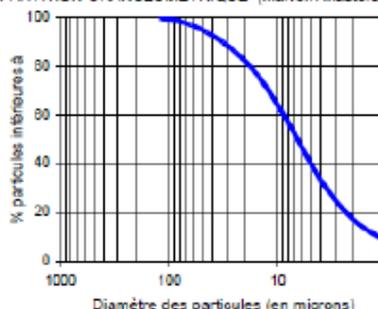
Fiche technique

Betocarb® HP - OG

SITE:	ORGON, France (certifié ISO 9001)		
DESCRIPTION DU PRODUIT:	Addition calcaire sélectionnée pour bétons hydrauliques et filler pour bétons hydrauliques hautes performances (EN 12820). Produit particulièrement adapté aux bétons de parement et architectoniques (essai LQ_007). Ce produit est de catégorie A selon la norme NF P 18-508.		
COMPOSITION TYPE DE LA ROCHE:	CaCO ₃	98.8	%
	Carbonates totaux	99.1	%
	Chlorures	0.001	%
	Sulfates	0.001	%
	Soufre total	0.005	%
	Matières organiques	0.01	%
	Essai au bleu de méthylène	0.3	g/kg
	Alcalins équivalents	0.005	%
	Silice totale	0.1	%
	Réactivité aux alcalins	NR	
CARACTERISTIQUES TYPES DU PRODUIT:	Granulométrie:		
	- Particules < 2 mm	100	%
	- Particules < 0.125 mm	100	%
	- Particules < 0.003 mm	97	%
	- Surface spécifique Blaine	482	m ² /kg
	Blancheur CIE L*	95	
	Indice d'activité à 28 jours	0.79	
	Taux d'humidité départ usine	0.2	%
CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT:	Densité	2.7	g/ml
	Densité apparente tassée	1.5	g/ml

APPLICATIONS PRINCIPALES:
 Béton auto-plaçant
 Béton prêt à l'emploi
 Éléments préfabriqués architectoniques
 Applications spéciales
 - Béton projeté

REPARTITION GRANULOMETRIQUE (Malvern Mastersizer 2000):



CONDITIONNEMENT STANDARD:
 - VRAC
 - SAC (papier) de 25 kg sur palette

Les informations contenues dans cette fiche technique ne concernent que le matériel spécifique mentionné et ne concernent pas l'utilisation conjointement avec tout autre matériel ou dans tout procédé. Les informations fournies dans le présent document se basent sur des données techniques qui, à la connaissance de Omya, sont fiables, toutefois Omya ne fournit aucune garantie de complétude ou d'exhaustivité de ces informations, et Omya n'assume aucune responsabilité résultant de leur utilisation ou vice-versa de toutes réclamations, pertes ou dommages subis par une tierce partie. Toute personne recevant ces informations doit exercer son jugement propre en ce qui concerne leur utilisation appropriée et il incombe à l'utilisateur d'évaluer si le matériel convient (y compris en matière de sécurité) pour un usage particulier avant d'en faire usage.

édition : 29.03.2012
 Product information :
 504.03.01_FR_2008-PROG
 03220_HP
 version : 0

Filler calcaire Betocarb HP-OG

FICHE TECHNIQUE
Fabriqué à ROCHEFORT

Mise à jour du 27/02/2012

Ciment Portland au calcaire

NF EN 197-1 A1	CEM II/A-L 42,5 N	01/06/2001
	N° de certificat : 0393-CPD-4904	
CE+NF	CEM II/A-L 42,5 N CE CP2 NF	27/04/1997
NF P15-318	Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint	CP2

Disponibilités : Vrac

COMPOSITION DÉCLARÉE (en %)

Constituant		Régulateur de prise	
Clinker (K)	67	Gypse	3,4
Laitier de haut-fourneau (S)	-	Anhydrite	-
Schiste calciné (T)	-	Autre sulfate de calcium	-
Sulfate de calcium (Cs)	-		
Pozzolanes naturelles (P)	-	Additif	
Cendres volantes siliceuses (V)	-	Agent de mouture HEA 252	0,04
Cendres volantes calciques (W)	-	Sulfate ferreux	0,25
Calcaires (L ou LL)	11		
Constituants secondaires	2		

RESISTANCES A LA COMPRESSION (en MPa)

1 jour _ 2 jours **29** 7 jours _ 28 jours ... **53**

CARACTÉRISATION PHYSIQUE

Sur poudre		Sur pâte pure		Sur mortier	
Masse volumique (en g/cm ³)	3,09	Besoin en eau (en %)	27,9	Chal. hydr. 41h (en J/g)	-
Surface massique (en cm ² /g)	3700	Stabilité (en mm)	1,1		
Indice de clarté	59,6	Début de prise (en min)	150		

CARACTÉRISATION CHIMIQUE

PAF	INS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	S	Cl	CO ₂	CaO _{eq}	Na ₂ O eq acif
5,1	1,0	18,7	4,9	3,7	62,0	1,3	2,7	0,68	0,17	0,05	0,64	4,7	1,5	0,59

Composition potentielle du clinker : C3A **7,9** C3S **81** C4AF **12**



La reproduction partielle ou intégrale de ce document est interdite sans accord préalable de notre part. Les résultats faisant l'objet du présent document sont basés sur des valeurs moyennes et sont donnés à titre purement indicatif. Étant susceptibles de varier dans les limites autorisées par les normes correspondantes, ils ne sauraient engager la responsabilité de Holcim France ou Holcim Belgique.

Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort


 Conforme
 NF-EN 934.1/2

MC-PowerFlow 3140

Superplastifiant / haut réducteur d'eau

Propriétés du produit

- Exempt de composants favorisant la corrosion
- Faible dosage
- Economie d'eau supérieure à la moyenne
- Résistances initiales élevées
- Temps de prise nettement réduits

Domaines d'application

- Béton prêt à l'emploi
- Béton autoplaçant (BAP)
- Béton à haute résistance
- Eléments préfabriqués
- Béton à haute compacité

Indications de mise en œuvre

MC-PowerFlow 3140 est un superplastifiant synthétique à base d'éther polycarboxylate (PCE). Il convient particulièrement pour la fabrication de bétons à faible teneur en eau et de bétons haute performance.

Son mécanisme d'action repose sur la répulsion stérique des particules de ciment. Ce mécanisme permet de fabriquer des bétons à teneur en eau extrêmement faible dont leurs propriétés de mise en œuvre dépassent celles des bétons fluides disponibles jusque-là. Ces résultats sont souvent obtenus même avec des dosages économiques.

MC-PowerFlow 3140 favorise le développement de la résistance initiale et convient donc particulièrement pour une utilisation dans les usines d'éléments préfabriqués et pour la fabrication de béton armé.

Les pertes de consistance qui apparaissent souvent avec les adjuvants fluidifiants conventionnels peuvent être minimisées.

La combinaison particulière des agents actifs per-

met de fabriquer des bétons stables et homogènes dans toutes les classes de consistance.

La consistance du béton peut être élargie de plusieurs niveaux de consistance, par exemple de S 2 à BAP, pour une teneur en eau inchangée.

MC-PowerFlow 3140 peut être utilisé avec de nombreux autres adjuvants pour béton MC. Demandez notre assistance conseil en technologie du béton dans votre cas particulier.

L'adjonction de MC-PowerFlow 3140 dans le béton se fait durant le malaxage. On obtient la meilleure efficacité en effectuant le dosage après l'eau de gâchage. Le dosage est également possible avec l'eau de gâchage. Le temps de malaxage doit être défini de telle sorte que l'adjuvant puisse développer pleinement son effet fluidifiant durant le malaxage. Dans le cas notamment où le dosage sur le chantier est effectué dans le véhicule, il convient d'observer le règlement applicable.

Veillez observer les « Indications générales relatives à l'utilisation d'adjuvants pour béton ».

①


Propriétés techniques de MC-PowerFlow 3140

Paramètre	Unité	Valeur	Observations
Densité volumique	kg/dm ³	env. 1,06	
Dosage recommandé	g	2 - 50	par kg de ciment
Teneur en chlorure maximale	% de taux de masse	≤ 0,10	
Teneur en Na ₂ O eq.	% de taux de masse	≤ 0,5	
Extrait sec	%	29,56-32,68 29,93-33,08	(methode infrarouge) (EN 480-8)
pH	-	4,0-7,0	

Caractéristiques produit de MC-PowerFlow 3140

Nature de l'adjuvant	Superplastifiant EN 934-2 : T 3.1/3.2 (réducteur d'eau EN 934-2 : T 2)
Appellation de l'adjuvant	MC-PowerFlow 3140
Couleur	jaune jusqu'à marron
Forme	liquide
Certificat de conformité	0754-CPD-02-1065.2 0754-CPD-08-0260
Organisme homologue	MPA, Karlsruhe
Contrôle de la production en usine selon DIN EN ISO 9001 / DIN EN 934-2/6	
Désignation de la couleur	gris/jaune
Forme de la livraison	Fûts de 200 kg Conteneurs de 1.000 kg Camions-citernes

Annotation : Les informations données dans la présente fiche technique sont basées sur notre expérience en toute bonne foi, mais sans engagement. Elles sont à adapter aux ouvrages respectifs, aux objectifs d'utilisation et aux exigences locales spécifiques. Dans ces conditions, nous garantissons l'exactitude de ces informations dans le cadre de nos conditions de vente et de livraison. Toute recommandation faite par nos collaborateurs et s'écartant des informations contenues dans nos fiches techniques sera valable uniquement à condition d'avoir été confirmée par écrit. De manière générale, les règles de l'art officiellement reconnues sont applicables.

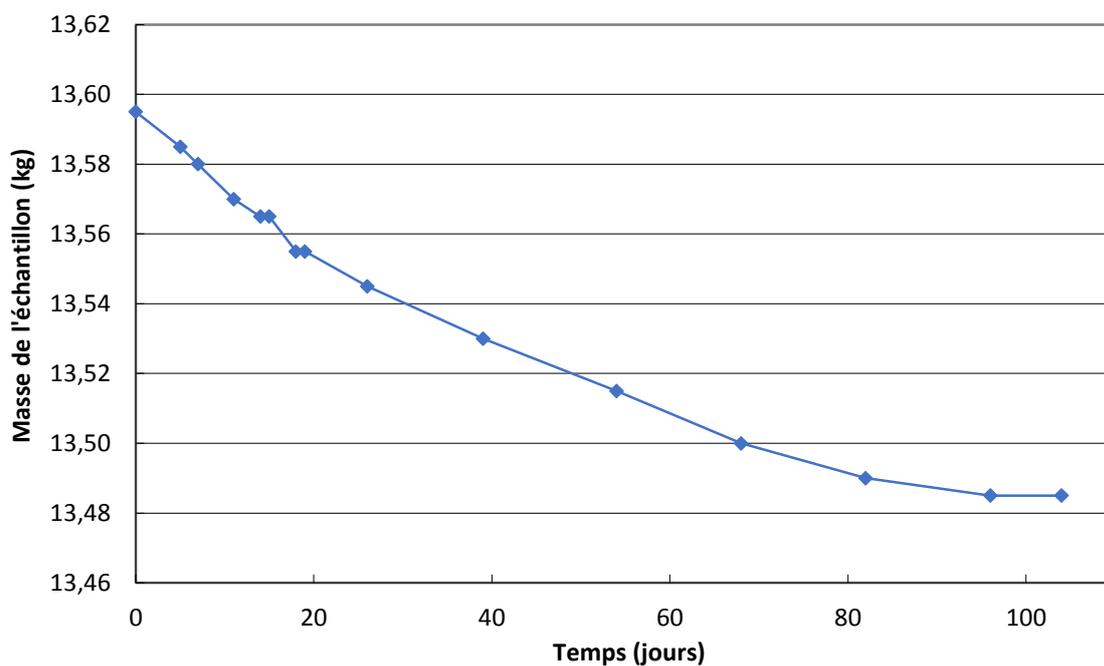
Edition 03/13. Le présent imprimé a été révisé sur le plan technique. Les versions publiées antérieurement ne sont plus valables et ne doivent plus être utilisées. Toute nouvelle révision technique annule et remplace la présente version

②

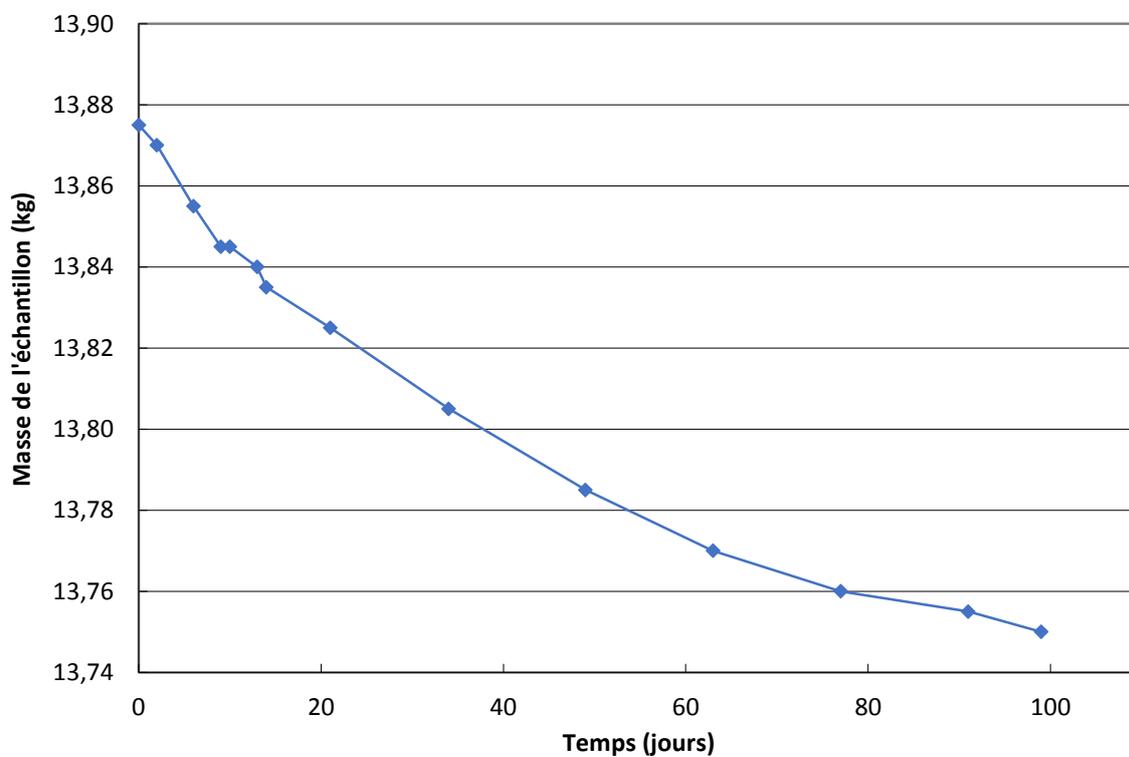
MC Chimie SARL • Z.I. mi-plaine • 29/31, rue des Frères Lumière • F-69740 Genas
Tel. +33-4-78 90 24 36 • Fax: +33-4-78 90 11 99 • www.mc-chimie.fr

Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140

ANNEXE 2 – COURBE DE STABILISATION PONDERALE

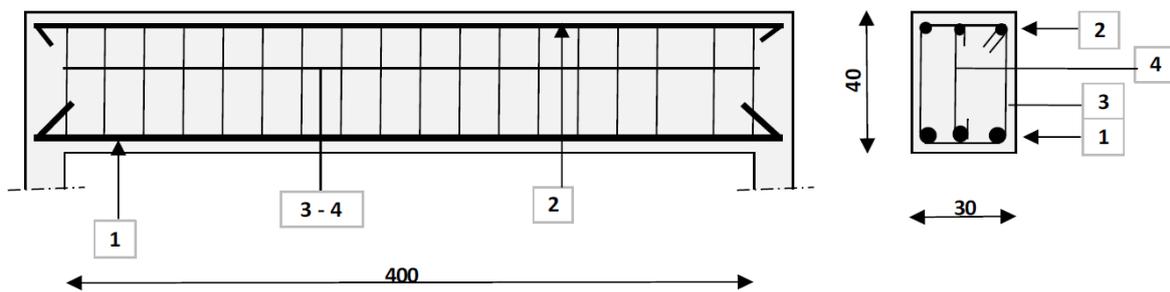


Courbe de stabilité pondérale du béton 35/45 OR/100R

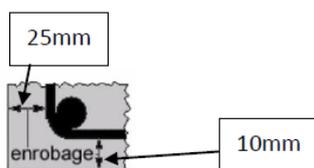
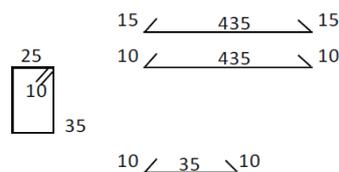


Courbe de stabilité pondérale du béton 35/45 30R/30R

ANNEXE 3 – PRINCIPE DE FERRAILLAGE DES POUTRES



- 1 3HA16 X 465
- 2 3HA10 X 455
- 3 HA8 X 140 e = 20
- 4 HA8 X 55 e = 20



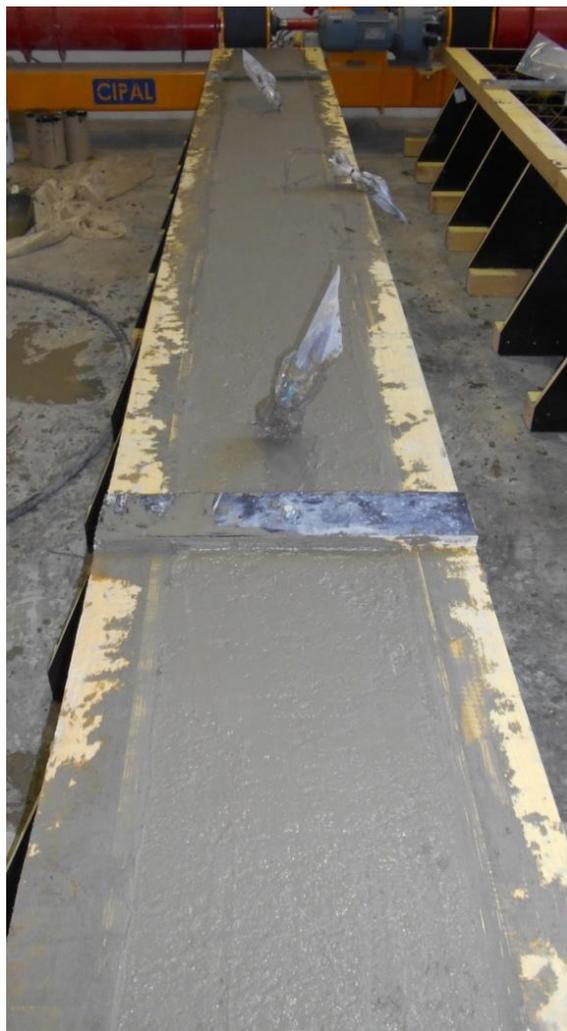
ANNEXE 4 – PHOTOS DE FABRICATION DES POUTRES



