

# Essais de compression de joints colonnes-dalle en béton armé



**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne  
Institut d'Ingénierie Civile  
Laboratoire de construction en béton (IBETON)**

**Roberto Guidotti  
Dr Miguel Fernández Ruiz  
Prof. Dr Aurelio Muttoni**

**Rapport : dalles de PG31 à PG34 - R01**

**14 mai 2010**



**Rapport d'essai IBETON :**  
**dalles de PG31 à PG34 - R01**  
**Lausanne le 14 mai 2010**

Institut	EPFL - ENAC - IIC
Laboratoire	IBETON
Essais effectués	Essais de compression de joints colonnes-dalle en béton armé avec colonnes munies de plaques métalliques
Date des essais	du 8 décembre au 11 décembre 2008
Directeur	Prof. Dr Aurelio Muttoni
Collaborateurs	R. Guidotti, G. Guignet
Auteurs du rapport	R. Guidotti, M. Fernández Ruiz, A. Muttoni

Ce rapport contient 42 pages et 4 annexes

*Ce rapport ne peut être reproduit totalement ou partiellement, ni utilisé ou mentionné dans le but de réclame, quel qu'il soit sans l'accord écrit du laboratoire. Les résultats figurant dans ce rapport ne concernent que les objets soumis aux essais.*

1<sup>ère</sup> édition du 14 mai 2010



# Avant-propos

Ce rapport présente la description et les résultats d'une campagne d'essais sur des joints colonnes-dalle avec colonnes munies de plaques métalliques soumis seulement à un effort de compression conduite en 2008 dans le LABORATOIRE DE CONSTRUCTION EN BÉTON de l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE. La campagne d'essai est composée d'une série de dalles carrées en béton armé testées à la compression transversale appliquée, au centre, par des plaques métalliques. Les dalles ont toutes les mêmes dimensions et diffèrent par leur taux d'armature de la nappe supérieure. Le taux d'armature en nappe inférieure est constant pour toutes les dalles testées. Aucune pièce spéciale à été utilisée afin de renforcer la zone de transmission de l'effort de compression.

Le premier but de cette étude est de confirmer expérimentalement la capacité des joints colonnes-dalle armées seulement à la flexion de supporte des contraintes transversales qui dépassent largement la résistance à la compression simple du béton de la dalle ainsi que de prouver la majeure efficacité d'un joint muni de plaques métalliques. En effet, dans la pratique actuelle des mesures spéciales telles que des pièces métalliques de raccord entre les deux colonnes, le changement du béton dans la région d'appuis du plancher ou la disposition d'anneaux d'armature de confinement sont prises afin d'augmenter la résistance à la compression de la connections. Ceci implique des complication supplémentaires à la construction avec la conséquence d'augmenter les coûts ainsi que les temps de construction. Le deuxième but est de fournir les mesures expérimentales nécessaires à la validation d'un modèle de confinement compatible qui permet de calculer le comportement d'un telle élément.



# Table des matières

Avant-propos	5
Notations	9
<b>1 Introduction</b>	<b>11</b>
1.1 Motivation des essais . . . . .	11
1.2 Programme d'essai . . . . .	11
<b>2 Dalles d'essai</b>	<b>13</b>
2.1 Géométrie . . . . .	13
2.2 Armatures . . . . .	13
2.3 Matériaux . . . . .	14
2.3.1 Béton . . . . .	14
2.3.2 Acier . . . . .	15
<b>3 Gestion des essais</b>	<b>17</b>
3.1 Bâti de charge . . . . .	17
3.2 Mode de chargement . . . . .	17
3.3 Mesures . . . . .	17
<b>4 Résultats</b>	<b>21</b>
4.1 Courbes charge - déformation . . . . .	23
4.2 Relevé des fissures . . . . .	24
<b>Bibliographie</b>	<b>27</b>
<b>A Essais sur le béton durci</b>	<b>29</b>
<b>B Essais de traction des barres d'armature</b>	<b>31</b>
<b>C Plans de coffrage, d'armature et listes de fer</b>	<b>35</b>
<b>D Fiches techniques des produits</b>	<b>39</b>