Coffrage de la poutre

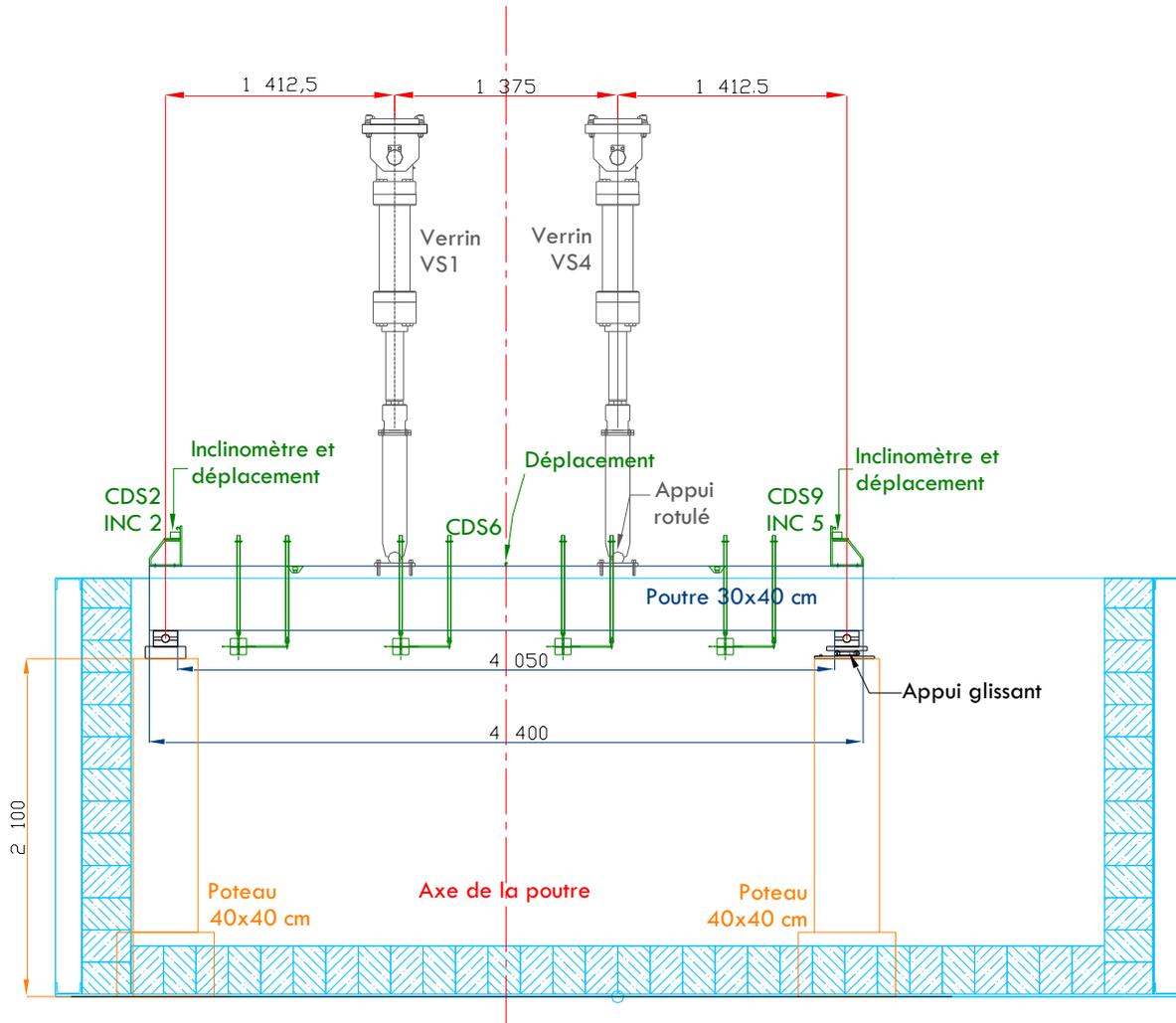


Détails du ferrailage de la poutre

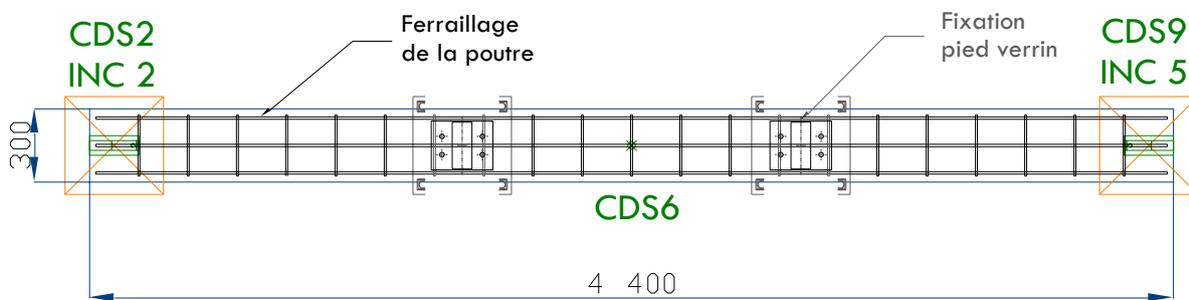


Mise en œuvre du béton

ANNEXE 5 – PLANS DE CONFIGURATION D'ESSAI

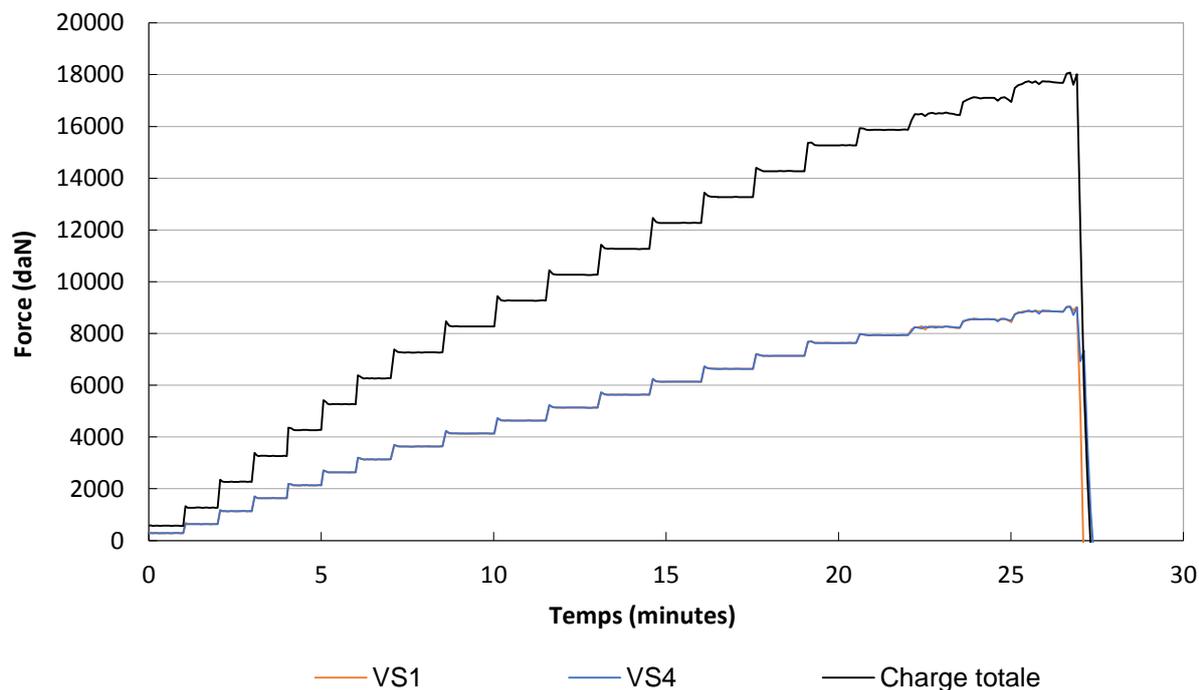


Vue de coté

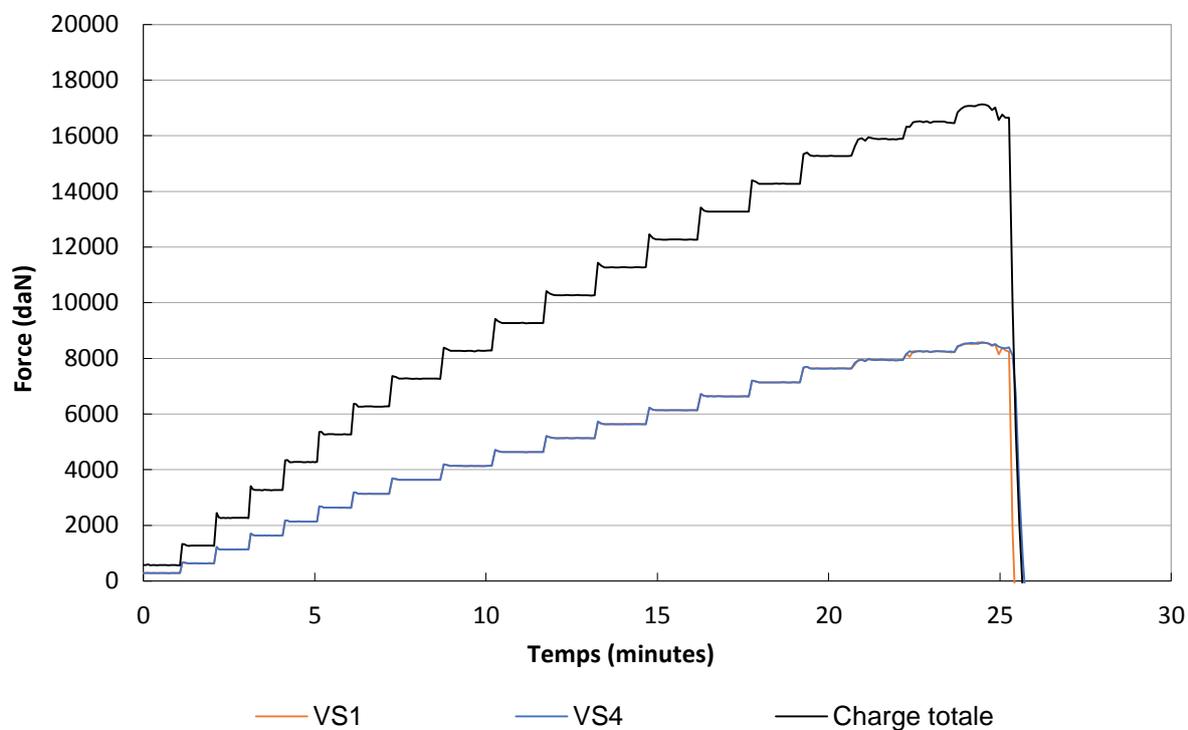


Vue de dessus

ANNEXE 6 – COURBE DE L'EFFORT APPLIQUE SUR LA POUTRE

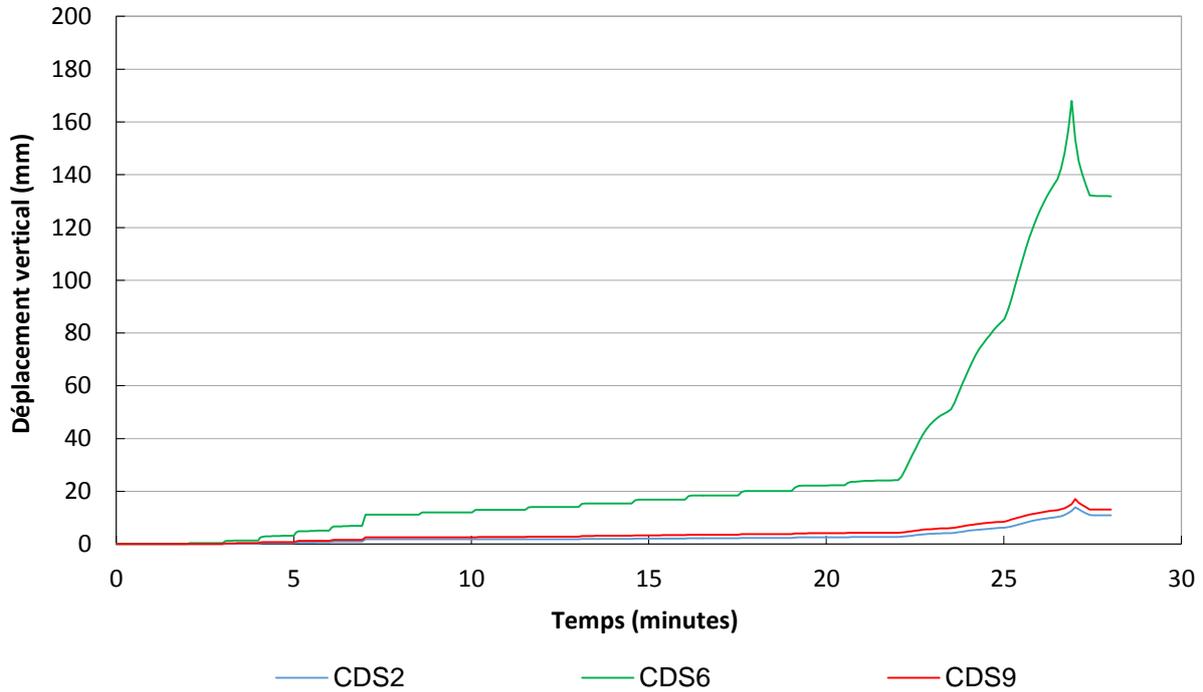


Courbe de l'effort appliqué sur la poutre en béton C35/45 OR/100R

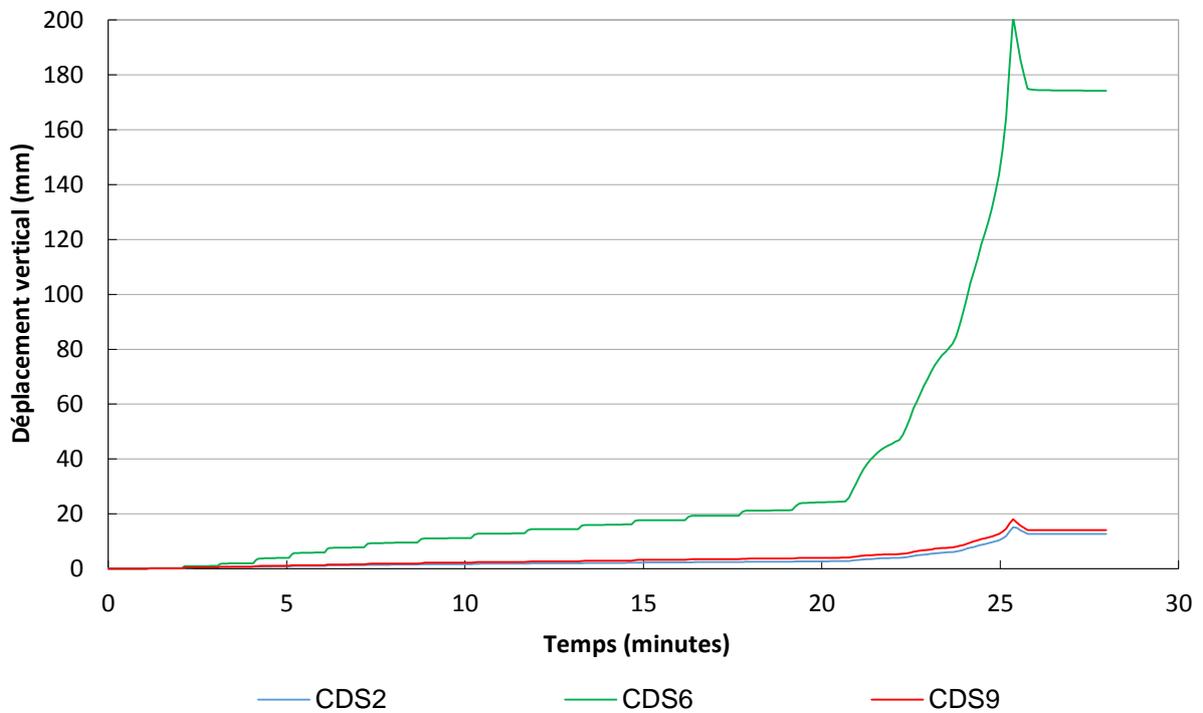


Courbe de l'effort appliqué sur la poutre en béton C35/45 30R/30R

ANNEXE 7 – COURBE DES RELEVÉS DES DÉPLACEMENTS VERTICAUX DE LA POUTRE



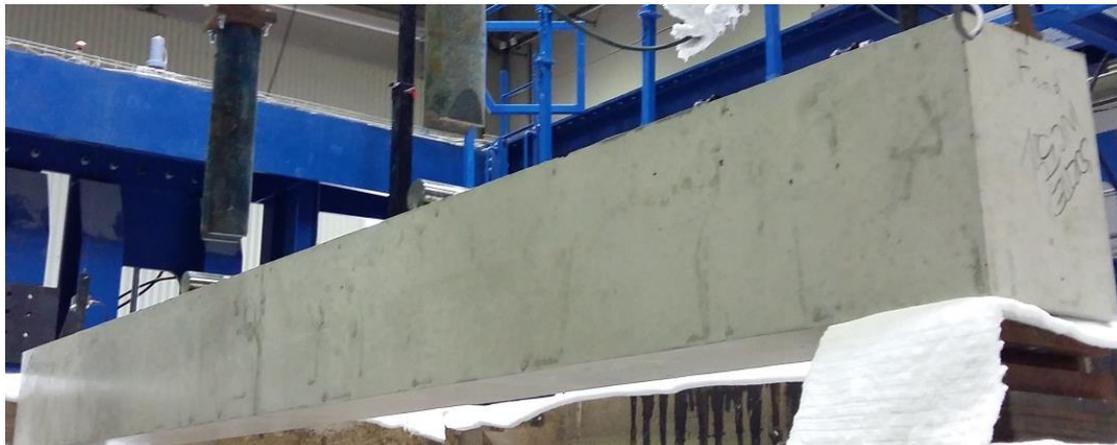
Courbes des déplacements verticaux de la poutre en béton 35/45 OR/100R



Courbes des déplacements verticaux de la poutre en béton C35/45 30R/30R

Mesure des déplacements verticaux : une valeur positive correspondant à un déplacement vers le haut, correspondant dans ce cas à une dilatation.

ANNEXE 8 – PHOTO DES POUTRES AVANT ESSAI



Vue de côté de la poutre C35/45 OR/100R



Vue de côté de la poutre C35/45 30R/30R

ANNEXE 9 – PHOTOS DE LA POUTRE EN BETON C35/45 OR/100R APRES ESSAI



Rupture de la poutre

ANNEXE 10 – PHOTOS DE LA POUTRE EN BETON C35/45 30R/30R APRES ESSAI



Rupture de la poutre

ANNEXE 3 – RAPPORT D’ESSAI DE RESISTANCE AU FEU SUR POUTRE OR/100R

Rapport d'essai n° 2016 CERIB 6338

Essai de RESISTANCE AU FEU d'une poutre porteuse en béton armé de granulats recyclés C35/45 OR/100R

Date de l'essai : 22/06/2016

Demandeur : Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en Génie Civil (IREX)
9 Rue de Berri
75008 PARIS

Date : 19/09/2016

Sommaire

1	Préambule	4
2	Objet de l'essai	4
3	Textes de référence	4
4	Date de fabrication de l'objet soumis à l'essai	4
5	Caractéristiques et provenance de l'élément d'essai	4
6	Description de l'élément d'essai	5
6.1	Formulation et caractéristiques du béton	5
6.2	Mise en œuvre de l'élément d'essai	6
7	Modalités de l'essai	6
7.1	Sens du feu	6
7.2	Action thermique	6
7.3	Configuration d'essai.....	6
8	Mesures effectuées pendant l'essai de résistance au feu	7
8.1	Températures du four	7
8.2	Pression dans le four	7
8.3	Températures de l'élément d'essai	7
8.4	Charge de l'essai.....	7
8.4.1	Calcul de la charge	7
8.4.2	Application de la charge	7
8.5	Déplacements mécaniques	7
9	Observations	7
9.1	Avant l'essai	7
9.2	Pendant l'essai	8
9.3	Après essai et refroidissement.....	8
10	Domaine d'application directe des résultats d'essai	9
	Annexe 1 – Fiches techniques des constituants	10
	Annexe 2 – Courbe de stabilisation pondérale	15
	Annexe 3 – Principe de ferrailage de l'élément d'essai	16
	Annexe 4 – Photos de fabrication de l'élément d'essai	17
	Annexe 5 – Plan de configuration de l'essai	19

Annexe 6 – Plan de positionnement des pyromètres à plaque	21
Annexe 7 – Courbes de la conduite thermique du four.....	22
Annexe 8 – Courbe de l'écart de la conduite thermique du four avec la courbe normalisée.....	23
Annexe 9 – Différentiel de pression interne du four par rapport à la pression atmosphérique	24
Annexe 10 – Positionnement des prises de température sur les armatures	25
Annexe 11 – Courbe des relevés de température mesurée sur les armatures	26
Annexe 12 – Note de calcul de la charge	27
Annexe 13 – Courbe de l'effort appliqué sur la poutre	30
Annexe 14 – Courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre	31
Annexe 15 – Photos de la poutre avant essai	32
Annexe 16 – Photos de la poutre après essai et refroidissement.....	33

1 PREAMBULE

Le présent rapport d'essai s'inscrit dans une action globale dont l'objectif est d'évaluer le comportement au feu des bétons de granulats recyclés (Projet National RECYBETON, Tranche 4) :

- d'une part vis-à-vis de leur propension à l'écaillage/éclatement et ;
- d'autre part vis-à-vis de leur résistance thermo-mécanique.

Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer si le comportement des bétons de granulats recyclés est similaire à celui des bétons de granulats naturels en vue de leur introduction possible dans l'Eurocode 2-1-2.

2 OBJET DE L'ESSAI

Il s'agit de réaliser un essai de résistance au feu d'une poutre porteuse en béton armé de granulats recyclés soumise à un incendie selon la courbe température – temps normalisée de la norme NF-EN 1363-1 et de quantifier la résistance mécanique de la poutre en phase de refroidissement.

3 TEXTES DE REFERENCE

- Norme NF EN 1363-1 de mars 2013 ;
- Norme NF EN 1365-3 de juin 2000.

4 DATE DE FABRICATION DE L'OBJET SOUMIS A L'ESSAI

23/02/2016

5 CARACTERISTIQUES ET PROVENANCE DE L'ELEMENT D'ESSAI

Nature du corps d'épreuve	Dimensions du corps d'épreuve	Composition	Lieu de fabrication
Poutre en béton armé C35/45 OR/100R	4,4 m × 0,3 m × 0,4 m	0 % de sable recyclé et 100 % de gravillons recyclés	CERIB

6 DESCRIPTION DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI

6.1 Formulation et caractéristiques du béton

COMPOSITION DU BÉTON (pour 1 m³)	
Gravillon recyclé 4/10	157 kg
Gravillon recyclé 10/20	678 kg
Sable Sandrancourt 0/4	778 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	334 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	53 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	2 kg
Eau totale	238 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1 Les fiches techniques des gravillons recyclés 4/10 et 10/20 ne sont pas fournies.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BÉTON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	1,7 %
Masse volumique	2 239 kg/m ³
Teneur en eau	11,7 %
CLASSE D'EXPOSITION	
XC0	
CLASSE DE RESISTANCE DU BÉTON C35/45¹	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	26
28	27
90	31
STABILISATION PONDERALE DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI²	
Obtenu au bout de 5 jours Voir la courbe de stabilisation pondérale en annexe 2	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BÉTON AU JOUR DE L'ESSAI³	
5,9 %	

¹ Pour chaque échéance de caractérisation de la résistance mécanique du béton, 3 éprouvettes cylindriques Ø11x22, préalablement surfacées mécaniquement à l'aide d'une gréseuse, sont comprimées.

² Une éprouvette Ø16 × 30 cm, représentative de la poutre objet du présent rapport d'essai est confectionnée au jour de fabrication de la poutre. Une protection aluminium disposée sur toute la périphérie de l'éprouvette permet un séchage unidirectionnel représentatif du séchage de l'élément d'essai. L'éprouvette est conservée à proximité de la poutre dans une salle climatisée dont les consignes en température et en hygrométrie sont respectivement fixées à 23 °C et à 50 %. L'évolution de la masse est contrôlée au moyen de pesées régulières.

³ Trois morceaux de béton sont prélevés dans l'éprouvette utilisée pour l'évaluation de la stabilité pondérale de la poutre. Ils sont placés en étuve à 105 °C puis, retirés de l'étuve lorsque l'évolution de la masse est inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives espacées de 24 heures.

6.2 Mise en œuvre de l'élément d'essai

FABRICATION DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI		
Étape de mise en œuvre	Composant	Description
Coffrage	Contreplaqué filmé épaisseur 21 mm	-
Mise en place des moyens de levage	Ancre à œil 2,5 T	2 ancras positionnées à mi-largeur de la poutre et à 1,1 m de chaque extrémité de cette dernière
Mise en place du ferrailage	Barres longitudinales HA16 et HA10 Cadres HA8 et épingles HA8	Voir le principe de ferrailage de la poutre en annexe 3
Coulage du béton (le 23/02/2016)	Béton C35/45 OR 100R	Mise en place du béton au cours de 2 gâchées consécutives : - tiré et mis en place à l'aiguille vibrante ; - lissé à l'aide d'une règle de maçon. Voir les photos de fabrication de la poutre en annexe 4
Protection après coulage	Film plastique (polyane)	Protection de la poutre par un film plastique après coulage
STOCKAGE DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI		
Conservation de l'élément d'essai dans une salle climatisée dont les consignes sont respectivement fixées à 23°C et 50% HR jusqu'au jour de l'essai		

7 MODALITES DE L'ESSAI

7.1 Sens du feu

La poutre est exposée au feu sur trois faces :

- ses deux faces latérales et ;
- sa face inférieure.

7.2 Action thermique

L'action thermique suivie est celle de la courbe d'échauffement température – temps normalisée de la norme NF EN 1363-1 décrite par la fonction :

$$T = 20 + 345 \log_{10} (8t + 1)$$

Avec T : la température en °C
t : temps en minute.

Le pilotage thermique du four est réalisé au moyen de pyromètres à plaque.
L'action thermique est suivie durant 60 minutes.

7.3 Configuration d'essai

Dans le sens transversal, la poutre est en appuie sur un support articulé d'un côté et sur un support articulé à rouleaux de l'autre côté. Ils ont été mis en place sur des poteaux en béton et protégés du feu avec de la fibre minérale de densité 96 kg/m³. Des pyromètres à plaque sont fixés sur des barres d'acier, suspendus au travers du béton cellulaire. Quatre pyromètres droits, et quatre pyromètres coudés leur faisant face, sont répartis uniformément sur la longueur de la poutre.

Voir les plans de configuration d'essai en annexe 5.

8 MESURES EFFECTUEES PENDANT L'ESSAI DE RESISTANCE AU FEU

8.1 Températures du four

Les températures du four sont mesurées à l'aide de 8 pyromètres à plaque placés à 100 mm \pm 50 mm des faces latérales et de la face inférieure de la poutre. Les 8 points de température sont enregistrés pendant toute la durée de l'essai.

Voir le plan de positionnement des pyromètres à plaque en annexe 6.

Voir la courbe de la conduite thermique du four en annexe 7 et la courbe de l'écart de la conduite thermique du four avec la courbe normalisée en annexe 8.

8.2 Pression dans le four

L'élément d'essai est soumis à une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du four de 20 Pa à 100 mm en-dessous de la face exposée. Le capteur de pression étant situé à 150 mm sous la face, le différentiel de pression est réglé à 19,6 Pa.

Voir la courbe du différentiel de pression interne du four par rapport à la pression atmosphérique en annexe 9.

8.3 Températures de l'élément d'essai

Les températures sont mesurées et enregistrées pendant toute la durée de l'essai à l'aide de 9 thermocouples à pastille de type K placés sur les barres d'armature de l'élément d'essai.

Voir le positionnement des prises de température sur les armatures en annexe 10.

Voir la courbe des relevés de température en annexe 11.

8.4 Charge de l'essai

8.4.1 Calcul de la charge

La charge est appliquée pour atteindre un moment de flexion à mi-portée égal à 66,75 kN.m.

Voir la note de calcul de la charge en annexe 12.

8.4.2 Application de la charge

La charge totale retenue est de 9 450 daN. Elle est appliquée à l'aide de 2 vérins hydrauliques. Les 2 points d'application de la charge sont placés à 1 412,5 mm des appuis de la poutre. La charge totale est appliquée 32 minutes avant le départ du cycle thermique et maintenue constante à 9 450 daN pendant les 60 minutes d'action thermique. Après cette période, la charge est augmentée par pas de 200 daN/minutes jusqu'à la rupture de la poutre. L'intensité de la charge est enregistrée pendant toute la durée de l'essai.

Voir la courbe de l'effort appliqué sur le mur en annexe 13.

8.5 Déplacements mécaniques

La mesure des déplacements verticaux depuis la face non exposée de la poutre est effectuée à l'aide de capteurs de déplacement à câble positionnés à mi-portée de la poutre (capteur CDS6) et à 215 mm des extrémités de la poutre (CDS2 et CDS9).

Voir la courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre en annexe 14.

9 OBSERVATIONS

9.1 Avant l'essai

Au début de l'essai, les températures sont les suivantes :

- Température dans le hall : 21 ° C.
- Température dans le four : 22 ° C.

9.2 Pendant l'essai

Une caméra avec un système endoscopique est placée au travers d'une des parois du four afin d'observer le comportement au feu de la poutre sur deux des trois faces exposées.

Temps en minute	Sur la face non exposée	Sur les faces exposées
-32	Chargement mécanique à 9 450 daN	
0	Départ thermique de l'essai	
9		Apparition de coulures noires réparties sur toute la longueur de la poutre
18		Fin des coulures noires réparties sur toute la longueur de la poutre
61	Arrêt des brûleurs Augmentation de la charge mécanique jusqu'à rupture	
91	Rupture de la poutre à 15,2 T Arrêt de l'essai	

9.3 Après essai et refroidissement

Aucune évolution de la poutre n'est observée après refroidissement.

Voir les photos de la poutre avant essai en annexe 15 et les photos de la poutre après essai et refroidissement en annexe 16.

10 DOMAINE D'APPLICATION DIRECTE DES RESULTATS D'ESSAI

Les résultats sont applicables à des poutres identiques ayant des moments et des efforts tranchant maximaux qui, en les ayant calculés sur la même base que le chargement d'essai, ne sont pas supérieurs à ceux de l'élément d'essai. Cette disposition n'est applicable que sous réserve qu'aucune modification n'ait été apportée à une protection incendie appliquée éventuellement. Cette disposition n'est pas applicable aux poutres en béton précontraint.

AVERTISSEMENT

« Ce rapport d'essai atteste uniquement des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas une certification de produits au sens de l'article L115-27 du code de la consommation et de la loi du 4 août 2008 ».

« Le présent rapport donne des détails sur la méthode de construction, les conditions d'essai et les résultats obtenus lorsque l'élément de construction spécifique décrit ici a été soumis aux essais suivant le mode opératoire indiqué dans EN 1363-1 et, éventuellement, dans EN 1363-2. En ce qui concerne les dimensions, les détails de construction, les chargements, les contraintes et les conditions aux limites ou d'extrémité, tout écart important, autre que ceux autorisés dans le cadre du domaine d'application directe de la méthode d'essai appropriée, n'est pas couvert par le présent rapport ».