# Notations

## Majuscules latines

$E_c$	module d'élasticité du béton
$E_{cm,28}$	module d'élasticité moyen du béton à 28 jours
$E_{cm,essai}$	module d'élasticité moyen du béton lors de l'essai
$N$	charge appliquée sur les colonnes
$N_R$	charge de rupture appliquée sur les colonnes

## Minuscules latines

$d_g$	diamètre maximal du granulat
$d_m$	hauteur statique moyenne effective de l'armature supérieure
$d_{m,nom}$	hauteur statique moyenne nominale de l'armature supérieure
$d'_m$	hauteur statique moyenne effective de l'armature inférieure
$d'_{m,nom}$	hauteur statique moyenne nominale de l'armature inférieure
$e_{sup}$	espacement des barres d'armature supérieures
$e_{inf}$	espacement des barres d'armature inférieures
$f_c$	résistance à la compression du béton sur cylindre
$f_{ct}$	résistance à la traction directe du béton
$f_{cm,28}$	résistance moyenne à la compression du béton sur cylindre à 28 jours
$f_{cm,cube,28}$	résistance moyenne à la compression du béton sur cube à 28 jours
$f_{ctm,28}$	résistance moyenne à la traction directe du béton à 28 jours
$f_{cm,essai}$	résistance moyenne à la compression du béton sur cylindre lors de l'essai
$f_{ctm,essai}$	résistance moyenne à la traction directe du béton lors de l'essai
$f_s$	limite d'écoulement de l'acier d'armature
$f_{s,sup}, f_{s,inf}$	limite d'écoulement de l'acier d'armature de la nappe supérieure, resp. inférieure

$f_t$	résistance à la traction de l'acier d'armature
$h$	épaisseur effective de la dalle
$h_{nom}$	épaisseur nominale de la dalle
$r$	distance au centre de la dalle
$t$	temps à partir du bétonnage

### Majuscules grecques

$\Delta h$	changement d'épaisseur de la dalle entre les colonnes
$\Delta h_R$	changement d'épaisseur de la dalle entre les colonnes à la rupture
$\emptyset$	diamètre
$\emptyset_{sup}, \emptyset_{inf}$	diamètre des barres de l'armature supérieure, resp. inférieure

### Minuscules grecques

$\delta_{sup}, \delta_{inf}$	enfouissement de la colonne supérieure, resp. inférieure, dans la dalle
$\varepsilon_s$	déformation dans les barres d'armature
$\varepsilon_{su}$	allongement spécifique de rupture de l'acier d'armature
$\rho_{nom}, \rho'_{nom}$	taux d'armature nominal de l'armature supérieure, resp. inférieure
$\rho, \rho'$	taux d'armature effectif de l'armature supérieure, resp. inférieure
$\sigma_s$	contrainte dans les barres d'armature

# 1 Introduction

## 1.1 Motivation des essais

La tendance actuelle dans la construction des bâtiments à plusieurs étages est celle de construire des dalles en béton ordinaire supportées par des colonnes en béton à haute performance. Ces colonnes peuvent être coulées sur place ou préfabriquées et dans les deux cas elles sont interrompues au droit des dalles. Donc, la dalle doit garantir la transmission de l'effort normal entre le pied de la colonne supérieure et la tête de l'inférieure. Ceci engendre des contraintes de compression sur l'extrados de la dalle, déjà au niveau de service, supérieures à la résistance à la compression simple du béton.

Plusieurs chercheurs ont conduits des séries d'essais sur des joints, où les colonnes étaient bétonnées contre la dalle, sollicités par une force sur la colonne [Bia60, Gam91, Osp97, McH00, Sha05]. Néanmoins, les colonnes préfabriquées sont normalement munies d'une plaques métalliques au pied et une en tête. Ces plaques améliorent sensiblement le comportement du joint en empêchant au fissures de la dalle de s'étendre jusqu'au béton des colonnes en l'affaiblissant. En effet, un des modes de rupture décerné lors des séries de la littérature énumérées préalablement concerne la zone des colonnes en contact avec la dalle qui s'écrase après que des fissures longitudinales, générées par compatibilité avec la déformation de la dalle, apparaissent sur les faces des colonnes. Cette série se concentre donc sur l'étude des joints colonnes-dalle avec plaques métalliques soumis seulement à un effort normal  $N$ .