« Du fait de la nature des essais de résistance au feu et de la difficulté en résultant à quantifier l'incertitude de mesurage de la résistance au feu, il n'est pas possible de fixer un degré de précision des résultats ».



Fabienne ROBERT
Responsable Adjointe du
Centre d'Essais au Feu



Clémence DAVAL
Responsable d'Essais au
Centre d'Essais au Feu

ANNEXE 1 – FICHES TECHNIQUES DES CONSTITUANTS



Lafarge France - Sandrancourt
 Les Marettes, Sandrancourt
 78520 St Martin la Garenne
 Tel:01 34 97 02 70 Fax:01 34 97 02 79

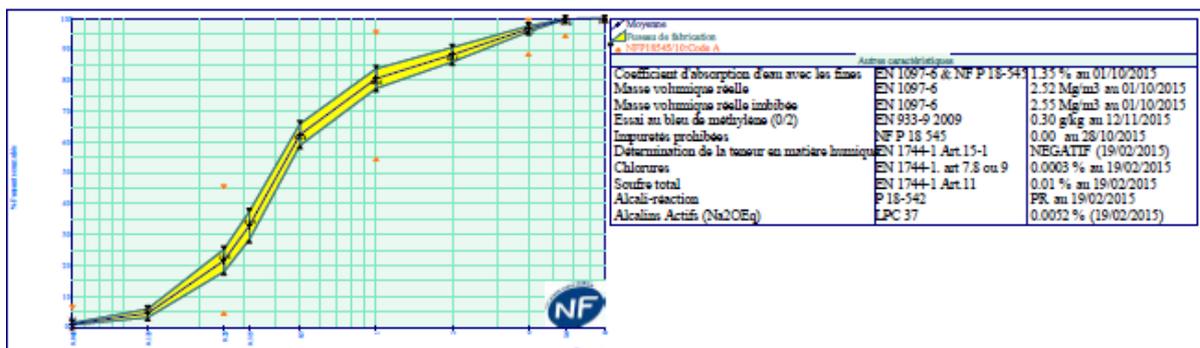
Fiche Technique de Produit
 Engagement du 01/01/2016 au 30/06/2016
 Page 1/1, Imprimé le lundi 4 janvier 2016

Granulats : 0/4 SC L NF
Péetrographie : Alluvionnaire
Elaboration : Semi-Concassé Lavé

Service Qualité Produits LG Seine Aval : 02 32 54 70 85
 Organisme certificateur : AFNOR Certification, 11 avenue Francis de Préssencé 93571 La Plaine St Denis

Partie contractuelle													
<i>Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage</i>													
Classe granulaire		Norme										Code	
0	4	Norme NF P 18-545 Article 10										Code A	
		0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Etendue e	6			40			40		10			0.6	
Incertitude U	1			2			0	3	0	2	1	0.15	6
V.S.S.+U	7.0			47			98		100	100		2.95	
V.S.S.	6.0			45			95		99	100		2.80	
V.S.I.				5			55		89	95	100	2.20	65.0
V.S.I.-U				3			52		87	94		2.05	59.0
Ecart-type max	1.82			12.12			12.12		3.03			0.18	

Partie informative													
<i>Résultats de production</i>													
du 01/07/15 au 18/12/15													
		0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Maximum		2.2	7	29	44	69	86	95	99	100	100	2.75	86.0
X _{0.125} /Ecart-type		1.4	6	25	37	66	84	91	98	100	100	2.57	83.8
Moyenne X _f		1.1	5	22	33	62	81	88	97	100	100	2.48	81.8
X _{0.125} /Ecart-type		0.7	3	18	28	59	77	86	96	100	100	2.35	79.7
Minimum		0.1	2	13	23	54	73	83	94	100	100	2.21	78.0
Ecart-type		0.25	1.1	2.9	3.6	2.8	2.5	1.9	0.7	0.1	0.0	0.090	1.60
Nombre de résultats		166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	83



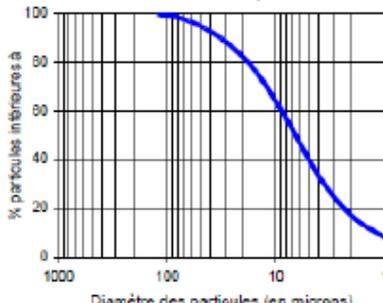
Eric Jammet





Fiche technique

Betocarb® HP - OG

SITE:	ORGON, France (certifié ISO 9001)																														
DESCRIPTION DU PRODUIT:	Addition calcaire sélectionnée pour bétons hydrauliques et filler pour bétons hydrauliques hautes performances (EN 12820). Produit particulièrement adapté aux bétons de parement et architectoniques (essai LQ_007). Ce produit est de catégorie A selon la norme NF P 18-508.																														
COMPOSITION TYPE DE LA ROCHE:	<table border="0"> <tr><td>CaCO₃</td><td>98.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Carbonates totaux</td><td>99.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Chlorures</td><td>0.001</td><td>%</td></tr> <tr><td>Sulfates</td><td>0.001</td><td>%</td></tr> <tr><td>Soufre total</td><td>0.005</td><td>%</td></tr> <tr><td>Matières organiques</td><td>0.01</td><td>%</td></tr> <tr><td>Essai au bieu de méthylène</td><td>0.3</td><td>g/kg</td></tr> <tr><td>Alcalins équivalents</td><td>0.005</td><td>%</td></tr> <tr><td>Silice totale</td><td>0.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Réactivité aux alcalins</td><td>NR</td><td></td></tr> </table>	CaCO ₃	98.8	%	Carbonates totaux	99.1	%	Chlorures	0.001	%	Sulfates	0.001	%	Soufre total	0.005	%	Matières organiques	0.01	%	Essai au bieu de méthylène	0.3	g/kg	Alcalins équivalents	0.005	%	Silice totale	0.1	%	Réactivité aux alcalins	NR	
CaCO ₃	98.8	%																													
Carbonates totaux	99.1	%																													
Chlorures	0.001	%																													
Sulfates	0.001	%																													
Soufre total	0.005	%																													
Matières organiques	0.01	%																													
Essai au bieu de méthylène	0.3	g/kg																													
Alcalins équivalents	0.005	%																													
Silice totale	0.1	%																													
Réactivité aux alcalins	NR																														
CARACTERISTIQUES TYPES DU PRODUIT:	<table border="0"> <tr><td>Granulométrie:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>- Particules < 2 mm</td><td>100</td><td>%</td></tr> <tr><td>- Particules < 0.125 mm</td><td>100</td><td>%</td></tr> <tr><td>- Particules < 0.003 mm</td><td>97</td><td>%</td></tr> <tr><td>- Surface spécifique Blaine</td><td>482</td><td>m²/kg</td></tr> <tr><td>Blancheur CIE L*</td><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>Indice d'activité à 28 jours</td><td>0.79</td><td></td></tr> <tr><td>Taux d'humidité départ usine</td><td>0.2</td><td>%</td></tr> </table>	Granulométrie:			- Particules < 2 mm	100	%	- Particules < 0.125 mm	100	%	- Particules < 0.003 mm	97	%	- Surface spécifique Blaine	482	m ² /kg	Blancheur CIE L*	95		Indice d'activité à 28 jours	0.79		Taux d'humidité départ usine	0.2	%						
Granulométrie:																															
- Particules < 2 mm	100	%																													
- Particules < 0.125 mm	100	%																													
- Particules < 0.003 mm	97	%																													
- Surface spécifique Blaine	482	m ² /kg																													
Blancheur CIE L*	95																														
Indice d'activité à 28 jours	0.79																														
Taux d'humidité départ usine	0.2	%																													
CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT:	<table border="0"> <tr><td>Densité</td><td>2.7</td><td>g/ml</td></tr> <tr><td>Densité apparente tassée</td><td>1.5</td><td>g/ml</td></tr> </table>	Densité	2.7	g/ml	Densité apparente tassée	1.5	g/ml																								
Densité	2.7	g/ml																													
Densité apparente tassée	1.5	g/ml																													
APPLICATIONS PRINCIPALES:	<p>REPARTITION GRANULOMETRIQUE (Malvern Mastersizer 2000):</p>  <p>Béton auto-plaçant Béton prêt à l'emploi Éléments préfabriqués architectoniques Applications spéciales - Béton projeté</p>																														
CONDITIONNEMENT STANDARD:	<p>REPARTITION GRANULOMETRIQUE (Malvern Mastersizer 2000):</p> <p>- VRAC - SAC (papier) de 25 kg sur palette</p>																														
<p>Les informations contenues dans cette fiche technique ne concernent que le matériel spécifique mentionné et ne concernent pas l'utilisation conjointement avec tout autre matériel ou dans tout procédé. Les informations fournies dans le présent document se basent sur des données techniques qui, à la connaissance de Onyx, sont fiables, toutefois Onyx ne fournit aucune garantie de complétude ou d'exhaustivité de ces informations, et Onyx n'assume aucune responsabilité résultant de leur utilisation ou vice-versa de toutes réclamations, pertes ou dommages subis par une tierce partie. Toute personne recevant ces informations doit exercer son jugement propre en ce qui concerne leur utilisation appropriée et il incombe à l'utilisateur d'évaluer si le matériel convient (y compris en matière de sécurité) pour un usage particulier avant d'en faire usage.</p>																															
<p>édition : 29.03.2012 Produit information : sol.03.01_FR_2008-PROG 03220_HP version : 0</p>																															

Filler calcaire Betocarb HP-OG

FICHE TECHNIQUE
Fabriqué à ROCHEFORT

Mise à jour du 27/02/2012

Ciment Portland au calcaire

NF EN 197-1 A1	CEM II/A-L 42,5 N	01/06/2001
	N° de certificat : 0393-CPD-4904	
CE+NF	CEM II/A-L 42,5 N CE CP2 NF	27/04/1997
NF P15-318	Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint	CP2

Disponibilités : Vrac

COMPOSITION DÉCLARÉE (en %)

Constituant		Régulateur de prise	
Clinker (K)	67	Gypse	3,4
Laitier de haut-fourneau (S)	-	Anhydrite	-
Schiste calciné (T)	-	Autre sulfate de calcium	-
Sulfate de calcium (Cs)	-		
Pozzolanes naturelles (P)	-		
Cendres volantes siliceuses (V)	-	Additif	
Cendres volantes calciques (W)	-	Agent de mouture HEA 252	0,04
Calcaires (L ou LL)	11	Sulfate ferreux	0,25
Constituants secondaires	2		

RESISTANCES A LA COMPRESSION (en MPa)

1 jour	-	2 jours	29	7 jours	-	28 jours ...	53
--------------	---	---------------	----	---------------	---	--------------	----

CARACTÉRISATION PHYSIQUE

Sur poudre		Sur pâte pure		Sur mortier	
Masse volumique (en g/cm ³)	3,09	Besoin en eau (en %)	27,9	Chal. hydr. 41h (en J/g)	-
Surface massique (en cm ² /g)	3700	Stabilité (en mm)	1,1		
Indice de clarté	59,6	Début de prise (en min)	150		

CARACTÉRISATION CHIMIQUE

PAF	INS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	S	Cl	CO ₂	CaO _{eq}	Na ₂ O eq acif
5,1	1,0	18,7	4,9	3,7	62,0	1,3	2,7	0,68	0,17	0,05	0,64	4,7	1,5	0,59

Composition potentielle du clinker : C3A 7,9 C3S 81 C4AF 12



La reproduction partielle ou intégrale de ce document est interdite sans accord préalable de notre part. Les résultats faisant l'objet du présent document sont basés sur des valeurs moyennes et sont donnés à titre purement indicatif. Étant susceptibles de varier dans les limites autorisées par les normes correspondantes, ils ne sauraient engager la responsabilité de Holcim France ou Holcim Belgique.

Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort


 Conforme
 NF-EN 934.1/2

MC-PowerFlow 3140

Superplastifiant / haut réducteur d'eau

Propriétés du produit

- Exempt de composants favorisant la corrosion
- Faible dosage
- Economie d'eau supérieure à la moyenne
- Résistances initiales élevées
- Temps de prise nettement réduits

Domaines d'application

- Béton prêt à l'emploi
- Béton autoplaçant (BAP)
- Béton à haute résistance
- Eléments préfabriqués
- Béton à haute compacité

Indications de mise en œuvre

MC-PowerFlow 3140 est un superplastifiant synthétique à base d'éther polycarboxylate (PCE). Il convient particulièrement pour la fabrication de bétons à faible teneur en eau et de bétons haute performance.

Son mécanisme d'action repose sur la répulsion stérique des particules de ciment. Ce mécanisme permet de fabriquer des bétons à teneur en eau extrêmement faible dont leurs propriétés de mise en œuvre dépassent celles des bétons fluides disponibles jusque-là. Ces résultats sont souvent obtenus même avec des dosages économiques.

MC-PowerFlow 3140 favorise le développement de la résistance initiale et convient donc particulièrement pour une utilisation dans les usines d'éléments préfabriqués et pour la fabrication de béton armé.

Les pertes de consistance qui apparaissent souvent avec les adjuvants fluidifiants conventionnels peuvent être minimisées.

La combinaison particulière des agents actifs per-

met de fabriquer des bétons stables et homogènes dans toutes les classes de consistance.

La consistance du béton peut être élargie de plusieurs niveaux de consistance, par exemple de S 2 à BAP, pour une teneur en eau inchangée.

MC-PowerFlow 3140 peut être utilisé avec de nombreux autres adjuvants pour béton MC. Demandez notre assistance conseil en technologie du béton dans votre cas particulier.

L'adjonction de MC-PowerFlow 3140 dans le béton se fait durant le malaxage. On obtient la meilleure efficacité en effectuant le dosage après l'eau de gâchage. Le dosage est également possible avec l'eau de gâchage. Le temps de malaxage doit être défini de telle sorte que l'adjuvant puisse développer pleinement son effet fluidifiant durant le malaxage. Dans le cas notamment où le dosage sur le chantier est effectué dans le véhicule, il convient d'observer le règlement applicable.

Veillez observer les « Indications générales relatives à l'utilisation d'adjuvants pour béton ».

①


Propriétés techniques de MC-PowerFlow 3140

Paramètre	Unité	Valeur	Observations
Densité volumique	kg/dm ³	env. 1,06	
Dosage recommandé	g	2 - 50	par kg de ciment
Teneur en chlorure maximale	% de taux de masse	≤ 0,10	
Teneur en Na ₂ O eq.	% de taux de masse	≤ 0,5	
Extrait sec	%	29,56-32,68 29,93-33,08	(methode infrarouge) (EN 480-8)
pH	-	4,0-7,0	

Caractéristiques produit de MC-PowerFlow 3140

Nature de l'adjuvant	Superplastifiant EN 934-2 : T 3.1/3.2 (réducteur d'eau EN 934-2 : T 2)
Appellation de l'adjuvant	MC-PowerFlow 3140
Couleur	jaune jusqu'à marron
Forme	liquide
Certificat de conformité	0754-CPD-02-1065.2 0754-CPD-08-0260
Organisme homologue	MPA, Karlsruhe
Contrôle de la production en usine selon DIN EN ISO 9001 / DIN EN 934-2/6	
Désignation de la couleur	gris/jaune
Forme de la livraison	Fûts de 200 kg Conteneurs de 1.000 kg Camions-citernes

Annotation : Les informations données dans la présente fiche technique sont basées sur notre expérience en toute bonne foi, mais sans engagement. Elles sont à adapter aux ouvrages respectifs, aux objectifs d'utilisation et aux exigences locales spécifiques. Dans ces conditions, nous garantissons l'exactitude de ces informations dans le cadre de nos conditions de vente et de livraison. Toute recommandation faite par nos collaborateurs et s'écartant des informations contenues dans nos fiches techniques sera valable uniquement à condition d'avoir été confirmée par écrit. De manière générale, les règles de l'art officiellement reconnues sont applicables.

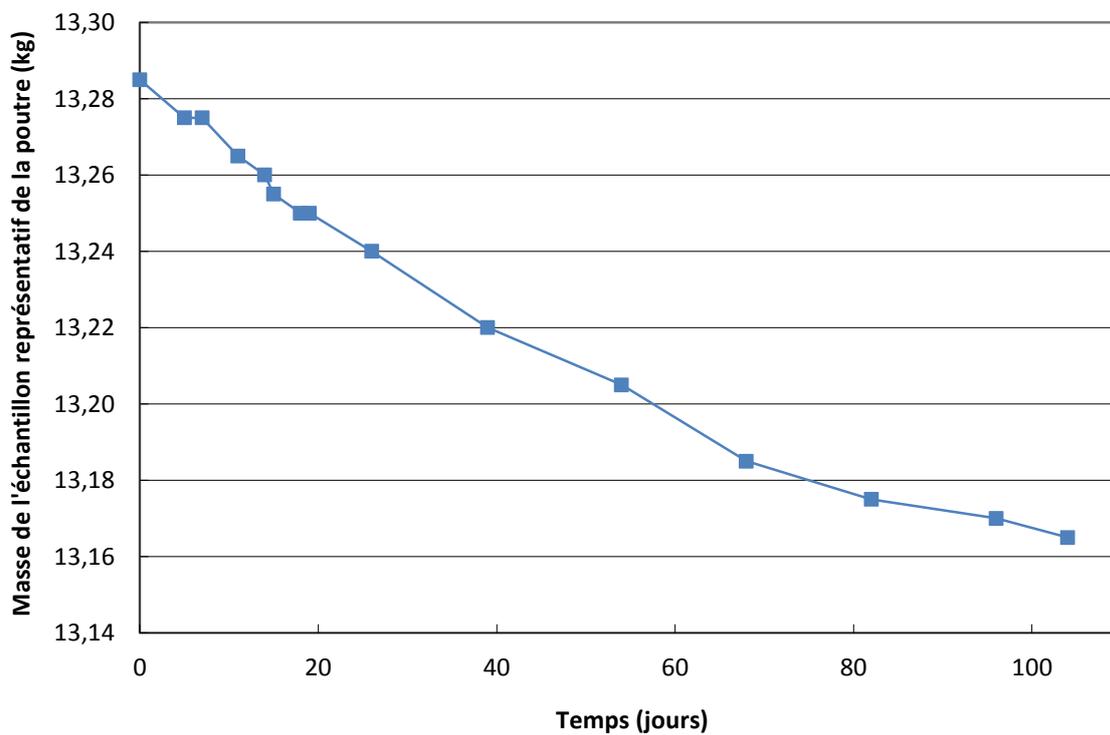
Édition 03/13. Le présent imprimé a été révisé sur le plan technique. Les versions publiées antérieurement ne sont plus valables et ne doivent plus être utilisées. Toute nouvelle révision technique annule et remplace la présente version

②

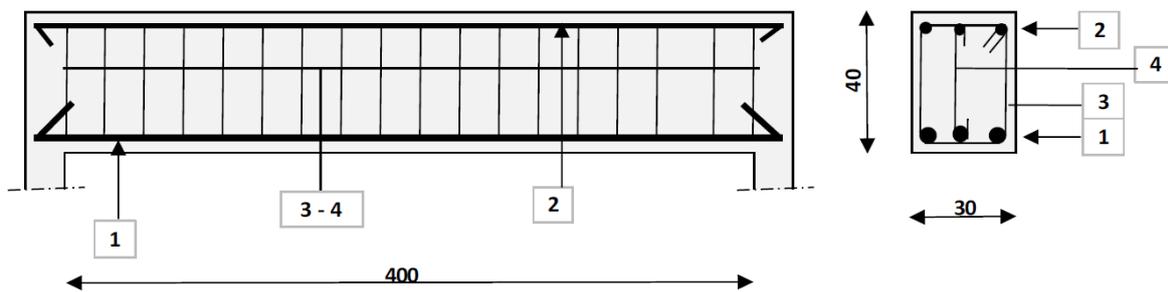
MC Chimie SARL • Z.I. mi-plaine • 29/31, rue des Frères Lumière • F-69740 Genas
Tel. +33-4-78 90 24 36 • Fax: +33-4-78 90 11 99 • www.mc-chimie.fr

Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140

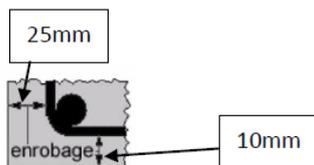
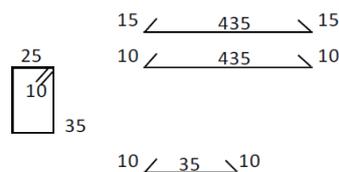
ANNEXE 2 – COURBE DE STABILISATION PONDERALE



ANNEXE 3 – PRINCIPE DE FERRAILLAGE DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI



- 1 3HA16 X 465
- 2 3HA10 X 455
- 3 HA8 X 140 e = 20
- 4 HA8 X 55 e = 20



ANNEXE 4 – PHOTOS DE FABRICATION DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI



Coffrage de la poutre



Détails du ferrailage de la poutre



Mise en œuvre du béton

ANNEXE 5 – PLAN DE CONFIGURATION DE L'ESSAI

Poutre

Four

Béton cellulaire (450 kg/m³)

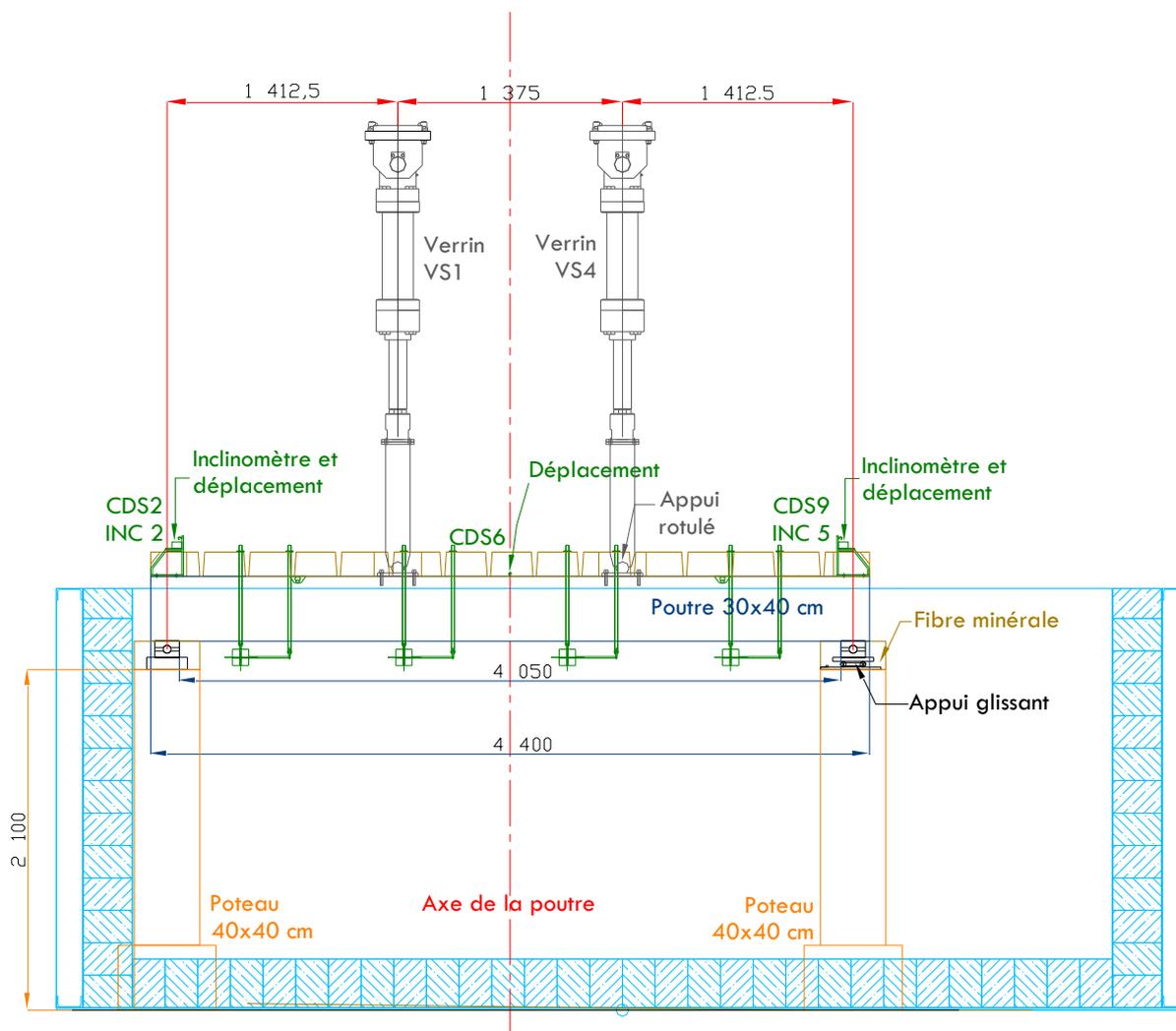
Poteau en béton

Pyromètres à plaque

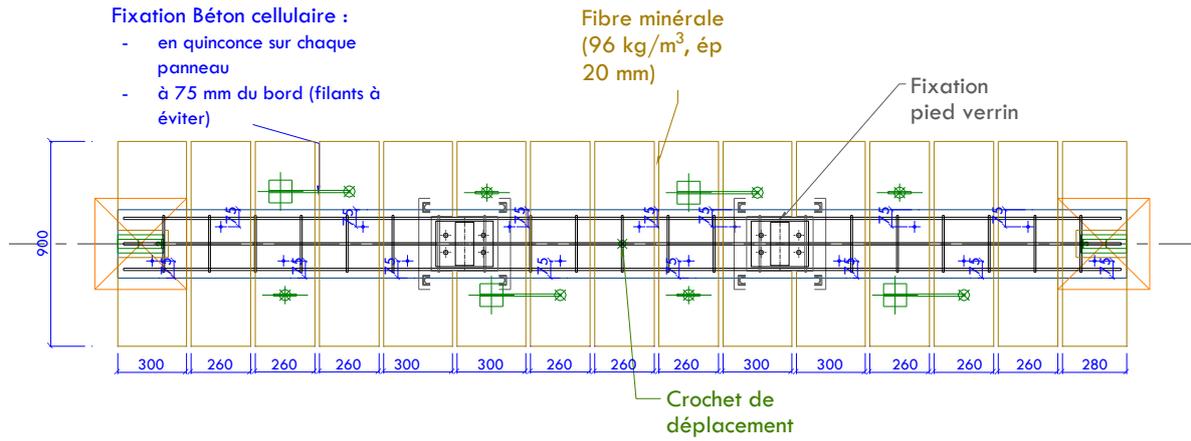
Inclinomètres et déplacements

Vérins

Ferrailage de la poutre



Vue de côté de la poutre



Détail de la vue du dessus de la poutre

ANNEXE 6 – PLAN DE POSITIONNEMENT DES PYROMETRES A PLAQUE

Poutre

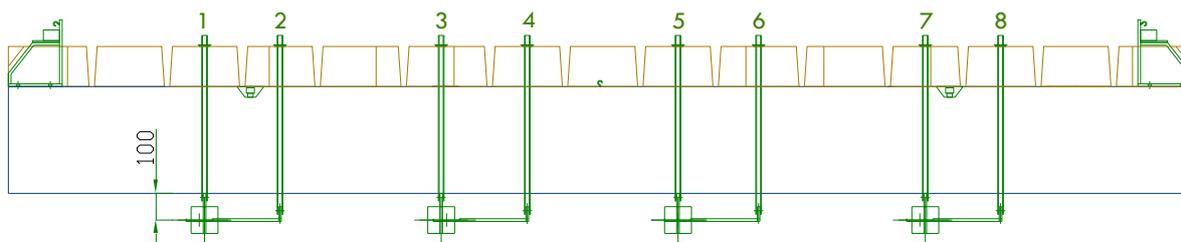
Béton cellulaire (450 kg/m³)

Poteau en béton

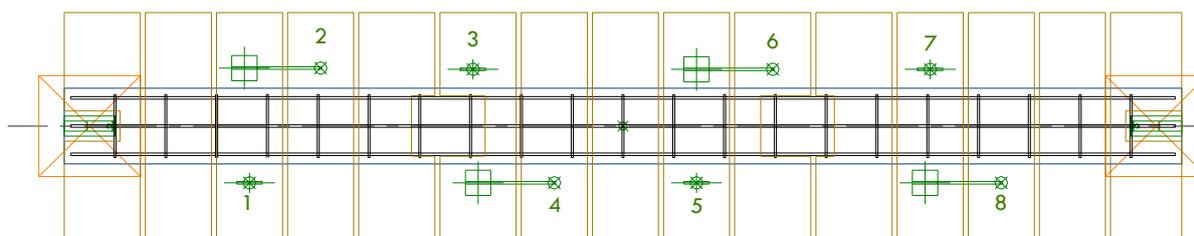
Pyromètres à plaque

Inclinomètres et déplacements

Ferrailage de la poutre

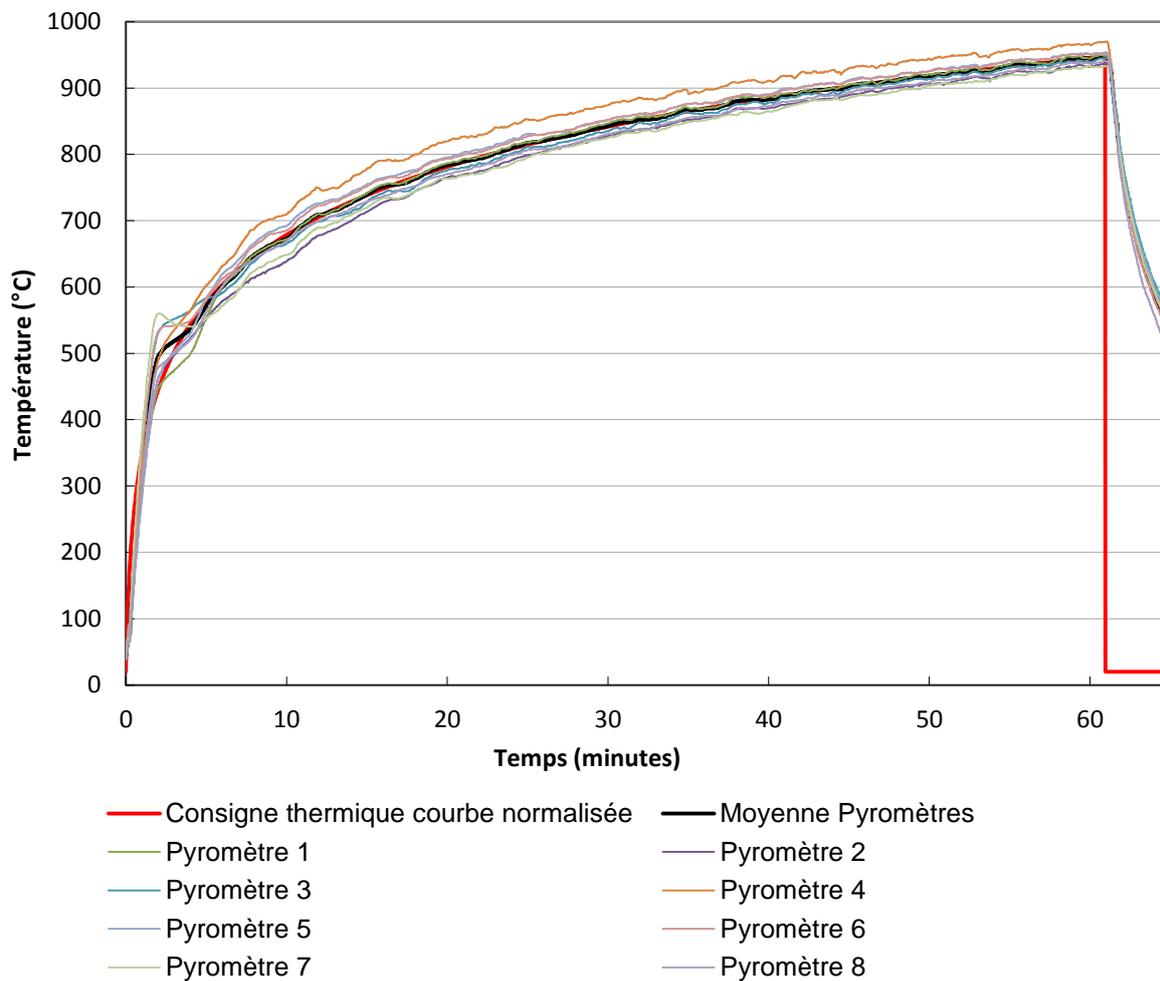


Vue de côté de la poutre

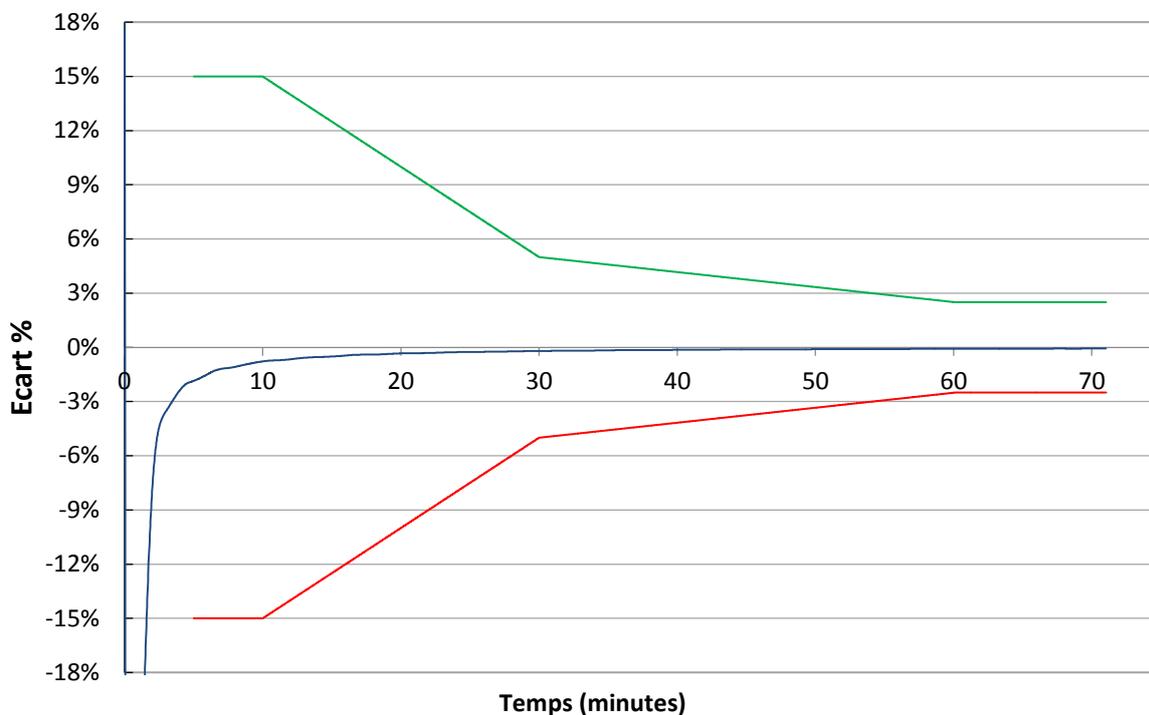


Vue de dessus de la poutre

ANNEXE 7 – COURBES DE LA CONDUITE THERMIQUE DU FOUR

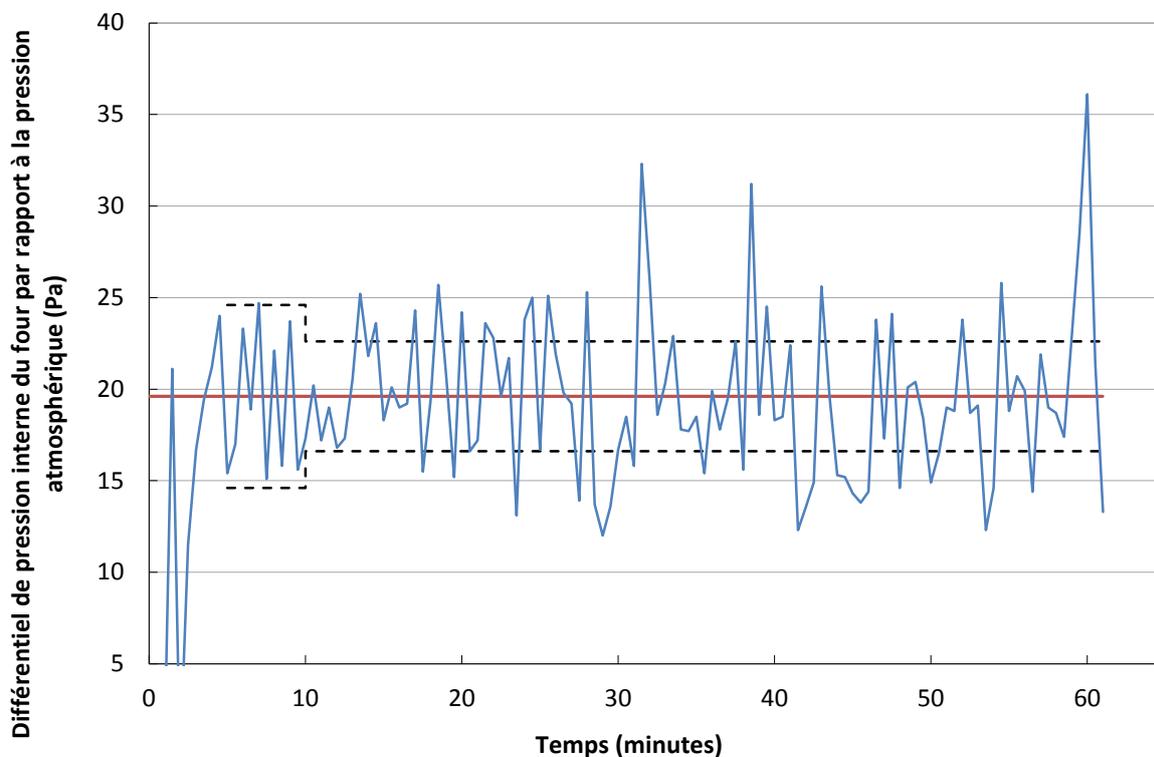


ANNEXE 8 – COURBE DE L'ECART DE LA CONDUITE THERMIQUE DU FOUR AVEC LA COURBE NORMALISEE



- Ecart minimum toléré
- Ecart minimum toléré
- Ecart entre l'aire sous la courbe de température moyenne enregistrée par les pyromètres et celle de la courbe normalisée

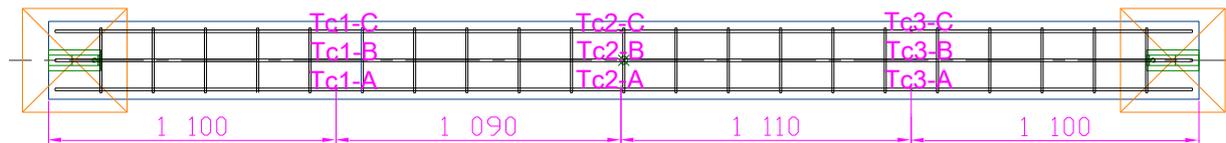
ANNEXE 9 – DIFFERENTIEL DE PRESSION INTERNE DU FOUR PAR RAPPORT A LA PRESSION ATMOSPHERIQUE



- Tolérance pression (maximum et minimum)
- Consigne Pression
- Différentiel de pression

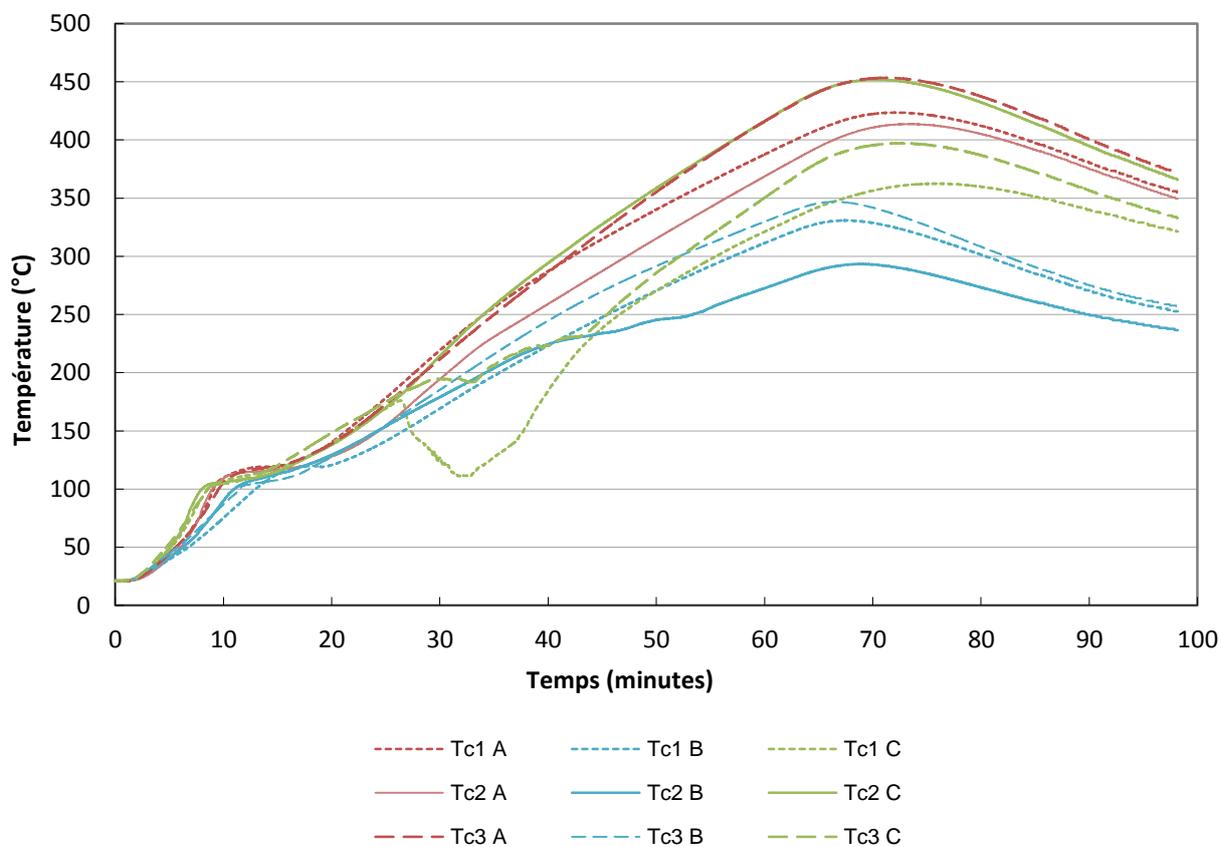
ANNEXE 10 – POSITIONNEMENT DES PRISES DE TEMPERATURE SUR LES ARMATURES

Poutre
Poteau en béton
Inclinomètres et déplacements
Ferrailage de la poutre
Thermocouples



Vue de dessus de la poutre

ANNEXE 11 – COURBE DES RELEVES DE TEMPERATURE MESUREE SUR LES ARMATURES



ANNEXE 12 – NOTE DE CALCUL DE LA CHARGE

3.3 Chargements et conditions d'exploitation

- Poids propre des éléments
- Charges permanentes (G) : 1.00kN/m²
- Charges d'exploitations (Q) : 1.50kN/m²
- Combinaison fondamentale ELU : 1.35G + 1.5Q
- Combinaison accidentelle à chaud : G + 0.5Q

- Classe structurale : S4
- Classe d'exposition : XCO
- Enrobage armatures : Voir §3.7

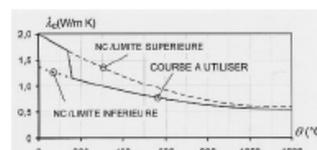
3.4 Matériaux

3.4.1 Propriétés mécaniques

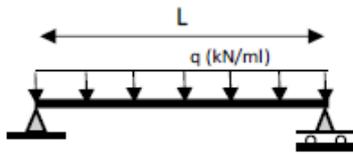
- Béton : C35/45 – $f_{c28}=35\text{Mpa}$
- Acier : Fe500 - $f_{yk}=500\text{Mpa}$ – ductilité :B

3.4.2 Caractéristiques à chaud

- Acier :
 - Facteur de convection face exposée : 25W/m²K
 - Facteur de convection face non exposée : 4W/m²K
 - Coefficient d'émissivité résultante : 0.7
- Béton :
 - Granulats : Siliceux
 - Masse volumique du béton : 2300kg/m³
 - Taux d'humidité du béton (3%) : 34.5l/m³
 - Facteur de convection face exposée : 25W/m²K
 - Facteur de convection face non exposée : 4W/m²K
 - Coefficient d'émissivité résultante : 0.7
 - Conductivité thermique, utilisation de la courbe ci-contre :

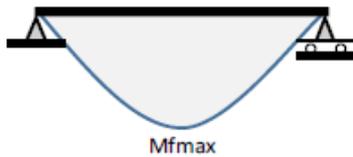


4.1 Recherche des sollicitations



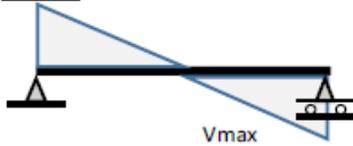
Portée = 4.20 m Travée = 4.00 m
Poutre BA:
 Largeur = 0.30 m Hauteur = 0.40 m
Chargement:
 G = 6.00 kN/m² Q = 1.50 kN/m²
 ELU = 45.45 kN/ml (1,35G + 1,5Q)
 ELA = 30.00 kN/ml (G + 0,5Q)

Mf max:



$M_{fmax} = q \times L^2 / 8$
Mfmax (ELU) = 100.22 kNm
Mfmax (ELA) = 66.15 kNm

Vmax:



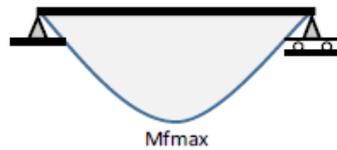
$V_{max} = ql/2$
Vmax (ELU) = 95.45 kN
Vmax (ELA) = 63.00 kN

4.2 Dimensionnement des armatures

portée		4.20 ml G haute	2.40 t/ml
largeur		0.30 ml Q haute	0.60 t/ml
hauteur		0.40 ml G basse	0.00 t/ml
Ct tang.	OK	Q basse	0.00 t/ml
acier inf.		6.3 cm ² p.p calculé auto	
phi cadre		8 mm Aimp.	6.03 cm ²
nbre file		3 flech adm	0.84 cm
st mini		27 cm flech= max	0.52 cm
cadres ?	oui	rep.bét.	oui
repet.st		2 ratio HA	78.1 kgm ³
st maxi		35 cm ""	9.4 kg/ml
6-7-8-9-10-11-13-16-20-25-32-40			
poids.p		0.3 t fc28.....	35 Mpa
Mg		6.0 tm enrobage	0.01 ml
Mq		1.3 tm ft28....	3.5 MPa
Mu		10.0	
nu		0.1 <0.3 alpha	0.14707478
Vu haut		8.6 t Z	0.36705633
Vu bas		0.0 t A=	6.3
Vu total		8.6 t	
tau u		0.7 MPa At=	1.51 cm ²
tau u max		4.7 MPa	
st mini		26.6 cm	

8 ANNEXE N°5 – DETERMINATION DU CHARGEMENT EQUIVALENT D'ESSAI POUR LA POUTRE

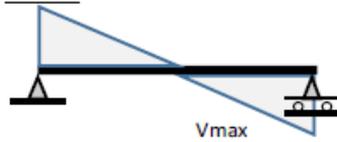
Mf max:



$$M_{fmax} = q \times L^2 / 8$$

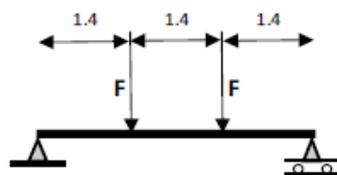
$M_{fmax} (ELU) = 100.22 \text{ kNm}$
 $M_{fmax} (ELA) = 66.15 \text{ kNm}$

Vmax:



$$V_{max} = ql/2$$

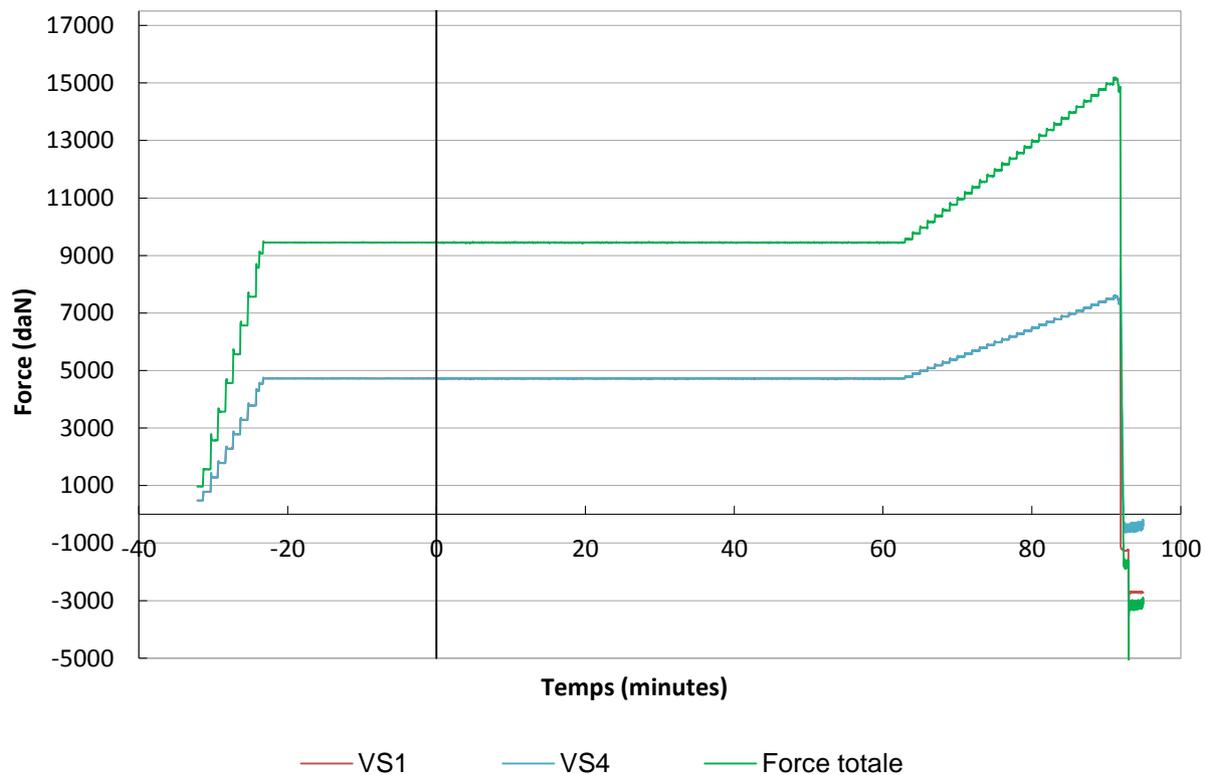
$V_{max} (ELU) = 95.45 \text{ kN}$
 $V_{max} (ELA) = 63.00 \text{ kN}$