## 1.2 Programme d'essai

La campagne d'essais se compose d'une série de dalles carrées en béton armé de 1000 mm de côté et de 250 mm d'épaisseur armées que à la flexion. Quatre taux d'armature en nappe supérieure ont été utilisées pour la confection des dalles d'essai par contre la nappe inférieure a été gardée constante pour tous les essais. Les dalles ont été testées à la compression transversale. Cet effort a été introduit par une plaque métallique posée au centre de la face supérieure et une sur l'inférieure. Les essais ont été effectuées dans la presse Trebel avec capacité de 10 MN de la halle 1 de l'Institut d'Ingénierie Civile (IIC) de l'EPFL en décembre 2009.

Les dalles sont conventionnellement nommées  $PG(n^{\circ}dalle)$ .



## 2 Dalles d'essai

### 2.1 Géométrie

La figure 2.1 montre la géométrie des dalles. Toutes les dalles ont une épaisseur nominale  $h_{nom}$  de 250 mm. Le tableau de la figure 2.1 donne les épaisseurs nominales et effectives mesurées après le sciage.

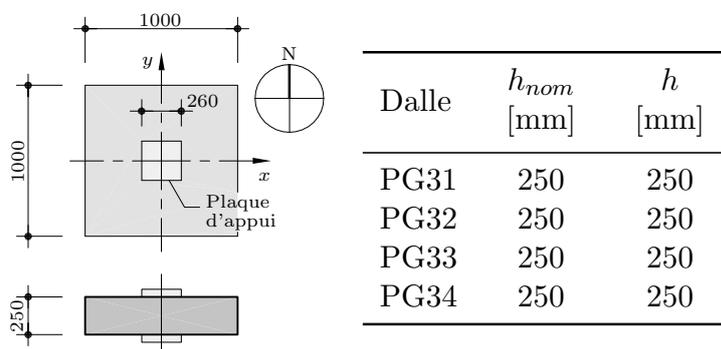
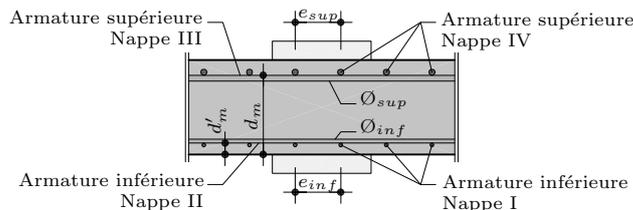


Fig. 2.1: Géométrie des dalles et hauteurs nominales et effectives

### 2.2 Armatures

Les dalles n'ont que de l'armature de flexion. Les barres d'armature sont disposées parallèlement aux bords de la dalle en nappes orthogonales. La figure 2.2 montre un schéma de la disposition des armatures de flexion. L'orientation conventionnelle choisie pour l'axe nord-sud coïncide avec la direction des nappes internes II et III pour toutes les dalles, c'est-à-dire avec la direction de moment résistant de flexion le plus petit (axe faible). Les tableaux 2.1 et 2.2 contiennent les données nominales et effectives (mesurées) des armatures supérieures et inférieures. Les plans d'armature détaillés pour chaque dalle sont présentés à l'annexe C. L'espacement des armatures supérieures ( $e_{sup}$ ), les diamètres ( $\varnothing_{sup}$ ) ainsi que les taux d'armature ( $\rho$ ) varient selon les éprouvettes. Par contre l'espacement, le diamètre ainsi que le taux d'armature en nappe inférieure ( $e_{inf}$ ,  $\varnothing_{inf}$  et  $\rho'$ ) ont été gardés constants pour tous les échantillons. La hauteur statique effective  $d_m$ , soit la distance entre la fibre la plus comprimée du béton et l'interface des deux nappes d'armature supérieures (figure 2.2), et la hauteur des armatures inférieures  $d'_m$  ont été mesurées sur les dalles coupées.