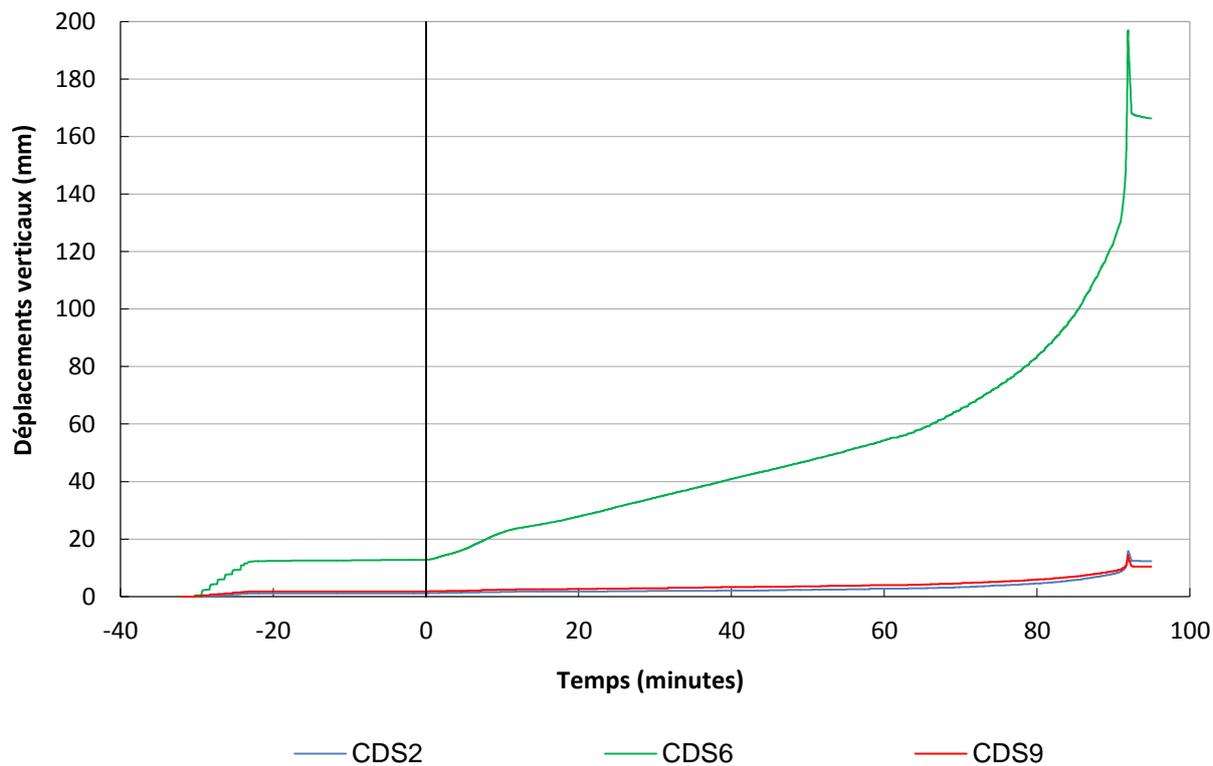
$F_{(ELA)} = 47.25 \text{ kN}$ Equivalence flexion
 $F_{(ELA)} = 63.00 \text{ kN}$ Equivalence tranchant

Pour l'étude en question c'est la flexion qui est prédominante, nous retiendrons 46kN.

ANNEXE 13 – COURBE DE L'EFFORT APPLIQUE SUR LA POUTRE



ANNEXE 14 – COURBE DES RELEVÉS DES DEPLACEMENTS VERTICAUX DE LA POUTRE



Mesure des déplacements verticaux : une valeur positive correspondant à un déplacement vers l'intérieur du four.

ANNEXE 15 – PHOTOS DE LA POUTRE AVANT ESSAI



Face non exposée de la poutre avant essai – partie supérieure de la poutre protégée par du béton cellulaire en partie supérieure



Vues de côté d'une des faces exposées au feu de la poutre

ANNEXE 16 – PHOTOS DE LA POUTRE APRES ESSAI ET REFROIDISSEMENT



Rupture de la poutre



Détail de la rupture de la poutre

ANNEXE 4 – RAPPORT D’ESSAI DE RESISTANCE AU FEU SUR POUTRE 30R/30R

Rapport d'essai n° 2016 CERIB 6341

Essai de RESISTANCE AU FEU d'une poutre porteuse en béton armé de granulats recyclés C35/45 30R/30R

Date de l'essai : 24/06/2016

Demandeur : Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en
Génie Civil (IREX)
9 Rue de Berri
75008 PARIS

Date : 19/09/2016

Sommaire

1	Préambule	4
2	Objet de l'essai	4
3	Textes de référence	4
4	Date de fabrication de l'objet soumis à l'essai	4
5	Caractéristiques et provenance de l'élément d'essai	4
6	Description de l'élément d'essai	5
6.1	Formulation et caractéristiques du béton	5
6.2	Mise en œuvre de l'élément d'essai	6
7	Modalités de l'essai	6
7.1	Sens du feu.....	6
7.2	Action thermique	6
7.3	Configuration d'essai.....	6
8	Mesures effectuées pendant l'essai de résistance au feu.....	7
8.1	Températures du four	7
8.2	Pression dans le four	7
8.3	Températures de l'élément d'essai.....	7
8.4	Charge de l'essai.....	7
8.4.1	Calcul de la charge.....	7
8.4.2	Application de la charge	7
8.5	Déplacements mécaniques	7
9	Observations.....	7
9.1	Avant l'essai	7
9.2	Pendant l'essai	8
9.3	Après essai et refroidissement.....	8
10	Domaine d'application directe des résultats d'essai	9
	Annexe 1 – Fiches techniques des constituants	10
	Annexe 2 – Courbes de stabilisation pondérale d'une éprouvette Ø 16×30 cm	19
	Annexe 3 – Principe de ferrailage de l'élément d'essai.....	20
	Annexe 4 – Photos de la fabrication de la poutre	21

Annexe 5 – Plan de configuration de l’essai	23
Annexe 6 – Plan de positionnement des pyromètres à plaque	25
Annexe 7 – Courbes de la conduite thermique du four.....	26
Annexe 8 – Courbe de l’écart de la conduite thermique du four avec la courbe normalisée.....	27
Annexe 9 – Différentiel de pression interne du four par rapport à la pression atmosphérique	28
Annexe 10 – Positionnement des prises de température sur les armatures	29
Annexe 11 – Courbe des relevés de température pour l’élévation de la température mesurée sur les armatures	30
Annexe 12 – Note de calcul de la charge	31
Annexe 13 – Courbe de l’effort appliqué sur la poutre	34
Annexe 14 – Courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre	35
Annexe 15 – Photos de la poutre avant essai	36
Annexe 16 – Photos de la poutre après essai et refroidissement.....	37

1 PREAMBULE

Le présent rapport d'essai s'inscrit dans une action globale dont l'objectif est d'évaluer le comportement au feu des bétons de granulats recyclés (Projet National RECYBETON, Tranche 4) :

- d'une part vis-à-vis de leur propension à l'écaillage/éclatement et ;
- d'autre part vis-à-vis de leur résistance thermo-mécanique.

Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer si le comportement des bétons de granulats recyclés est similaire à celui des bétons de granulats naturels en vue de leur introduction possible dans l'Eurocode 2-1-2.

2 OBJET DE L'ESSAI

Il s'agit de réaliser un essai de résistance au feu d'une poutre porteuse en béton armé de granulats recyclés soumise à un incendie selon la courbe température – temps normalisée de la norme NF-EN 1363-1 et de quantifier la résistance mécanique de la poutre en phase de refroidissement.

3 TEXTES DE REFERENCE

- Norme NF EN 1363-1 de mars 2013 ;
- Norme NF EN 1365-3 de juin 2000.

4 DATE DE FABRICATION DE L'OBJET SOUMIS A L'ESSAI

04/03/2016

5 CARACTERISTIQUES ET PROVENANCE DE L'ELEMENT D'ESSAI

Nature du corps d'épreuve	Dimensions du corps d'épreuve	Composition	Lieu de fabrication
Poutre en béton armé C35/45 30R/30R	4,4 m × 0,3 m × 0,4 m	30 % de sable recyclé et 30 % de gravillons recyclés	CERIB

6 DESCRIPTION DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI

6.1 Formulation et caractéristiques du béton

COMPOSITION DU BETON (pour 1 m³)	
Gravillon recyclé 4/10	141 kg
Gravillon GIVET 6,3/20	538 kg
Gravillon GIVET 4/10	167 kg
Sable recyclé 0/4	213 kg
Sable Sandrancourt 0/4	488 kg
Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort	319 kg
Filler calcaire Betocarb HP-OG	44 kg
Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140	3,5 kg
Eau	221 kg
Voir les fiches techniques des constituants en annexe 1 Les fiches techniques des gravillons recyclés 4/10 et du sable recyclé 0/4 ne sont pas fournies.	
CARACTERISTIQUES MESUREES SUR LE BETON FRAIS	
Classe de consistance	S4
Air occlus	2,3 %
Masse volumique	2 303 kg/m ³
Teneur en eau	10,7 %
CLASSE D'EXPOSITION	
XCO	
CLASSE DE RESISTANCE DU BETON C35/45¹	
Age du béton (jours)	Résistance à la compression (MPa)
7	29
28	32
90	34
STABILISATION PONDERALE DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI²	
Obtenue au bout de 6 jours Voir les courbe de stabilisation pondérale et de perte de masse journalière en annexe 2	
TENEUR MASSIQUE EN EAU DU BETON AU JOUR DE L'ESSAI³	
5,0 %	

¹ Pour chaque échéance de caractérisation de la résistance mécanique du béton, 3 éprouvettes cylindriques Ø11x22, préalablement surfacées mécaniquement à l'aide d'une gréseuse, sont comprimées.

² Une éprouvette Ø16 × 30 cm, représentative de la poutre objet du présent rapport d'essai est confectionnée au jour de fabrication de la poutre. Une protection aluminium disposée sur toute la périphérie de l'éprouvette permet un séchage unidirectionnel représentatif du séchage de l'élément d'essai. L'éprouvette est conservée à proximité de la poutre dans une salle climatisée dont les consignes en température et en hygrométrie sont respectivement fixées à 23 °C et à 50 %. L'évolution de la masse est contrôlée au moyen de pesées régulières.

³ Trois morceaux de béton sont prélevés dans l'éprouvette utilisée pour l'évaluation de la stabilité pondérale de la poutre. Ils sont placés en étuve à 105 °C puis, retirés de l'étuve lorsque l'évolution de la masse est inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives espacées de 24 heures.

6.2 Mise en œuvre de l'élément d'essai

FABRICATION DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI		
Étape de mise en œuvre	Composant	Description
Coffrage	Contreplaqué filmé épaisseur 21 mm	-
Mise en place des moyens de levage	Ancre à œil 2,5T	2 ancras positionnées à mi-largeur de la poutre, à 1,1 m de chaque extrémité
Mise en place du ferrailage	Barres longitudinales HA16 et HA10 Cadres HA8 et épingles HA8	Voir le principe de ferrailage en annexe 3
Coulage du béton le 23/02/2016	Béton C35/45 30R 30R	Mise en place du béton au cours de 2 gâchées consécutives : <ul style="list-style-type: none"> - tiré et mis en place à l'aiguille vibrante ; - lissé à l'aide d'une règle de maçon. Voir les photos de la fabrication de la poutre en annexe 4
Protection	Film plastique (polyane)	Protection de la poutre par un film plastique après coulage
STOCKAGE DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI		
Conservation de l'élément d'essai dans une salle climatisée dont les consignes sont respectivement fixées à 23°C et 50% HR jusqu'au jour de l'essai		

7 MODALITES DE L'ESSAI

7.1 Sens du feu

La poutre est exposée au feu sur trois faces :

- ses deux faces latérales et ;
- sa face inférieure.

7.2 Action thermique

L'action thermique suivie est celle de la courbe d'échauffement température – temps normalisée de la norme NF EN 1363-1 décrite par la fonction :

$$T = 20 + 345 \log_{10} (8t + 1)$$

Avec T : la température en °C
t : temps en minute.

Le pilotage thermique du four est réalisé au moyen de pyromètres à plaque.
L'action thermique est suivie durant 60 minutes.

7.3 Configuration d'essai

Dans le sens transversal, la poutre est en appui sur un support articulé d'un côté et sur un support articulé à rouleaux de l'autre côté. Ils ont été mis en place sur des poteaux en béton et protégés du feu avec de la fibre minérale de densité 96 kg/m³. Des pyromètres à plaque sont fixés sur des barres d'acier, suspendus au travers du béton cellulaire. Quatre pyromètres droits, et quatre pyromètres coudés leur faisant face, sont répartis uniformément sur la longueur de la poutre.

Voir les plans de configuration d'essai en annexe 5.

8 MESURES EFFECTUEES PENDANT L'ESSAI DE RESISTANCE AU FEU

8.1 Températures du four

Les températures du four sont mesurées à l'aide de 8 pyromètres à plaque placés à 100 mm \pm 50 mm des faces latérales et de la face inférieure de la poutre conformément à la norme NF EN 1365-3. Les 8 points de température sont enregistrés pendant toute la durée de l'essai.

Voir le plan de positionnement des pyromètres à plaque en annexe 6.

Voir la courbe de la conduite thermique du four en annexe 7 et la courbe de l'écart de la conduite thermique du four avec la courbe normalisée en annexe 8.

8.2 Pression dans le four

L'élément d'essai est soumis à une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du four de 20 Pa à 100 mm en-dessous de la face exposée. Le capteur de pression étant situé à 150 mm sous la face, le différentiel de pression est réglé à 19,6 Pa.

Voir la courbe du différentiel de pression interne du four par rapport à la pression atmosphérique en annexe 9.

8.3 Températures de l'élément d'essai

Les températures sont mesurées et enregistrées pendant toute la durée de l'essai à l'aide de 9 thermocouples à pastille de type K placés sur les barres d'armature de l'élément d'essai.

Voir le positionnement des prises de température sur les armatures en annexe 10.

Voir la courbe des relevés de température en annexe 11.

8.4 Charge de l'essai

8.4.1 Calcul de la charge

La charge est appliquée pour atteindre un moment de flexion à mi-portée égal à 66,75 kN.m.

Voir la note de calcul de la charge en annexe 12.

8.4.2 Application de la charge

La charge totale retenue est de 9 450 daN. Elle est appliquée à l'aide de 2 vérins hydrauliques. Les 2 points d'application de la charge sont placés à 1 412,5 mm des appuis de la poutre. La charge totale est appliquée 28 minutes avant le départ du cycle thermique et maintenue constante à 9 450 daN pendant la durée de l'action thermique (i.e. 60 minutes), puis est augmentée à raison de 200 daN/minutes jusqu'à la rupture de la poutre. L'intensité de la charge est enregistrée pendant toute la durée de l'essai.

Voir la courbe de l'effort appliqué sur le mur en annexe 13.

8.5 Déplacements mécaniques

La mesure des déplacements verticaux depuis la face non exposée de la poutre est effectuée à l'aide de capteurs de déplacement à câble positionnés à mi-portée de la poutre (capteur CDS6) et à 215 mm des extrémités de la poutre (CDS2 et CDS9).

Voir la courbe des relevés des déplacements verticaux de la poutre en annexe 14.

9 OBSERVATIONS

9.1 Avant l'essai

Au début de l'essai, les températures sont les suivantes :

- Température dans le hall : 20 ° C.
- Température dans le four : 21 ° C.

9.2 Pendant l'essai

Une caméra avec un système endoscopique est placée au travers d'une des parois du four afin d'observer le comportement au feu de la poutre sur deux des trois faces exposées.

Temps en minute	Sur la face non exposée	Sur les faces exposées
-28	Chargement mécanique à 9 450 daN	
0	Départ thermique de l'essai	
8		Apparition de coulures noires réparties sur toute la longueur de la poutre
15		Ecaillage localisé en repères 1 et 2 sur une face latérale de la poutre
18		Fin des coulures noires réparties sur toute la longueur de la poutre
23		Ecaillage localisé en repère 3 sur une face latérale de la poutre
ND		Ecaillage localisé en repère 4 sur une face latérale de la poutre à un temps non défini car dans une zone non filmée par la caméra
61	Arrêt des brûleurs et augmentation de la charge mécanique jusqu'à rupture	
98	Rupture de la poutre à 16,6 T Arrêt de l'essai	

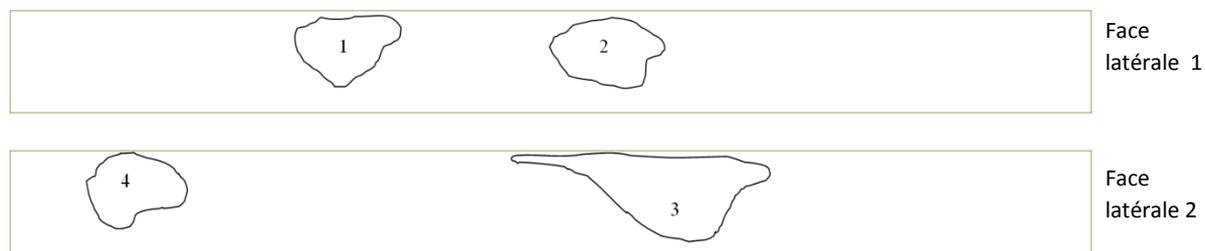


Figure 1 : Localisation des désordres relevés sur les faces latérales de la poutre au cours de l'essai.

9.3 Après essai et refroidissement

Aucune évolution de la poutre n'est observée après refroidissement.

Voir les photos de la poutre avant essai en annexe 15 et les photos après essai et refroidissement en annexe 16.

10 DOMAINE D'APPLICATION DIRECTE DES RESULTATS D'ESSAI

Les résultats sont applicables à des poutres identiques ayant des moments et des efforts tranchant maximaux qui, en les ayant calculés sur la même base que le chargement d'essai, ne sont pas supérieurs à ceux de l'élément d'essai. Cette disposition n'est applicable que sous réserve qu'aucune modification n'ait été apportée à une protection incendie appliquée éventuellement. Cette disposition n'est pas applicable aux poutres en béton précontraint.

AVERTISSEMENT

« Ce rapport d'essai atteste uniquement des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas une certification de produits au sens de l'article L115-27 du code de la consommation et de la loi du 4 août 2008 ».

« Le présent rapport donne des détails sur la méthode de construction, les conditions d'essai et les résultats obtenus lorsque l'élément de construction spécifique décrit ici a été soumis aux essais suivant le mode opératoire indiqué dans EN 1363-1 et, éventuellement, dans EN 1363-2. En ce qui concerne les dimensions, les détails de construction, les chargements, les contraintes et les conditions aux limites ou d'extrémité, tout écart important, autre que ceux autorisés dans le cadre du domaine d'application directe de la méthode d'essai appropriée, n'est pas couvert par le présent rapport ».

« Du fait de la nature des essais de résistance au feu et de la difficulté en résultant à quantifier l'incertitude de mesurage de la résistance au feu, il n'est pas possible de fixer un degré de précision des résultats ».



Fabienne ROBERT
Responsable Adjointe du
Centre d'Essais au Feu



Clémence DAVAL
Responsable d'Essais au
Centre d'Essais au Feu

ANNEXE 1 – FICHES TECHNIQUES DES CONSTITUANTS



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Fiche Technique Produit		Mise à jour du : 03/01/2012	FTP Q2L442 A10 112
Unité de production	Classe granulatoire	Elaboration	
Givert CE	6.3 / 20 Cal CL - NF	Concassé Lavé	
Norme	Article	Cada	
NF P 18545	10 : Bétons hydrauliques	A sauf Soufre en B	
Nature pétrographique			
Calcaire			

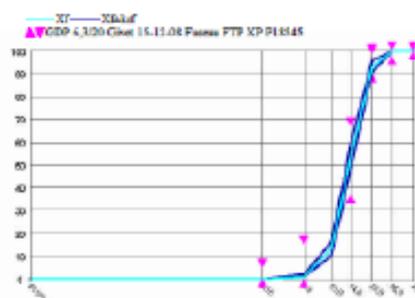
PARTIE NORMATIVE

Nom	Symbole	V ₅₀	V ₂₅	u	V ₅₀ - u	V ₂₅ + u	La	Ls	e	e / 3,3
2D	40 mm	100	100							
1,4D	28 mm	98	100	1	97	100				
D	20 mm	90	99	5	85	100				
D/1,4	14 mm	37	67	6	31	73	15	70	30	9,09
d	6,3 mm	0	15	5	0	20				
d/2	3,15 mm	0	5	1	0	6				
0,063	0,063 mm	0	1,5	0,3						
FI	FI		20	4		24				
LA	LA		30	3		33				
Ab	Ab		2,5	0,3		2,8				
Impuretés prohibées	IP		0,1							
Teneur en soufre tot	S%		1	0,1		1,1				
Boulettes d'argile	Arg		1							
MBf	MBf		10	2		12				
Teneur en fines	F		1,5	0,3		1,8				

PARTIE INFORMATIVE (k=1,25)

Du 07/07/2011 au 14/12/2011

Nom	Symbole	Maxi	Xf + ksf	Xf	sf	Xf - ksf	Mini	Nb val
40	40.0	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	24
28.0	28.0	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	24
20.0	20.0	98.00	98.40	99.90	2.00	91.40	88.80	24
14.0	14.0	65.10	66.20	54.60	4.40	46.10	46.60	24
6.3	6.3	3.30	2.40	1.90	0.50	1.30	1.10	24
3.15		0.90	0.60	0.40	0.10	0.30	0.20	24
63 µm	0.063	0.80	0.40	0.30	0.10	0.20	0.10	24
Aplatissement	FI	14.0		10.7			7.8	5
Teneur en eau	w	2.5	1.7	1.0	0.5	0.4	0.2	24
Teneur en fines	f	0.61	0.41	0.29	0.09	0.17	0.14	24



Date	Nom de l'essai	Norme essai	Symbole	Valeur
25/01/11	Abs d'eau (%)	NF EN 1097-6 articles 7	WA24	0,57
05/04/11	Alcalinité solubles (%)	LPC n°37	Nb2O éq	0,0012
21/11/11	Aplatissement (%)	NF EN 933-3	FI	10,9
04/10/11	Boulettes d'Argile (%)	XP P 18-545 10-1-6	BA	0,01
04/04/11	Chlorure-sou (pot) (%)	NF EN 1744-1 art 8	C	0,0240
04/10/11	Impuretés prohibées (%)	XP P 18545 3-4.2	Imp	0,01
05/10/11	LA+MDE (%)	P18 545 8.1	%	40
05/10/11	Los Angeles (°)	NF EN 1097-2 article 5	LA	21
04/04/11	Matière inorgan	NF EN 1744-1 art 15.1	Couleur	0,024
05/10/11	Micron-Céram (°)	NF EN 1097-1	MDE	19
25/01/11	MV absolue 0/63 - µ a (0/0)	NF EN 1097-6 articles 7	MVA (Absol)	2,74
31/03/11	MV réelle - µ rd (µm3)	NF EN 1097-6 articles 7	µrd	0,09
25/01/11	MV réelle saturé 0/63 - µ ss	NF EN 1097-6 articles 8	MVS	2,71
04/04/11	Qualification Alcali	FD P18-542	MR	
04/04/11	Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	S	0,360

	Editée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 06600 - Givert	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	---	--



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

**Annexe des caractéristiques de la
Fiche Technique Produit**

 Mise à jour du : 03/01/2012
 FTP Q2L442 A10 112

Unité de production	Classe granulatoire	Elaboration
Givet CE	6,3 / 20 Cal CL - NF	Concassé Lavé
Norme	Article	Coda
NF P 18545	10 : Bétons hydrauliques	A sauf Soufre en B

COMPTAGE PETROGRAPHIQUE					Date pétrographie 11/03/2010	
SIR	QUARTZ	CALCAIRE	GRANITOIDE	GRES	AUTRE	
1	0	98,5	1	0	0,5	

CHIMIE										Date chimie 04/04/2011	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Perte au f
6,98	1,77	0,88	46,57	3,47		0,07	0,47	0,10	0,03	< L.D.	39,39