**Fig. 2.2:** Schéma de la disposition de l'armature de flexion

**Tab. 2.1:** Paramètres des armatures supérieures

Dalle	$\varnothing_{sup}$ [mm]	$e_{sup}$ [mm]	$d_{m,nom}$ [mm]	$\rho_{nom}$ [%]	$d_m$ [mm]	$\rho$ [%]
PG31	10	150	210	0.25	203	0.27
PG32	10	110	210	0.33	204	0.35
PG33	16	125	210	0.75	200	0.80
PG34	20	100	210	1.50	200	1.57

**Tab. 2.2:** Paramètres des armatures inférieures

Dalle	$\varnothing_{inf}$ [mm]	$e_{inf}$ [mm]	$d'_{m,nom}$ [mm]	$\rho'_{nom}$ [%]	$d'_m$ [mm]	$\rho'$ [%]
PG31	10	150	30	0.25	40	0.27
PG32	10	150	30	0.25	40	0.27
PG33	10	150	30	0.25	35	0.27
PG34	10	150	30	0.25	35	0.27

## 2.3 Matériaux

### 2.3.1 Béton

Les quatre dalles ont été bétonnées avec le même type de béton fabriqué dans une centrale et transporté, en une seule fourniture, jusqu'à l'usine de préfabrication. La taille maximale du granulat est  $d_g = 16$  mm. Les valeurs nominales de la recette sont résumées dans le tableau 2.3.

Les dalles ont été bétonnées en un seul jour (14 novembre 2008) dans une usine de préfabrication. Des essais sur le béton durci, voir tableau 2.4, ont été effectués pour suivre l'évolution dans le temps de la résistance à la compression et pour avoir la résistance du béton lors des essais des dalles. Ces essais ont été réalisés en compression simple et traction directe sur des éprouvettes cylindriques  $\varnothing 160$  mm et 320 mm de hauteur<sup>1</sup>. De plus, la résistance à la compression mesurée sur cubes (150 mm) est donnée dans les tableaux des essais sur le béton durci<sup>2</sup>.

1. Les essais de compression sur cylindre ont été conduits par le laboratoire de l'institut d'ingénierie civile (IIC) et ceux de traction par le laboratoire des matériaux de construction (LMC) de l'EPFL.

2. Les essais de compression sur cubes ont été conduits par le laboratoire Holcim.

**Tab. 2.3:** Composition du béton

Composition	[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]
Sable 0-4	765	41
Gravier 4-8	305	15
Gravier 8-16	845	44
Ciment <sup>1</sup>	350	
Eau efficace <sup>2</sup>	155	E/C = 0.44
Adjuvant <sup>3</sup>	2.0	0.6

Le tableau 2.4 résume les résistances et le module d'élasticité obtenus à 28 jours ( $f_{cm,28}$ ,  $f_{ctm,28}$  et  $E_{cm,28}$ ) et lors de l'essai de chaque dalle ( $f_{cm,essai}$ ,  $f_{ctm,essai}$  et  $E_{cm,essai}$ ). Les détails des tests effectués sur le béton durci sont donnés à l'annexe A.

**Tab. 2.4:** Essais sur le béton durci

$f_{cm,28}$ [MPa]	$f_{ctm,28}$ [MPa]	$E_{cm,28}$ [GPa]	$f_{cm,cube,28}$ [MPa]	Dalle	Age essai [j]	$f_{cm,essai}$ [MPa]	$f_{ctm,essai}$ [MPa]	$E_{cm,essai}$ [GPa]
51.7	3.4	33.8	58.5	PG31	24	50.7	3.3	33.7
				PG32	26	51.2	3.4	33.7
				PG33	27	51.6	3.4	33.7
				PG34	27	51.6	3.4	33.7

### 2.3.2 Acier

L'acier d'armature utilisé pour la confection des spécimens a fait l'objet d'essais de traction avec mesure de l'allongement. Les essais ont été conduits dans le laboratoire de l'institut d'ingénierie civile (IIC) de l'EPFL. Les éprouvettes ont été prélevées dans l'usine de préfabrication au moment du montage des cages d'armature. Trois barres ont été testées pour chaque diamètre utilisé. Le tableau 2.5 résume les résultats significatifs de chaque diamètre alors que les détails des essais ainsi que les diagrammes contrainte-déformation ( $\sigma_s$ - $\varepsilon_s$ ) sont donnés à l'annexe B.