Détail: Analyse granulométrique							Du 07/07/2011 au 14/12/2011				
	63 µm	3,15	6,3	10,0	14,0	20,0	28,0	40			
Maximum	0,50	0,90	3,30	21,70	85,10	98,00	100,00	100,00			
Xf + k sf	0,40	0,60	2,40	14,30	60,20	96,40	100,00	100,00			
sf	0,10	0,10	0,50	2,40	4,40	2,00	0,00	0,00			
Xf	0,30	0,40	1,90	13,30	54,60	93,90	100,00	100,00			
Xf - k sf	0,20	0,30	1,30	10,20	49,10	91,40	100,00	100,00			
Minimum	0,10	0,20	1,10	10,50	45,60	88,80	100,00	100,00			

Observations
 Organisme certificateur : AFNOR Certification
 11 rue Francis Pressensé
 F-93571 La Plaine Saint Denis Cedex

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 08800 - Givet	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--

Gravillon GIVET 6,3/20



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Fiche Technique Produit		Mise à jour du : 03/01/2012	FTP Q2L270 A10 112
Unité de production	Classe granulière	Elaboration	
Givet CE	4 / 10 Cal CL - NF -	Concassé Lavé	
Norme	Article	Code	
P 18-545	10 : Bétons Hydrauliques	A sauf Soufre et Aplatissement en B	
Nature pétrographique			
Calcaire			

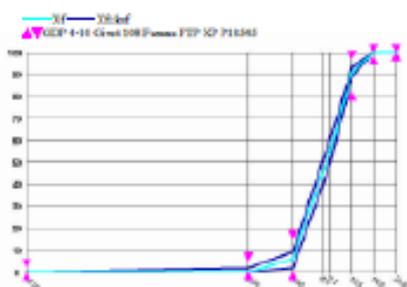
PARTIE NORMATIVE

Norm	Symbole	V _{si}	V _{si}	n	V _{si} - n	V _{si} + n	L _i	L _e	e	e / 3,3
2D	20 mm	100	100							
1.4D	14 mm	98	100	1	97	100				
D	10 mm	84	99	5	77	100	80	99	15	
d	4 mm	0	13	3	0	20	0	20	13	
d/2	2 mm	0	3	1	0	6				
Fines	0.063 mm		1.3	0.3		1.3				
Aplatissement	A		31	4		39				
Absorption	Ab		2.3	0.3		3				
Los Angeles	LA		36	3		33				
Gel	F		2							
Soufre	S		1	0.1		1.1				
Sulfates	AS		0.2	0.15		0.35				

PARTIE INFORMATIVE (k=1.25)

Du 07/07/2011 au 14/12/2011

Norm	Symbole	Maxi	MI - Inf	MI	MI	MI - Inf	Maxi	Mo val
20.0	2D	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19
14.0	1.4D	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19
10.0	D	94.40	91.30	91.30	1.70	89.20	88.00	19
4.00	d	13.00	9.30	6.00	2.60	3.30	3.40	19
2.00	d/2	4.80	2.10	0.80	1.00	0.90	0.30	19
0.075 mm	0.063	0.70	0.60	0.40	0.10	0.20	0.10	19
Aplatissement	FI	18.3		16.1			13.3	7
Teneur en eau	w	3.6	3.2	1.9	1.0	0.6	0.4	19
Teneur en fines	f	0.72	0.56	0.37	0.15	0.18	0.10	19



Date	Nom de l'essai	Norme essai	Symbole	Valeur
24/01/11	Abs. d'eau (%)	NF EN 1097-6 articles 7	WA24	0.62
04/04/11	Alcalins solubles (%)	LPC n°37	Na2O eq	0,012
14/12/11	Aplatissement (%)	NF EN 933-3	FI	16,7
28/09/11	Boulons d'Argile (%)	SDP P 18-545 10-1-6	BA	0,01
04/04/11	Chlorures+eau (pot) (%)	NF EN 1744-1 art 8	C	0,0240
28/09/11	Impuretés prohibées (%)	XP P 18545 3-42	ImpF	0,01
03/10/11	LA+MDE (%)	PI 6 3+3 8 1	%	40
03/10/11	Los Angeles (.)	NF EN 1097-2 article 3	LA	21
03/10/11	Micro-Dewal (.)	NF EN 1097-1	MDE	19
24/01/11	MV absolue 0/03 - μ a (1/m)	NF EN 1097-6 articles 7	MVA (Alcool)	2,74
24/01/11	MV réelle - μ rd (1/m)	NF EN 1097-6 articles 7	prd	2,69
14/01/11	MV réelle sans 0/05 - μ rs	NF EN 1097-6 articles 8	MVrs	2,71
04/04/11	Qualification Alkali	FD P18-545	NR	
04/04/11	Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	S	0.360
04/04/11	Sulfates dans acide (%)	NF EN 1744-1 article 12	AS	0.013

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 09800 - Givet	Tél : 03.24.42.85.48 Fax : 03.24.42.85.60
---	--	--



Granulats Nord Est / Champagne Ardennes

Annexe des caractéristiques de la
Fiche Technique ProduitMise à jour du : 03/01/2012
FTP Q2L270 A10 112

Usine de production	Classe granulats	Elaboration
Givet CE	4 / 10 Cal CL - NF -	Concassé Lavé
Noms	Article	Code
P 18-545	10 : Bétons Hydrauliques	A sauf Soufre et Aplatissement en B

COMPTAGE PETROGRAPHIQUE	Date pétrographie 18/01/2010
-------------------------	------------------------------

CHIMIE											Date chimie 11/03/2010
SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Na2O	K2O	TiO2	MnO	P2O5	Perte au f
6.98	1.17	0.58	48.37	5.47		0.07	0.47	0.10	0.03	<L.D.	39.59

Détail: Analyse granulométrique						Du 07/07/2011 au 14/12/2011				
	63 µm	2.00	4.00	6.3	7.1	19.0	14.0	20.0		
Maximum	0.70	4.80	13.80	32.20	61.20	94.40	100.00	100.00		
ICI - k of	0.60	2.10	9.30	20.40	60.40	93.30	100.00	100.00		
IF	0.10	1.00	3.80	4.70	4.70	1.70	9.80	0.00		
VE	0.40	0.80	6.00	45.10	54.70	91.30	100.00	100.00		
VI - k of	0.20	0.00	3.80	39.80	49.00	89.20	100.00	100.00		
Minimum	0.10	0.30	3.40	37.60	46.70	88.00	100.00	100.00		

Observations

Organisme de certification : AFNOR Certification
11 avenue de Francis de Pressensé
93571 Saint Denis La Plaine
Cedex

	Éditée par : Granulats Nord Est / Champagne Ardennes - Aux trois Fontaines - 08600 - Givet	Tél : 03.24.42.85.46 Fax : 03.24.42.85.50
---	--	--

Gravillon GIVET 4/10



Lafarge France - Sandrancourt

Les Marettes. Sandrancourt
78520 St Martin la Garenne
Tel:01 34 97 02 70 Fax:01 34 97 02 79

Fiche Technique de Produit

Engagement du 01/01/2016 au 30/06/2016

Page 1/1, Imprimé le lundi 4 janvier 2016

Granulats : 0/4 SC L NF
Pétrographie : Alluvionnaire
Elaboration : Semi-Concassé Lavé

Service Qualité Produits LG Seine Aval : 02 32 54 70 85

Organisme certificateur : AFNOR Certification, 11 avenue Francis de Préssencé 93571 La Plaine St Denis

Partie contractuelle

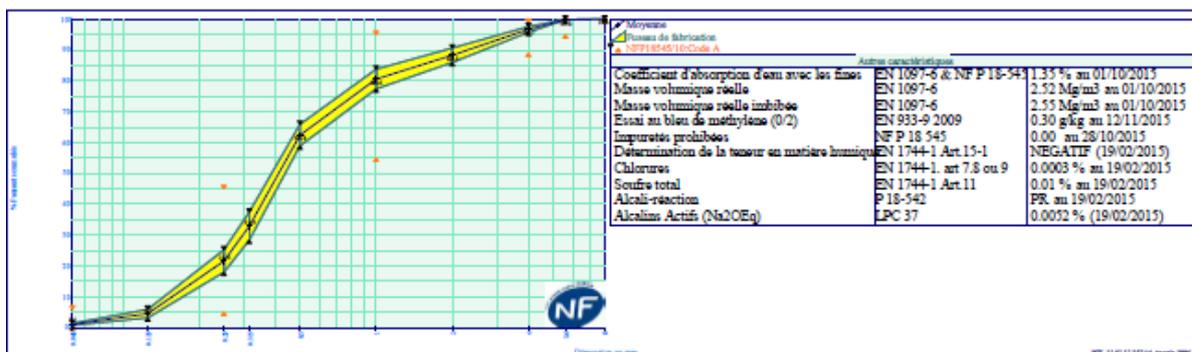
Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage

Classe granulaire	Norme										Code		
	0	4	Norme NF P 18-545 Article 10										Code A
	0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10	
Etendue e	6		40			40		10			0.8		
Incertitude U	1		2		0	3	0	2	1		0.15	6	
V.S.S.+U	7.0		47			98		100	100		2.95		
V.S.S.	6.0		45			95		99	100		2.80		
V.S.I.			5			55		89	95	100	2.20	65.0	
V.S.I.-U			3			52		87	94		2.05	59.0	
Ecart-type max	1.82		12.12			12.12		3.03			0.18		

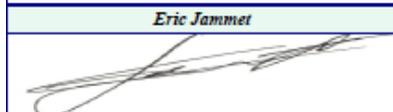
Partie informative

Résultats de production

	du 01/07/15 au 18/12/15											
	0.063	0.125	0.25	0.315	0.5	1	2	4	5.6	8	FM	SE10
Maximum	2.2	7	29	44	69	86	95	99	100	100	2.75	86.0
X(+1.25)/cart-types	1.4	6	25	37	66	84	91	98	100	100	2.57	83.8
Moyenne Xf	1.1	5	22	33	62	81	88	97	100	100	2.46	81.8
X(-1.25)/cart-types	0.7	3	18	28	59	77	86	96	100	100	2.35	79.7
Minimum	0.1	2	13	23	54	73	83	94	100	100	2.21	78.0
Ecart-type	0.25	1.1	2.9	3.6	2.8	2.5	1.9	0.7	0.1	0.0	0.090	1.60
Nombre de résultats	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	83



Eric Jammet



Sable 0/4 Sandrancourt



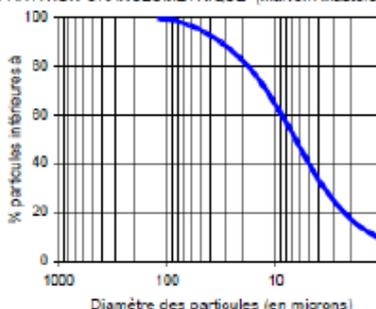
Fiche technique

Betocarb® HP - OG

SITE:	ORGON, France (certifié ISO 9001)		
DESCRIPTION DU PRODUIT:	Addition calcaire sélectionnée pour bétons hydrauliques et filler pour bétons hydrauliques hautes performances (EN 12820). Produit particulièrement adapté aux bétons de parement et architectoniques (essai LQ_007). Ce produit est de catégorie A selon la norme NF P 18-508.		
COMPOSITION TYPE DE LA ROCHE:	CaCO ₃	98.8	%
	Carbonates totaux	99.1	%
	Chlorures	0.001	%
	Sulfates	0.001	%
	Soufre total	0.005	%
	Matières organiques	0.01	%
	Essai au bieu de méthylène	0.3	g/kg
	Alcalins équivalents	0.005	%
	Silice totale	0.1	%
	Réactivité aux alcalins	NR	
CARACTERISTIQUES TYPES DU PRODUIT:	Granulométrie:		
	- Particules < 2 mm	100	%
	- Particules < 0.125 mm	100	%
	- Particules < 0.003 mm	97	%
	- Surface spécifique Blaine	482	m ² /kg
	Blancheur CIE L*	95	
	Indice d'activité à 28 jours	0.79	
	Taux d'humidité départ usine	0.2	%
CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT:	Densité	2.7	g/ml
	Densité apparente tassée	1.5	g/ml

APPLICATIONS PRINCIPALES:
 Béton auto-plaçant
 Béton prêt à l'emploi
 Éléments préfabriqués architectoniques
 Applications spéciales
 - Béton projeté

REPARTITION GRANULOMETRIQUE (Malvern Mastersizer 2000):



CONDITIONNEMENT STANDARD:
 - VRAC
 - SAC (papier) de 25 kg sur palette

Les informations contenues dans cette fiche technique ne concernent que le matériel spécifique mentionné et ne concernent pas l'utilisation conjointement avec tout autre matériel ou dans tout procédé. Les informations fournies dans le présent document se basent sur des données techniques qui, à la connaissance de Omya, sont fiables, toutefois Omya ne fournit aucune garantie de complétude ou d'exhaustivité de ces informations, et Omya n'assume aucune responsabilité résultant de leur utilisation ou vice-versa de toutes réclamations, pertes ou dommages subis par une tierce partie. Toute personne recevant ces informations doit exercer son jugement propre en ce qui concerne leur utilisation appropriée et il incombe à l'utilisateur d'évaluer si le matériel convient (y compris en matière de sécurité) pour un usage particulier avant d'en faire usage.

édition : 29.03.2012
 Product information :
 504.03.01_FR_2008-PROG
 03220_HP
 version : 0

Filler calcaire Betocarb HP-OG

FICHE TECHNIQUE
Fabriqué à ROCHEFORT

Mise à jour du 27/02/2012

Ciment Portland au calcaire

NF EN 197-1 A1	CEM II/A-L 42,5 N	01/06/2001
	N° de certificat : 0393-CPD-4904	
CE+NF	CEM II/A-L 42,5 N CE CP2 NF	27/04/1907
NF P15-318	Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint	CP2

Disponibilités : Vrac

COMPOSITION DÉCLARÉE (en %)

Constituant		Régulateur de prise	
Clinker (K)	67	Gypse	3,4
Laitier de haut-fourneau (S)	-	Anhydrite	-
Schiste calciné (T)	-	Autre sulfate de calcium	-
Sulfate de calcium (Cs)	-		
Pozzolanes naturelles (P)	-		
Cendres volantes siliceuses (V)	-	Agent de mouture	HEA 252 0,04
Cendres volantes calciques (W)	-	Sulfate ferreux	0,25
Calcaires (L ou LL)	11		
Constituants secondaires	2		

RESISTANCES A LA COMPRESSION (en MPa)

1 jour _ 2 jours **29** 7 jours _ 28 jours ... **53**

CARACTÉRISATION PHYSIQUE

Sur poudre		Sur pâte pure		Sur mortier	
Masse volumique (en g/cm ³)	3,09	Besoin en eau (en %)	27,9	Chal. hydr. 41h (en J/g)	_
Surface massique (en cm ² /g)	3700	Stabilité (en mm)	1,1		
Indice de clarté	59,6	Début de prise (en min)	150		

CARACTÉRISATION CHIMIQUE

PAF	INS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	S	Cl	CO ₂	CaO _{eq}	Na ₂ O eq acif
5,1	1,0	18,7	4,9	3,7	62,0	1,3	2,7	0,68	0,17	0,05	0,64	4,7	1,5	0,59

Composition potentielle du clinker : C3A **7,9** C3S **61** C4AF **12**



La reproduction partielle ou intégrale de ce document est interdite sans accord préalable de notre part. Les résultats faisant l'objet du présent document sont basés sur des valeurs moyennes et sont donnés à titre purement indicatif. Étant susceptibles de varier dans les limites autorisées par les normes correspondantes, ils ne sauraient engager la responsabilité de Holcim France ou Holcim Belgique.

Ciment CEM II/A-L 42,5 N Rochefort


 Conforme
 NF-EN 934.1/2

MC-PowerFlow 3140

Superplastifiant / haut réducteur d'eau

Propriétés du produit

- Exempt de composants favorisant la corrosion
- Faible dosage
- Economie d'eau supérieure à la moyenne
- Résistances initiales élevées
- Temps de prise nettement réduits

Domaines d'application

- Béton prêt à l'emploi
- Béton autoplaçant (BAP)
- Béton à haute résistance
- Eléments préfabriqués
- Béton à haute compacité

Indications de mise en œuvre

MC-PowerFlow 3140 est un superplastifiant synthétique à base d'éther polycarboxylate (PCE). Il convient particulièrement pour la fabrication de bétons à faible teneur en eau et de bétons haute performance.

Son mécanisme d'action repose sur la répulsion stérique des particules de ciment. Ce mécanisme permet de fabriquer des bétons à teneur en eau extrêmement faible dont leurs propriétés de mise en œuvre dépassent celles des bétons fluides disponibles jusque-là. Ces résultats sont souvent obtenus même avec des dosages économiques.

MC-PowerFlow 3140 favorise le développement de la résistance initiale et convient donc particulièrement pour une utilisation dans les usines d'éléments préfabriqués et pour la fabrication de béton armé.

Les pertes de consistance qui apparaissent souvent avec les adjuvants fluidifiants conventionnels peuvent être minimisées.

La combinaison particulière des agents actifs per-

met de fabriquer des bétons stables et homogènes dans toutes les classes de consistance.

La consistance du béton peut être élargie de plusieurs niveaux de consistance, par exemple de S 2 à BAP, pour une teneur en eau inchangée.

MC-PowerFlow 3140 peut être utilisé avec de nombreux autres adjuvants pour béton MC. Demandez notre assistance conseil en technologie du béton dans votre cas particulier.

L'adjonction de MC-PowerFlow 3140 dans le béton se fait durant le malaxage. On obtient la meilleure efficacité en effectuant le dosage après l'eau de gâchage. Le dosage est également possible avec l'eau de gâchage. Le temps de malaxage doit être défini de telle sorte que l'adjuvant puisse développer pleinement son effet fluidifiant durant le malaxage. Dans le cas notamment où le dosage sur le chantier est effectué dans le véhicule, il convient d'observer le règlement applicable.

Veillez observer les « Indications générales relatives à l'utilisation d'adjuvants pour béton ».

①


Propriétés techniques de MC-PowerFlow 3140

Paramètre	Unité	Valeur	Observations
Densité volumique	kg/dm ³	env. 1,06	
Dosage recommandé	g	2 - 50	par kg de ciment
Teneur en chlorure maximale	% de taux de masse	≤ 0,10	
Teneur en Na ₂ O eq.	% de taux de masse	≤ 0,5	
Extrait sec	%	29,56-32,68 29,93-33,08	(methode infrarouge) (EN 480-8)
pH	-	4,0-7,0	

Caractéristiques produit de MC-PowerFlow 3140

Nature de l'adjuvant	Superplastifiant EN 934-2 : T 3.1/3.2 (réducteur d'eau EN 934-2 : T 2)
Appellation de l'adjuvant	MC-PowerFlow 3140
Couleur	jaune jusqu'à marron
Forme	liquide
Certificat de conformité	0754-CPD-02-1065.2 0754-CPD-08-0260
Organisme homologue	MPA, Karlsruhe
Contrôle de la production en usine selon DIN EN ISO 9001 / DIN EN 934-2/6	
Désignation de la couleur	gris/jaune
Forme de la livraison	Fûts de 200 kg Conteneurs de 1.000 kg Camions-citernes

Annotation : Les informations données dans la présente fiche technique sont basées sur notre expérience en toute bonne foi, mais sans engagement. Elles sont à adapter aux ouvrages respectifs, aux objectifs d'utilisation et aux exigences locales spécifiques. Dans ces conditions, nous garantissons l'exactitude de ces informations dans le cadre de nos conditions de vente et de livraison. Toute recommandation faite par nos collaborateurs et s'écartant des informations contenues dans nos fiches techniques sera valable uniquement à condition d'avoir été confirmée par écrit. De manière générale, les règles de l'art officiellement reconnues sont applicables.

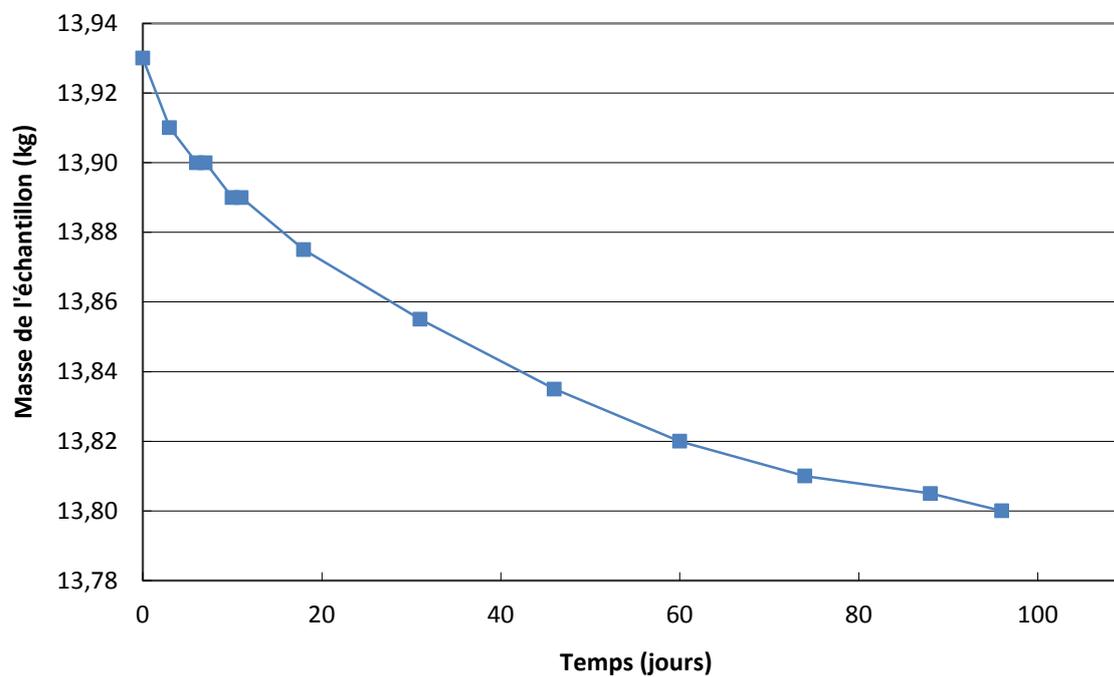
Édition 03/13. Le présent imprimé a été révisé sur le plan technique. Les versions publiées antérieurement ne sont plus valables et ne doivent plus être utilisées. Toute nouvelle révision technique annule et remplace la présente version

②

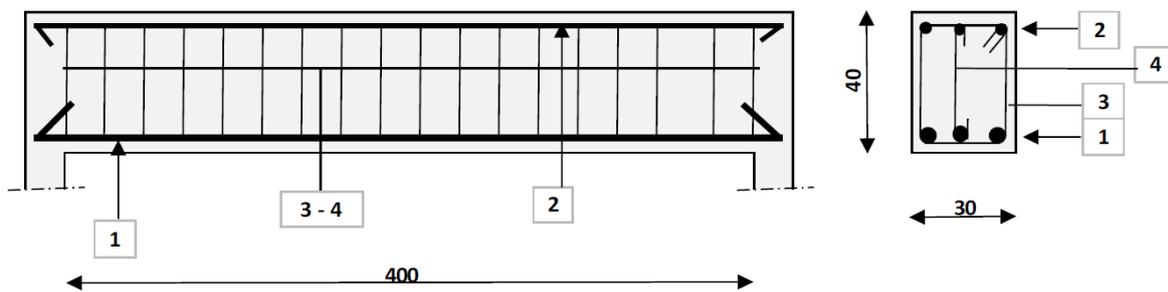
MC Chimie SARL • Z.I. mi-plaine • 29/31, rue des Frères Lumière • F-69740 Genas
Tel. +33-4-78 90 24 36 • Fax: +33-4-78 90 11 99 • www.mc-chimie.fr

Super-plastifiant MC-PowerFlow 3140

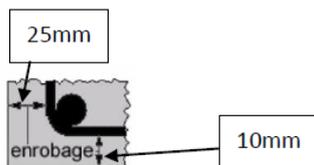
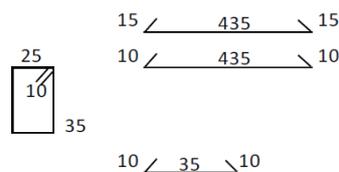
ANNEXE 2 – COURBES DE STABILISATION PONDERALE D'UNE EPROUVETTE Ø 16×30 CM



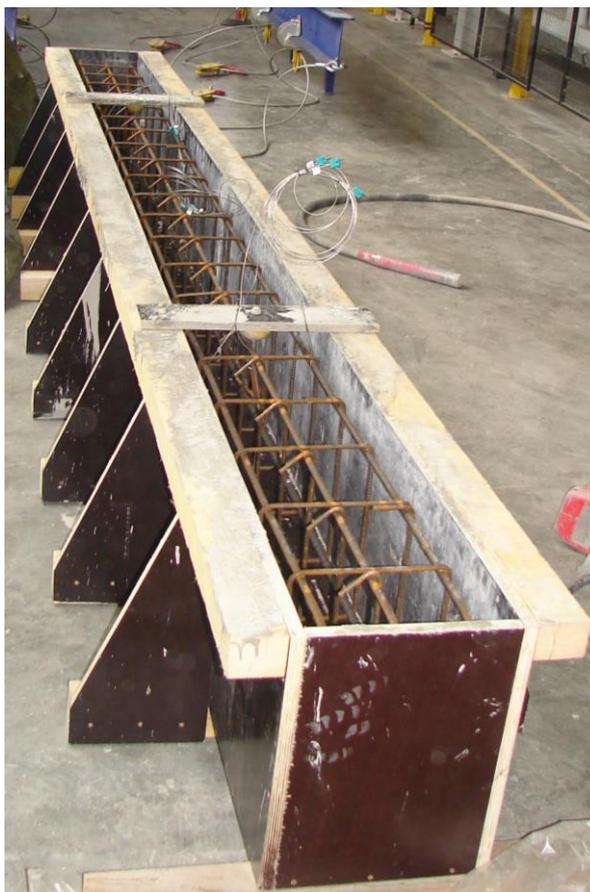
ANNEXE 3 – PRINCIPE DE FERRAILLAGE DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI



- 1 3HA16 X 465
- 2 3HA10 X 455
- 3 HA8 X 140 e = 20
- 4 HA8 X 55 e = 20



ANNEXE 4 – PHOTOS DE LA FABRICATION DE LA POUTRE



Coffrage de la poutre



Détails du ferrailage de la poutre



Mise en œuvre du béton

ANNEXE 5 – PLAN DE CONFIGURATION DE L'ESSAI

Poutre

Four

Béton cellulaire (450 kg/m³)

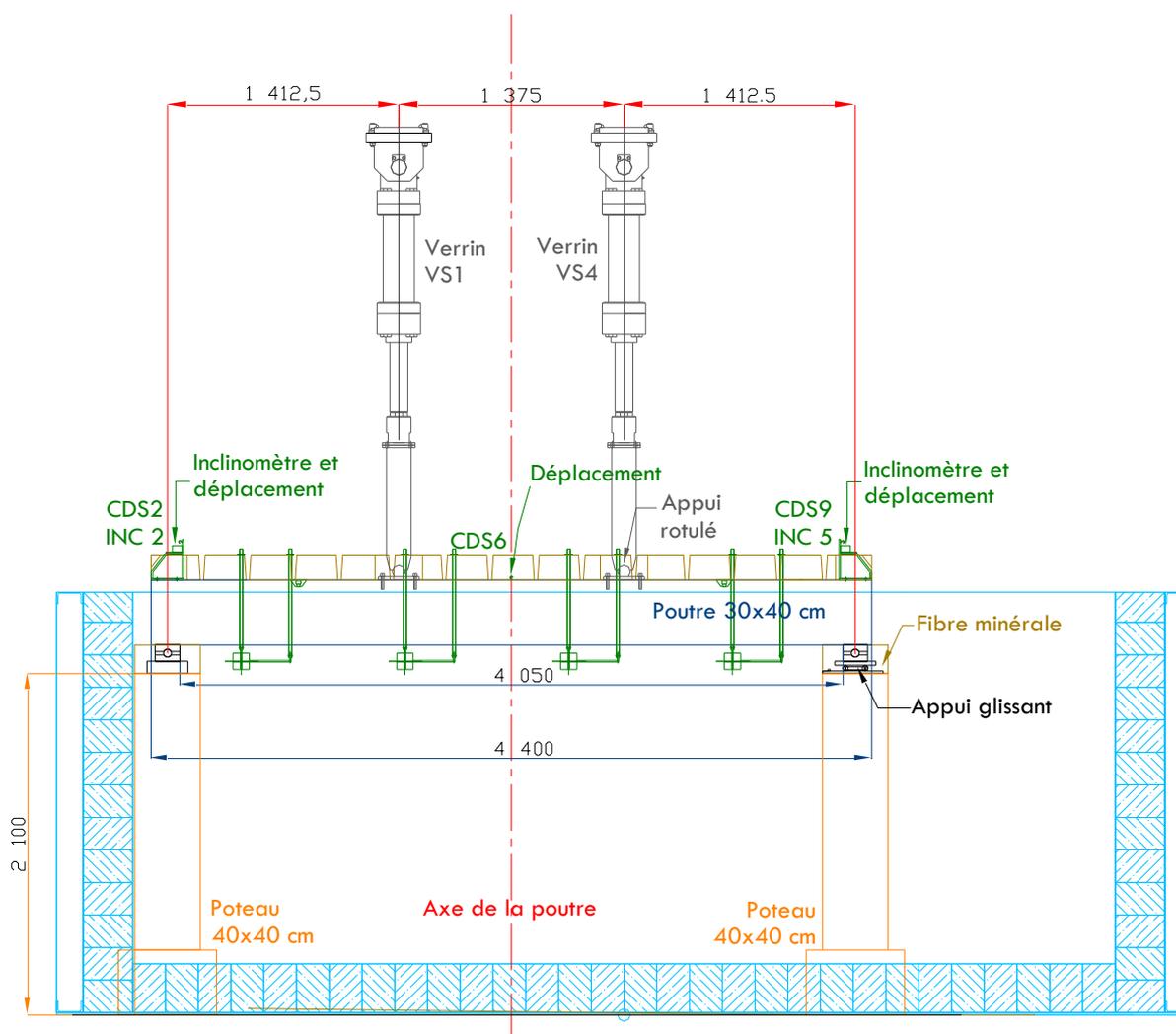
Poteau en béton

Pyromètres à plaque

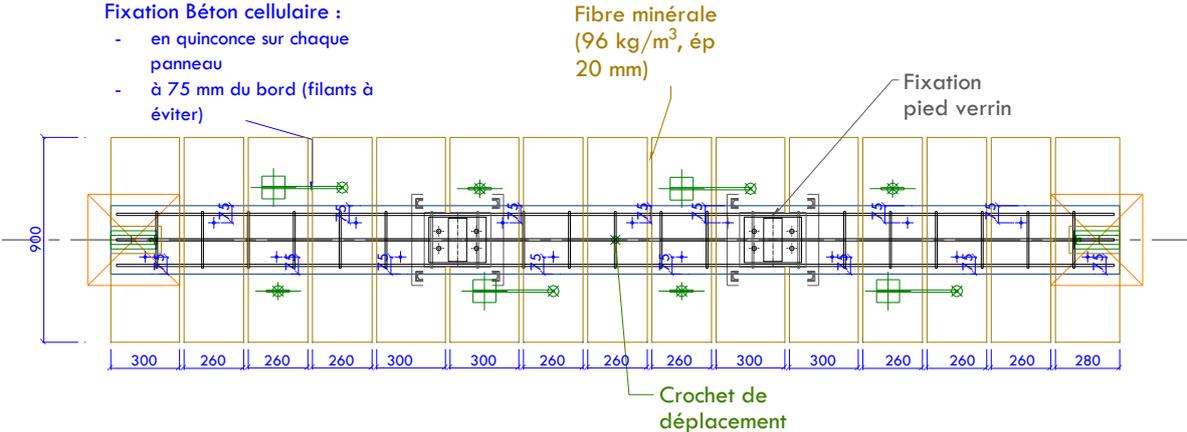
Inclinomètres et déplacements

Vérins

Ferrailage de la poutre



Vue de côté de la poutre



Détail de la vue du dessus de la poutre

ANNEXE 6 – PLAN DE POSITIONNEMENT DES PYROMETRES A PLAQUE

Poutre

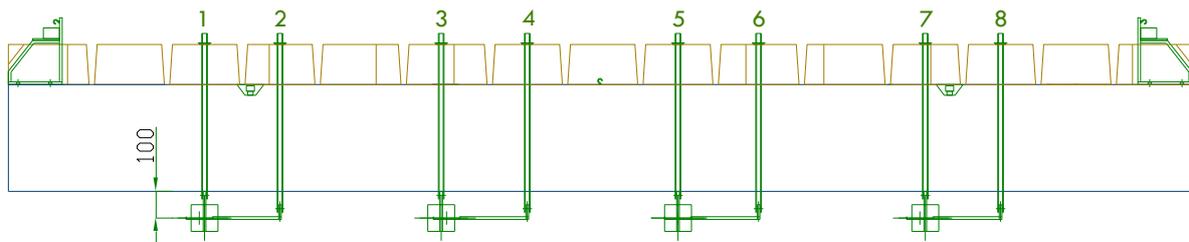
Béton cellulaire (450 kg/m³)

Poteau en béton

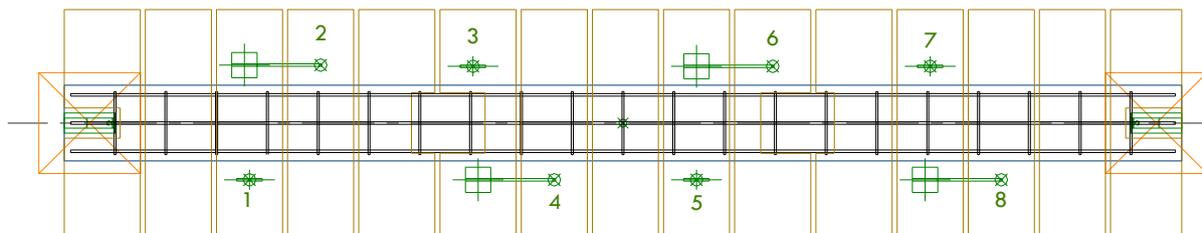
Pyromètres à plaque

Inclinomètres et déplacements

Ferrailage de la poutre

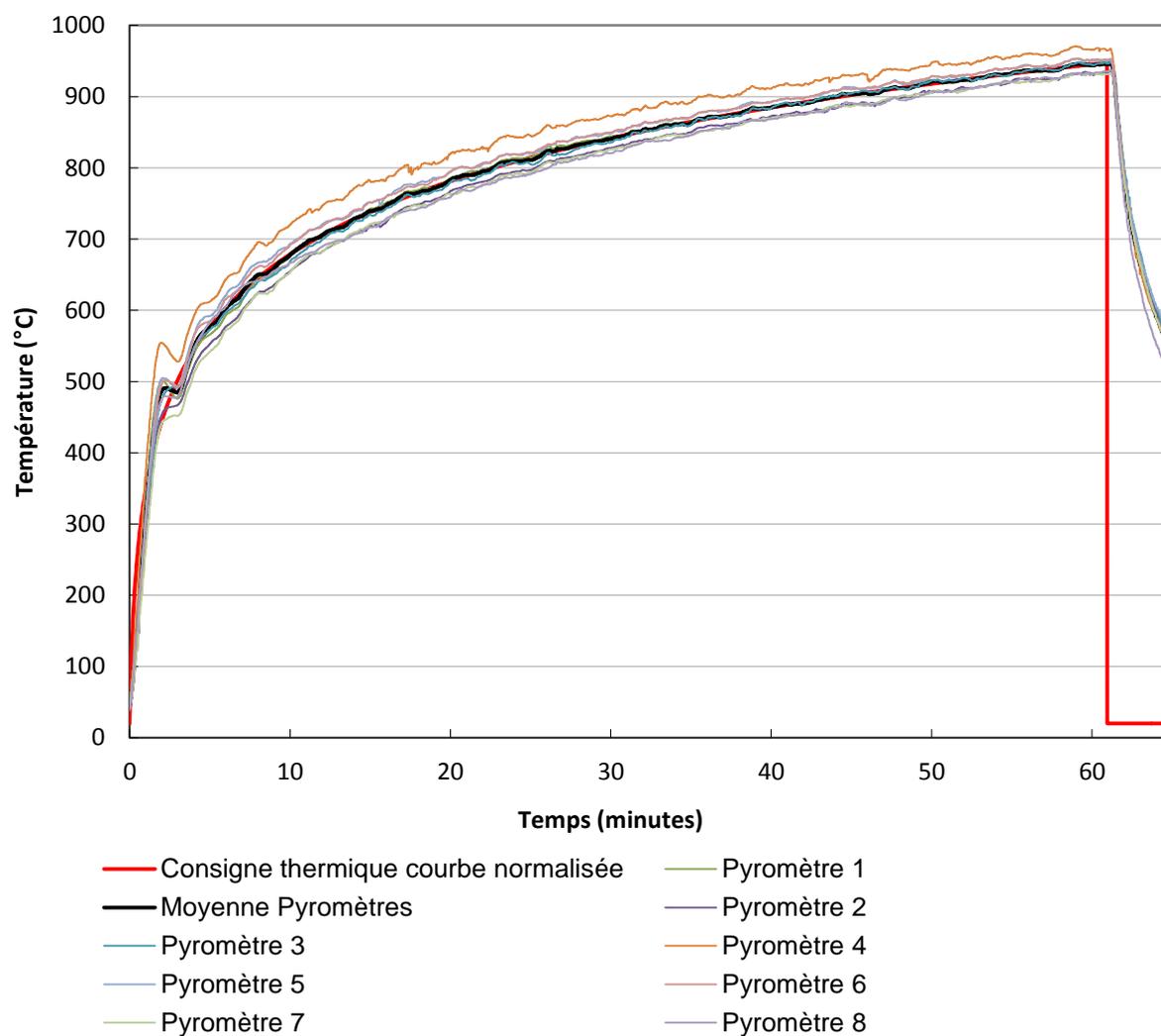


Vue de côté de la poutre

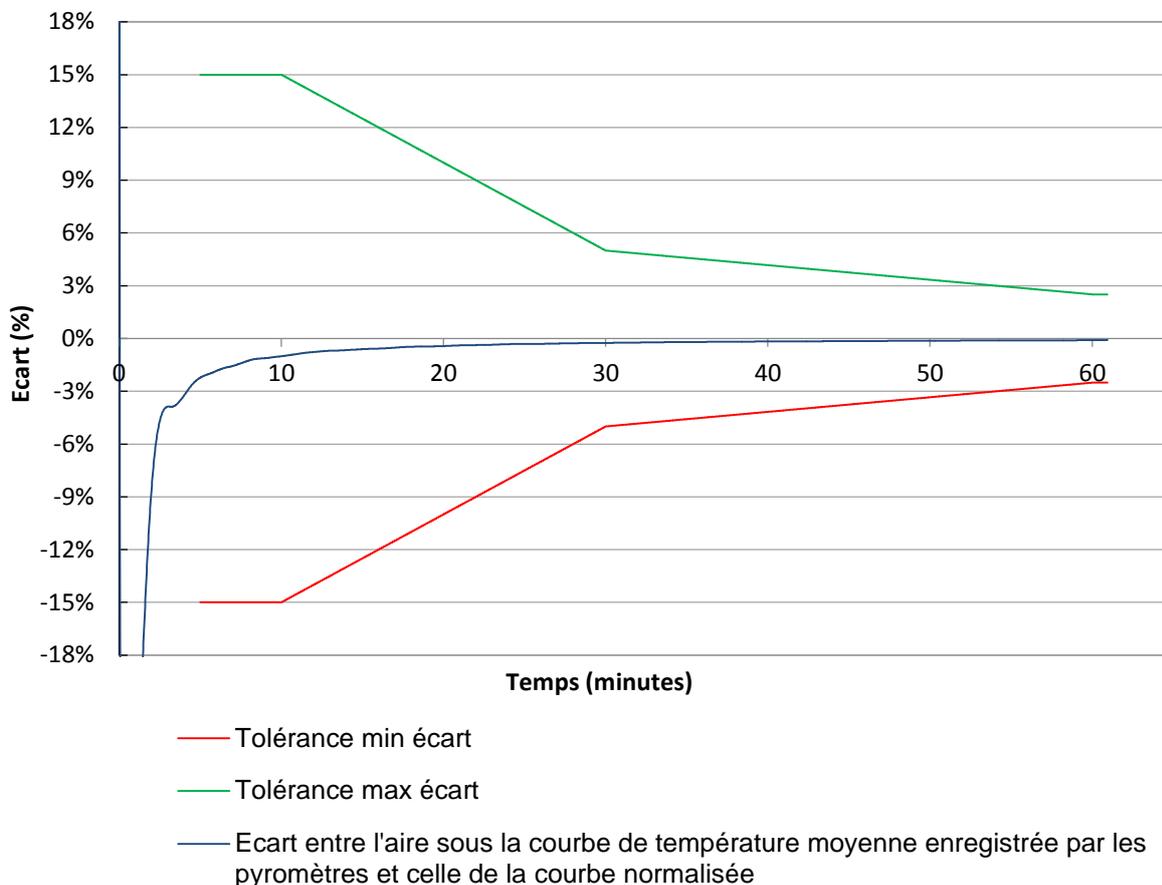


Vue de dessus de la poutre

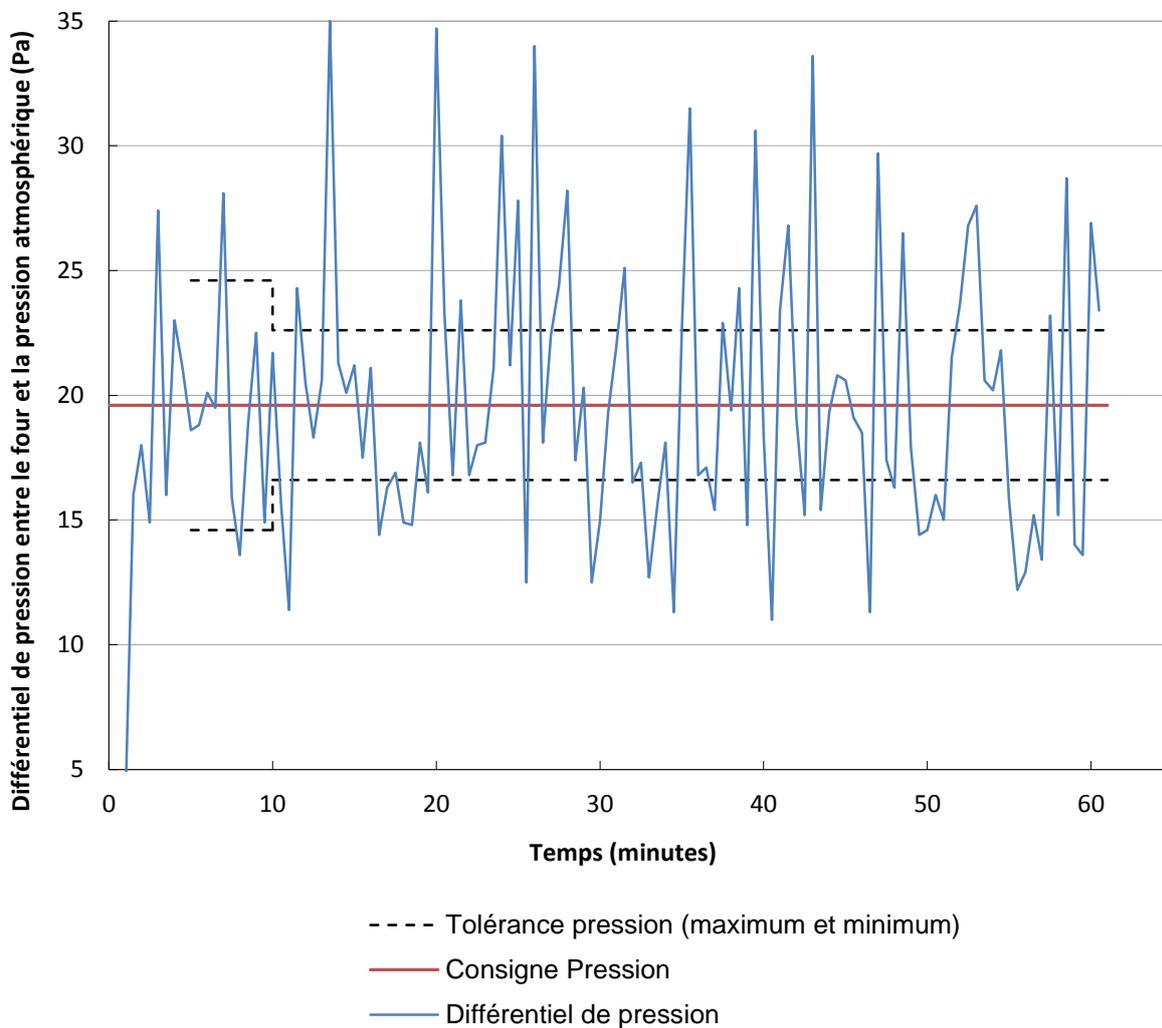
ANNEXE 7 – COURBES DE LA CONDUITE THERMIQUE DU FOUR



ANNEXE 8 – COURBE DE L'ÉCART DE LA CONDUITE THERMIQUE DU FOUR AVEC LA COURBE NORMALISEE

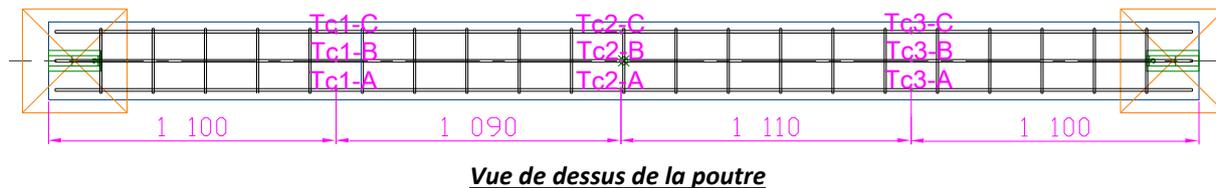


ANNEXE 9 – DIFFERENTIEL DE PRESSION INTERNE DU FOUR PAR RAPPORT A LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

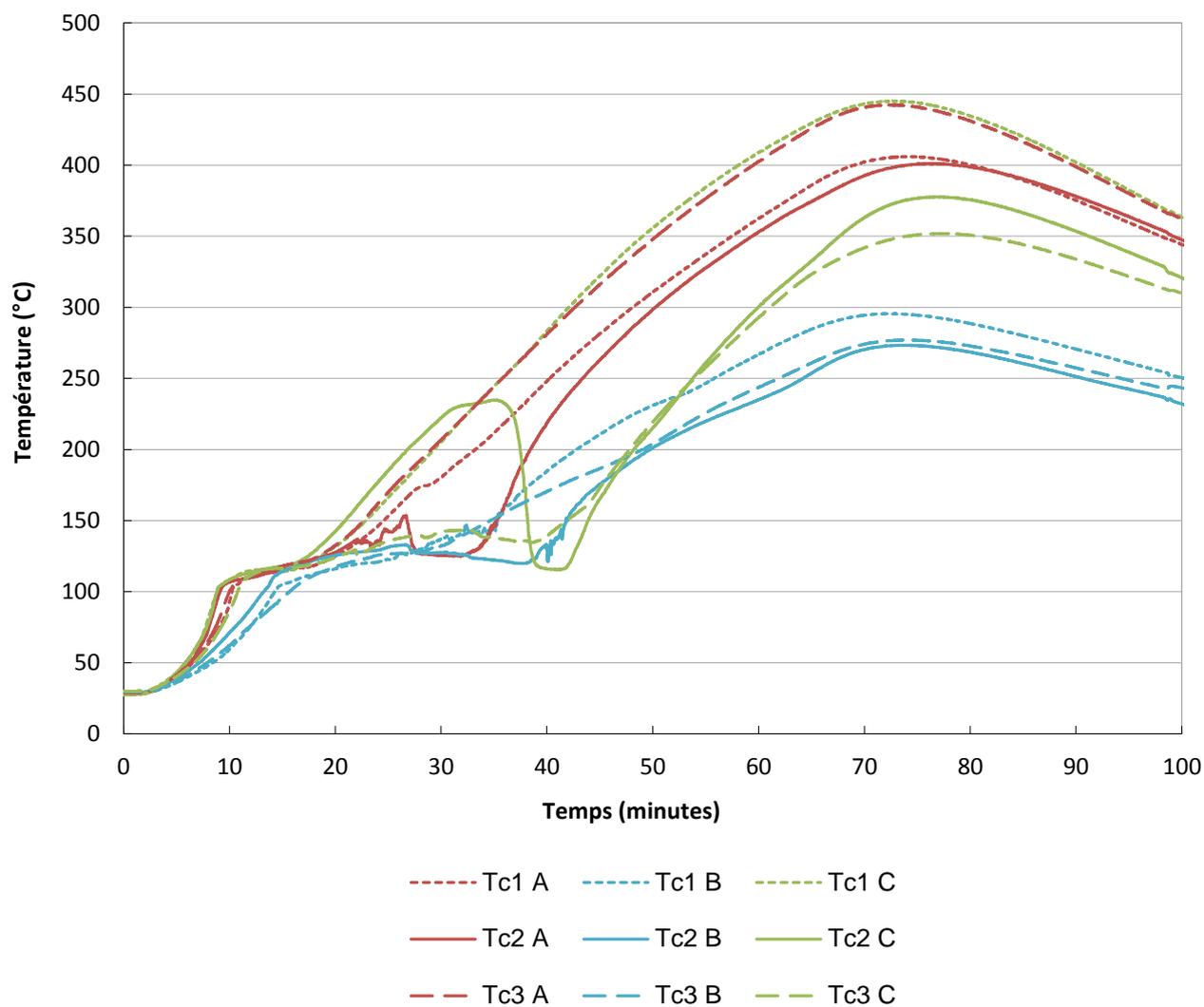


ANNEXE 10 – POSITIONNEMENT DES PRISES DE TEMPERATURE SUR LES ARMATURES

Poutre
Poteau en béton
Inclinomètres et déplacements
Ferrailage de la poutre
Thermocouples