**Tab. 2.5:** Caractéristiques des aciers d'armature  
(valeurs entre parenthèses : écart-type)

$\emptyset$ [mm]	$f_s$ [MPa]	$f_t$ [MPa]	$\varepsilon_{su}$ [%]
10	500 (7)	553 (2)	4.5 (0.4)
16	510 (2)	607 (4)	12.9 (0.5)
20	551 (3)	659 (1)	9.4 (1.0)

1. Ciment type : CEM II/A-LL 42,5 N (Holcim Fluvio 4), voir annexe D.

2. Mesure du contenu d'eau par brûlage effectuée par le laboratoire mobile Holcim.

3. Adjuvant : Superfluidifiant Sika® ViscoCrete® - 3088, voir annexe D.



## 3 Gestion des essais

### 3.1 Bâti de charge

La figure 3.1 montre les dimensions principales du bâti de charge. Les joints ont été testés à l'aide d'une machine TREBEL de capacité maximale de 10000 kN. Au centre du plateau inférieur mobile de la machine une série de plaques métalliques ont été empilées afin de garantir l'espace nécessaire pour disposer les dispositifs de mesure. Sur ces éléments une plaque métallique carrée  $260 \times 260 \times 50$  mm, représentant la colonne inférieure, a été disposée. La dalle a été posée sur cette dernière plaque et ensuite une autre plaque métallique carrée  $260 \times 260 \times 50$  mm, représentant la colonne supérieure, ainsi qu'une autre série de plaques d'épaisseur ont été empilées. Enfin l'échantillon a été poussé dans la machine pour le début de l'essai décrit dans la section suivante.

La zone d'appui sur la face non coffrée (supérieure) de la dalle a été meulée afin de régulariser la surface de contact. De plus, une couche de plâtre d'environ 0.5 mm d'épaisseur a été coulé entre le béton de la dalle et les plaques métalliques (supérieure et inférieure) qui ont été préalablement recouvertes par une feuille en PVC de 0.1 mm d'épaisseur.

### 3.2 Mode de chargement

Avant le début de l'essai une précharge de 1500 kN a été appliquée à l'échantillon, pendant quatre heures, avec le but d'assurer le meilleur contact possible entre les plaques et la dalle. Ensuite, la force a été réduite jusqu'à 150 kN afin de commencer de l'essai. L'essai a été contrôlé en déplacement, la vitesse imposée au vérin était dans un premier temps de 0.04 mm/min. Ensuite après rupture de la dalle cette vitesse a été augmentée jusqu'à un maximum de 0.4 mm/min. La figure 3.1 montre l'emplacement du capteur inductif prévu pour le contrôle du déplacement du vérin.

### 3.3 Mesures

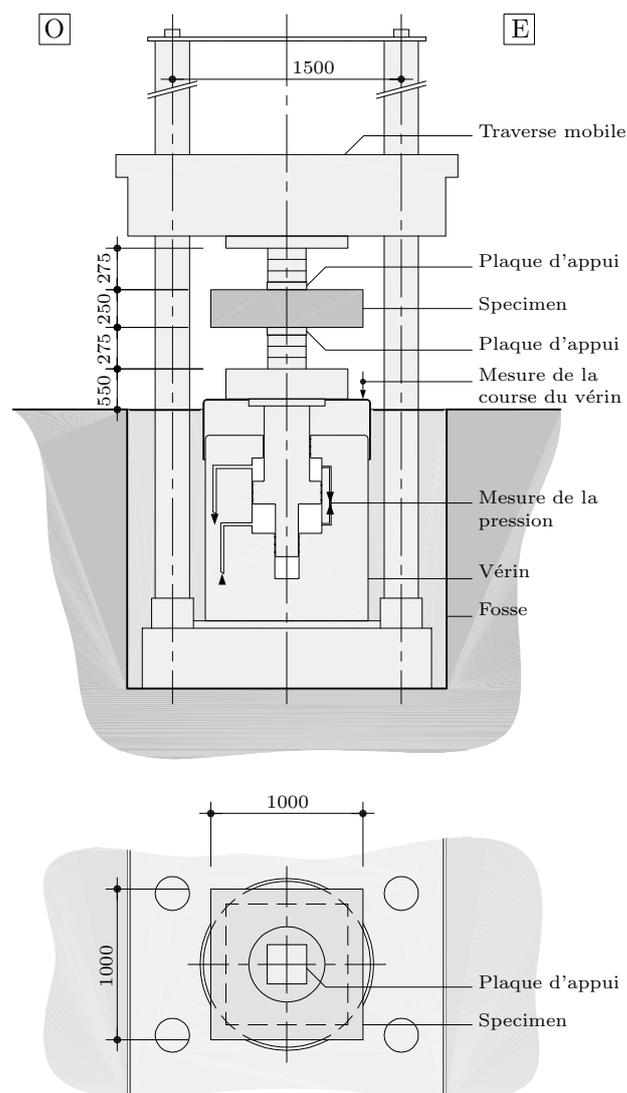
Deux types de mesures ont été effectuées pendant les essais :