**ANNEXE 11 – COURBE DES RELEVES DE TEMPERATURE POUR L'ELEVATION DE LA TEMPERATURE
MESUREE SUR LES ARMATURES**



ANNEXE 12 – NOTE DE CALCUL DE LA CHARGE

3.3 Chargements et conditions d'exploitation

- Poids propre des éléments
- Charges permanentes (G) : 1.00kN/m²
- Charges d'exploitations (Q) : 1.50kN/m²
- Combinaison fondamentale ELU : 1.35G + 1.5Q
- Combinaison accidentelle à chaud : G + 0.5Q

- Classe structurale : S4
- Classe d'exposition : XCO
- Enrobage armatures : Voir §3.7

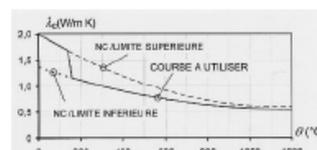
3.4 Matériaux

3.4.1 Propriétés mécaniques

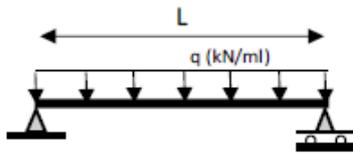
- Béton : C35/45 – $f_{c28}=35\text{Mpa}$
- Acier : Fe500 - $f_{yk}=500\text{Mpa}$ – ductilité :B

3.4.2 Caractéristiques à chaud

- Acier :
 - Facteur de convection face exposée : 25W/m²K
 - Facteur de convection face non exposée : 4W/m²K
 - Coefficient d'émissivité résultante : 0.7
- Béton :
 - Granulats : Siliceux
 - Masse volumique du béton : 2300kg/m³
 - Taux d'humidité du béton (3%) : 34.5l/m³
 - Facteur de convection face exposée : 25W/m²K
 - Facteur de convection face non exposée : 4W/m²K
 - Coefficient d'émissivité résultante : 0.7
 - Conductivité thermique, utilisation de la courbe ci-contre :

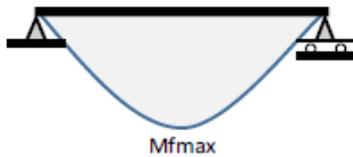


4.1 Recherche des sollicitations



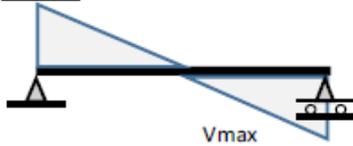
Portée = 4.20 m Travée = 4.00 m
Poutre BA:
 Largeur = 0.30 m Hauteur = 0.40 m
Chargement:
 G = 6.00 kN/m² Q = 1.50 kN/m²
 ELU = 45.45 kN/ml (1,35G + 1,5Q)
 ELA = 30.00 kN/ml (G + 0,5Q)

Mf max:



$M_{fmax} = q \times L^2 / 8$
 Mfmax (ELU) = 100.22 kNm
 Mfmax (ELA) = 66.15 kNm

Vmax:



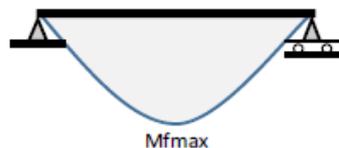
$V_{max} = ql/2$
 Vmax (ELU) = 95.45 kN
 Vmax (ELA) = 63.00 kN

4.2 Dimensionnement des armatures

portée		4.20 ml G haute	2.40 t/ml
largeur		0.30 ml Q haute	0.60 t/ml
hauteur		0.40 ml G basse	0.00 t/ml
Ct tang.	OK	Q basse	0.00 t/ml
acier inf.		6.3 cm ² p.p calculé auto	
phi cadre		8 mm Aimp.	6.03 cm ²
nbre file		3 flech adm	0.84 cm
st mini		27 cm flech= max	0.52 cm
cadres ?	oui	rep.bét.	oui
repet.st		2 ratio HA	78.1 kgm ³
st maxi		35 cm ""	9.4 kg/ml
6-7-8-9-10-11-13-16-20-25-32-40			
poids.p		0.3 t fc28.....	35 Mpa
Mg		6.0 tm enrobage	0.01 ml
Mq		1.3 tm ft28....	3.5 MPa
Mu		10.0	
nu		0.1 <0.3 alpha	0.14707478
Vu haut		8.6 t Z	0.36705633
Vu bas		0.0 t A=	6.3
Vu total		8.6 t	
tau u		0.7 MPa At=	1.51 cm ²
tau u max		4.7 MPa	
st mini		26.6 cm	

8 ANNEXE N°5 – DETERMINATION DU CHARGEMENT EQUIVALENT D'ESSAI POUR LA POUTRE

Mf max:

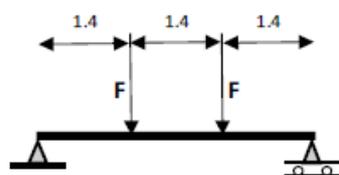


$M_{fmax} = q \times L^2 / 8$
 $M_{fmax} (ELU) = 100.22 \text{ kNm}$
 $M_{fmax} (ELA) = 66.15 \text{ kNm}$

Vmax:



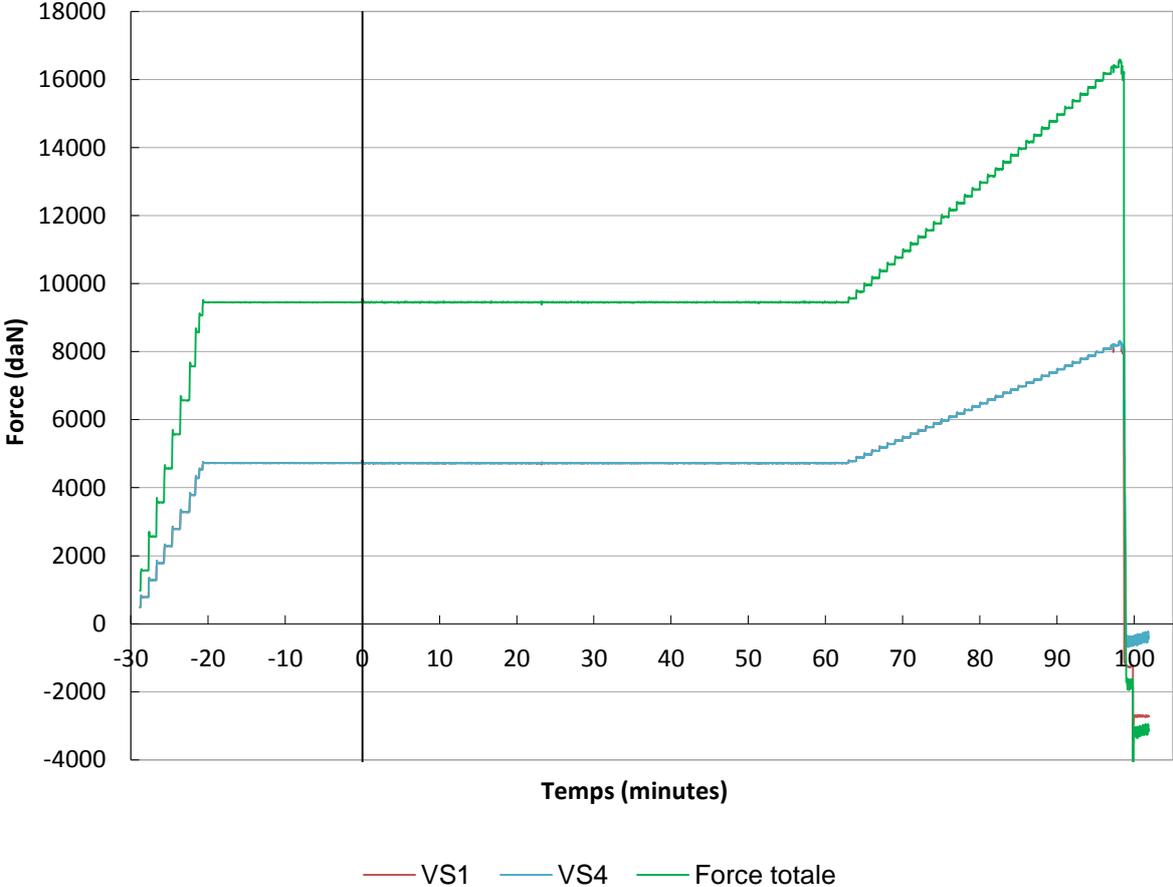
$V_{max} = ql/2$
 $V_{max} (ELU) = 95.45 \text{ kN}$
 $V_{max} (ELA) = 63.00 \text{ kN}$



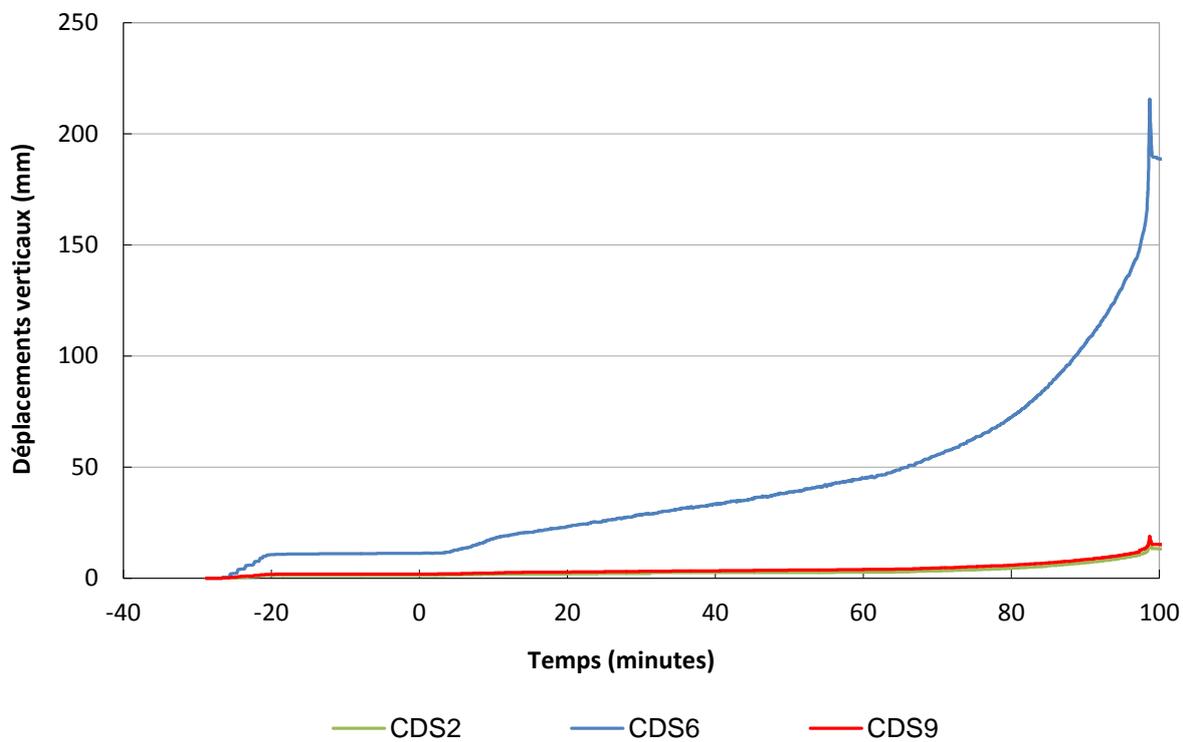
$F_{(ELA)} = 47.25 \text{ kN}$ Equivalence flexion
 $F_{(ELA)} = 63.00 \text{ kN}$ Equivalence tranchant

Pour l'étude en question c'est la flexion qui est prédominante, nous retiendrons 46kN.

ANNEXE 13 – COURBE DE L'EFFORT APPLIQUE SUR LA POUTRE



ANNEXE 14 – COURBE DES RELEVÉS DES DÉPLACEMENTS VERTICAUX DE LA POUTRE



Mesure des déplacements verticaux : une valeur positive correspondant à un déplacement vers le haut, correspondant dans ce cas à une dilatation.

ANNEXE 15 – PHOTOS DE LA POUTRE AVANT ESSAI



Mise en place de la poutre avant essai

ANNEXE 16 – PHOTOS DE LA POUTRE APRES ESSAI ET REFROIDISSEMENT



Rupture de la poutre



Détail de la rupture de la poutre



Détails de l'écaillage de la poutre

**ANNEXE 5 – RAPPORT DES ESSAIS DE RESISTANCE A LA COMPRESSION A HAUTE TEMPERATURE ET EN
RESIDUEL**

Rapport d'essai n° 2016 CERIB 6343

Essais de CARACTERISATION THERMOMECHANIQUE de deux bétons à base de granulats recyclés

Demandeur : Institut pour la Recherche appliquée et l'EXpérimentation en Génie Civil (IREX)
9 Rue de Berri
75008 PARIS

Date : 22/11/2016

Sommaire

1	Préambule	3
2	Objet des essais	3
3	Textes de référence	3
4	Date de fabrication, caractéristiques et lieu de fabrication des éprouvettes.....	3
5	Caractéristiques des essais.....	3
5.1	Matériel utilisé	3
5.2	Conservation des éprouvettes	4
5.3	Préparation des éprouvettes	4
5.4	Préchargement.....	4
5.5	Vitesse de montée en température	4
5.6	Palier de stabilisation	4
5.7	Essais en résiduel	5
5.8	Vitesse de chargement mécanique	5
6	Résultats	5
6.1	Résistances en compression à 20°C	5
6.2	Résistances en compression à 300°C et 600°C.....	5
6.3	Comparaison des résultats avec les préconisations de l'Eurocode 2-1-2	6

1 PREAMBULE

Le présent rapport d'essai s'inscrit dans une action globale dont l'objectif est d'évaluer le comportement au feu des bétons de granulats recyclés (Projet National RECYBETON, Tranche 4) :

- d'une part vis-à-vis de leur propension à l'écaillage/éclatement et ;
- d'autre part vis-à-vis de leur résistance thermo-mécanique.

Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer si le comportement des bétons de granulats recyclés est similaire à celui des bétons de granulats naturels en vue de leur introduction possible dans l'Eurocode 2-1-2.

2 OBJET DES ESSAIS

L'objet des essais est la caractérisation thermomécanique de deux bétons à base de granulats recyclés. Les essais de compressions sont réalisés selon les recommandations RILEM TC 129-MHT « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures: Compressive strength for service and accident conditions » sur des éprouvettes cylindriques $\varnothing 10 \times 30 \text{ cm}^2$, à température ambiante et à deux températures différentes : 300°C et 600°C. Une série d'essai est réalisée à chaud, et une autre en résiduel.

3 TEXTES DE REFERENCE

- RILEM TC 129-MHT « Test methods for mechanical properties of concrete at high temperatures: Compressive strength for service and accident conditions »
- Eurocode 2 : Calcul des structures en béton, Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu

4 DATE DE FABRICATION, CARACTERISTIQUES ET LIEU DE FABRICATION DES EPROUVETTES

ELEMENTS	COMPOSITION	DATE DE FABRICATION	LIEU DE FABRICATION
Eprouvettes cylindriques $\varnothing 10 \times 30$ de béton C35/45 OR/100R	0 % de sable recyclé et 100 % de gravillons recyclés	07/03/2016	CERIB 1 rue des Longs Réages, CS 10010 28233 Epernon Cedex
Eprouvettes cylindriques $\varnothing 10 \times 30$ de béton C35/45 30R/30R	30 % de sable recyclé et 30 % de gravillons recyclés	01/03/2016	

5 CARACTERISTIQUES DES ESSAIS

5.1 Matériel utilisé

Les essais de compression sont réalisés sur une presse hydraulique de capacité 600T et pourvue d'un système entièrement informatisé. Un four, composé de deux parties amovibles et piloté automatiquement par un logiciel, permet la montée en température des éprouvettes.

Voir le schéma du dispositif d'essai ci-dessous.

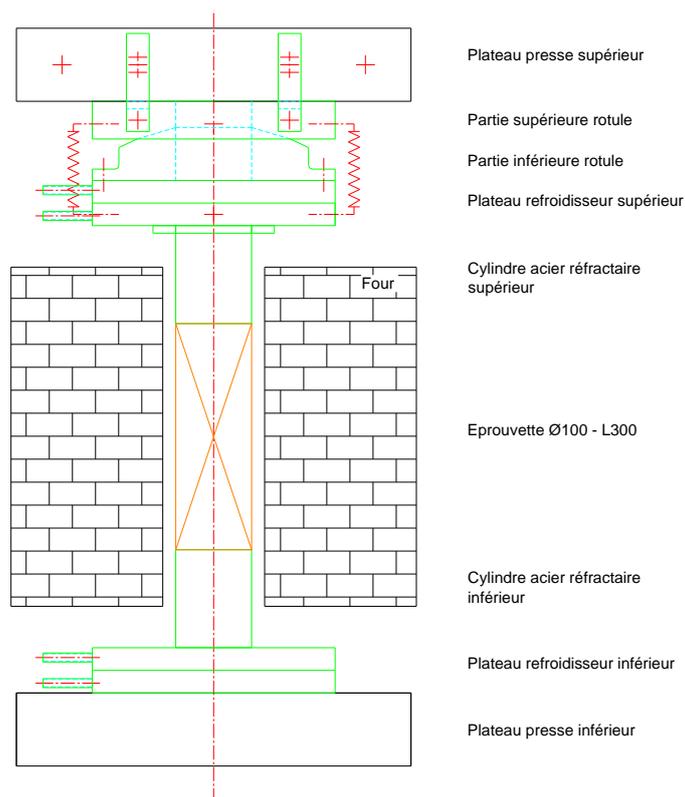


Schéma du dispositif d'essai

5.2 Conservation des éprouvettes

A réception, les éprouvettes sont entreposées dans une salle climatisée. Détails du conditionnement conformément au premier paragraphe du chapitre 8.1 de la norme NF EN 1363-1 : l'élément est entreposé dans une salle climatisée dont les consignes sont réglées à une température de 23°C et une hygrométrie de 50 %.

5.3 Préparation des éprouvettes

Chaque éprouvette cylindrique Ø10 x 30 est grésée mécaniquement, mesurée et pesée avant d'être mise en place sur la presse.

5.4 Préchargement

Une précharge de 20 % de la résistance en compression mesurée à la température ambiante (20°C) est appliquée avant la chauffe de l'éprouvette et est maintenue tout au long de l'essai. La vitesse de montée de la précharge est de 0,5 MPa/seconde.

5.5 Vitesse de montée en température

La vitesse de montée en température de l'éprouvette est de 1°C/minute.

5.6 Palier de stabilisation

Lorsque la température d'essai est atteinte, celle-ci est maintenue durant un palier de stabilisation de :

- 2 heures pour les essais à 150°C et 300°C ;
- 1 heure pour les essais à 600°C.

5.7 Essais en résiduel

Lorsque l'essai est réalisé en résiduel, l'éprouvette subit un refroidissement de 12 heures une fois le palier de stabilisation terminé.

5.8 Vitesse de chargement mécanique

Lorsque le palier de stabilisation est terminé (ou les 12 heures de refroidissement lorsque l'essai est réalisé en résiduel), le chargement mécanique est augmenté à raison de 0,5 MPa/seconde jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

6 RESULTATS

6.1 Résistances en compression à 20°C

Les résistances en compression à la température ambiante (20°C) sont mesurées sur quatre éprouvettes par béton. Les moyennes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

BETON	R _c (20°C) EN MPA
C35/45 0R/100R	34,4 ± 0,9
C35/45 30R/30R	39,3 ± 1,9

6.2 Résistances en compression à 300°C et 600°C

Les résistances en compression à chaud et résiduelles à 300°C et 600°C et les ratios des résistances en compression à hautes températures sur la résistance en compression à 20°C sont présentés dans les tableaux suivants.

BETON	RESISTANCE EN COMPRESSION R _c (θ) EN MPA			
	A 300°C		A 600°C	
	A CHAUD	EN RESIDUEL	A CHAUD	EN RESIDUEL
C35/45 0R/100R	28,1 ± 0,3	29,4 ± 0,0	15,3 ± 1,0	12,5 ± 0,4
C35/45 30R/30R	36,1 ± 0,3	30,8 ± 1,4	21,0 ± 0,3	14,8 ± 1,6

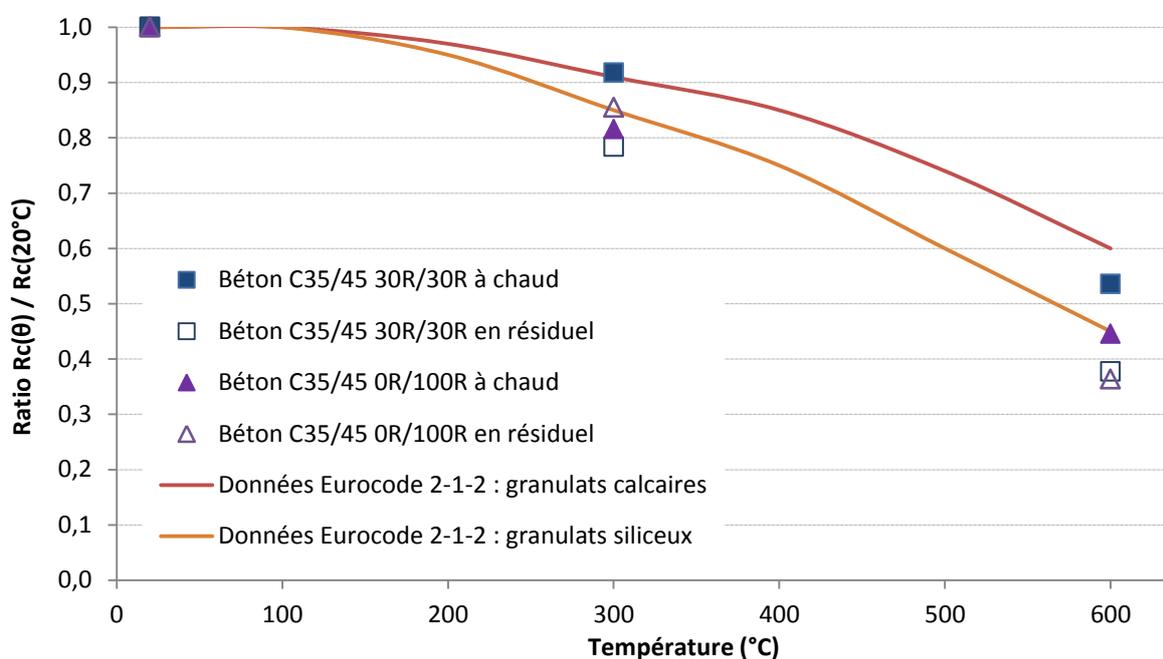
BETON	RATIO R _c (θ) / R _c (20°C)			
	A 300°C		A 600°C	
	A CHAUD	EN RESIDUEL	A CHAUD	EN RESIDUEL
C35/45 0R/100R	0,82	0,86	0,45	0,36
C35/45 30R/30R	0,92	0,78	0,54	0,38

6.3 Comparaison des résultats avec les préconisations de l'Eurocode 2-1-2

L'Eurocode 2-1-2 fournit les ratios des résistances en compression à haute température sur la résistance en compression à 20°C dans le cas des granulats siliceux et dans le cas de granulats calcaires.

	RATIO $R_c(\theta) / R_c(20^\circ\text{C})$						
	20°C	100°	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
GRANULATS SILICEUX	1,00	1,00	0,95	0,85	0,75	0,60	0,45
GRANULATS CALCAIRES	1,00	1,00	0,97	0,91	0,85	0,74	0,60

La comparaison des données de l'Eurocode et des résultats obtenus est présentée dans le graphique ci-dessous :



AVERTISSEMENT

« Ce rapport d'essai atteste uniquement des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas une certification de produits au sens de l'article L115-27 du code de la consommation et de la loi du 4 août 2008 ».



Fabienne ROBERT
Directrice Adjointe du
Centre d'Essais au Feu



Clémence DAVAL
Responsable d'Essais au
Centre d'Essais au Feu

ANNEXE 6 - RECHERCHE DU Mf DE RUPTURE SUR LA BASE DE LA FORMULATION AUX ETATS LIMITES

Les coefficients de sécurité matériaux (coef. de 1.5 du béton et coef. de 1.15 de l'acier) sont réduits à 1.

Données Béton	Données Géométriques		
	Largeur	0.3	[m]
	Hauteur	0.4	[m]
	Section d'acier	6.03	[cm ²]
	Enrobage moyen	26.000	[mm]
Hauteur D réelle	0.374	[m]	
Données Béton	fck	52.5	[Mpa]
	ξ _{cu2}	0.0035	[SD]
	ξ _{c2}	0.002	[SD]
Données Acier	f _{yk}	575	[Mpa]
	k	1	[SD]
	E	200000	[Mpa]
	ξ _{uk}	0.05	[SD]
	ξ _p	0.00250	[SD]
	Coefficient d'équivalence	15	[SD]

← 35 x 1.5 = 52.5Mpa

← 500 x 1.15 = 575Mpa

Ferrailage de la poutre				
Intitulé de l'acier	Nombre	φ s [mm]	As [mm ²]	Enrobage au nu de l'acier longitudinal [mm]
1er lit	3	16	603.19	18
2ème lit	0	20	0.00	75
3ème lit	0	14	0.00	95
Distance moyenne au parement [mm]				26.000

Moment ELU	Pivot	Pivot B	[SD]
	X	0.035	[m]
	z	0.359	[m]
	σ _s	500.00	[Mpa]
	Moment résistant	108.34	[kN.m]

Le Mf max constaté à la rupture est de 108 340N.m