1. Mesure de la force introduite :

Afin de connaître la force introduite sur les plaques d'appuis, des mesures de différence de pression entre les deux chambres du vérin de la machine ont été prises. La figure 3.1 donne des informations supplémentaires sur l'emplacement du vérin ainsi que le système de mesure de la force.

2. Mesure de l'enfoncement des plaques :

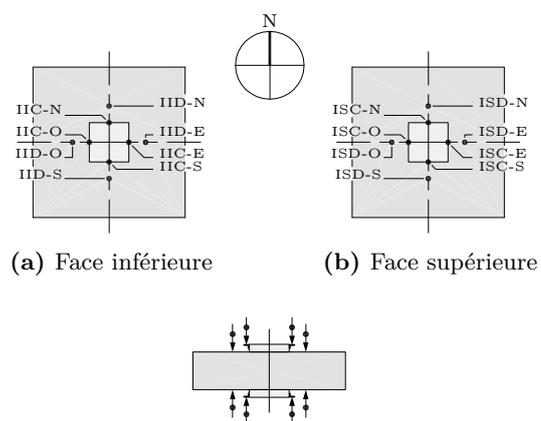
L'enfoncement des plaques métalliques dans la dalle lors de la mise en charge a été mesuré à l'aide de 16 capteurs inductifs. Quatre capteurs ont mesuré le déplacement de



**Fig. 3.1:** Bâti de charge, dimensions en [mm]

la plaque supérieure (un sur chaque côté) par rapport à une référence fixe à l'extérieur de la machine; autres quatre ont suivi la plaque inférieure. Par contre, le déplacement de la dalle a été suivi par 8 capteurs (quatre sur chaque face) placées sur les axes de symétrie à une distance de 110 mm depuis les bords des plaques métalliques.

La figure 3.2 montre l'emplacement des capteurs inductifs utilisés pour la mesure de l'enfoncement des plaques d'appui.



**Fig. 3.2:** Disposition des capteurs inductifs  
(IIC et ISC  $r = 130$  mm – IID et ISD  $r = 240$  mm)



## 4 Résultats

Ce chapitre présente les mesures récoltées lors des essais de chaque dalle. Ces résultats sont donnés sous forme de courbes charge - enfoncement de la colonne inférieure ( $N-\delta_{inf}$ ), charge - enfoncement de la colonne supérieure ( $N-\delta_{sup}$ ) et charge - changement d'épaisseur de la dalle entre les colonnes ( $N-\Delta h$ )<sup>1</sup>. De plus, les relevés des fissures sur la face supérieure, sur la face inférieure ainsi que sur la coupe, le long de l'axe N-S, sont montrées pour toutes les dalles.

Le tableau 4.1 donne une vue d'ensemble des caractéristiques des dalles et des résultats principaux.

---

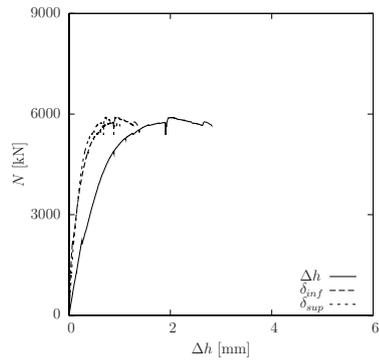
1. La valeur de  $\Delta h$  reportée sur les graphiques ne correspond pas à la somme de  $\delta_{inf}$  et  $\delta_{sup}$ . Ceci est dû au fait que ces deux dernières mesures, au contraire de la première, sont influencées par l'augmentation d'épaisseur de la dalle à l'extérieur des colonnes (voir coupes des dalles montrées à la section 4.2).

**Tab. 4.1:** Résumé des résultats  
 (\* acier écroui à froid - † acier à dureté naturelle)

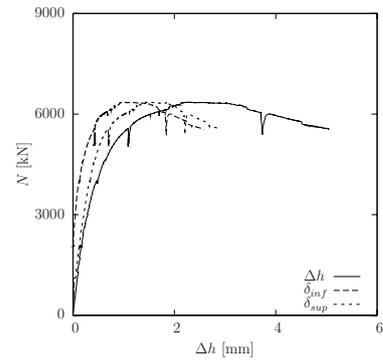
Dalle	$d_m$ [mm]	$\rho$ [%]	$\rho'$ [%]	$f_{s,sup}$ [MPa]	$f_{s,inf}$ [MPa]	$f_{cm,essai}$ [MPa]	$f_{ctm,essai}$ [MPa]	$E_{cm,essai}$ [GPa]	$N_R$ [kN]	$\Delta h_R$ [mm]
PG31	203	0.27	0.27	500*	500*	50.7	3.3	33.7	5898	1.72
PG32	204	0.35	0.27	500*	500*	51.2	3.4	33.7	6354	1.84
PG33	200	0.80	0.27	510†	500*	51.6	3.4	33.7	6969	2.00
PG34	200	1.57	0.27	551†	500*	51.6	3.4	33.7	7622	2.19

## 4.1 Courbes charge - déformation

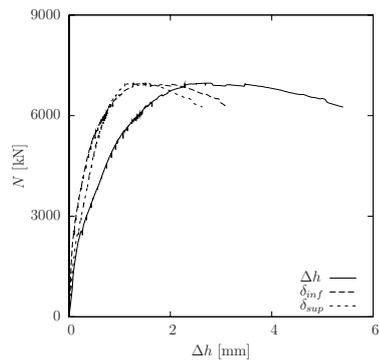
**PG31 -  $\rho = 0.25\%$**



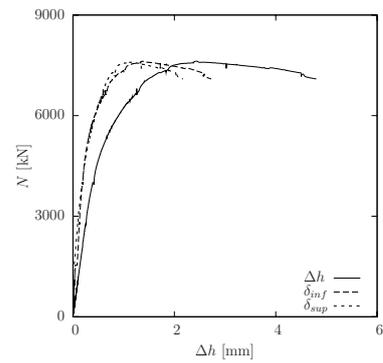
**PG32 -  $\rho = 0.33\%$**



**PG33 -  $\rho = 0.75\%$**



**PG34 -  $\rho = 1.50\%$**



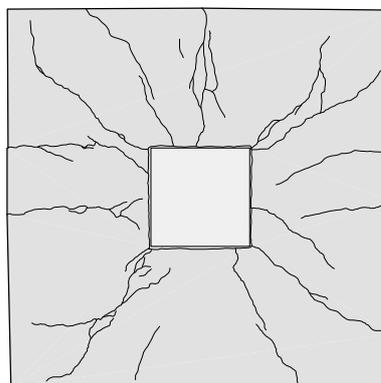
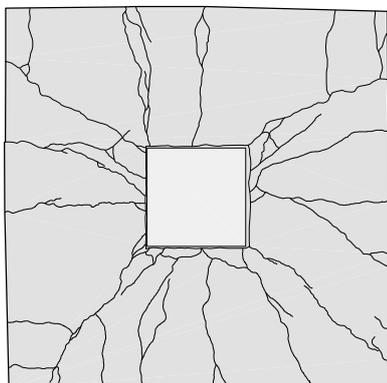
## 4.2 Relevé des fissures

PG31 -  $\rho = 0.25\%$

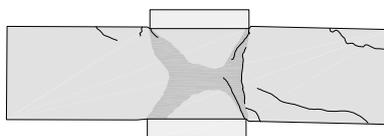
face supérieure



face inférieure



coupe axe N-S

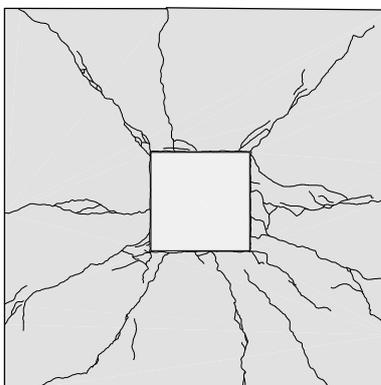
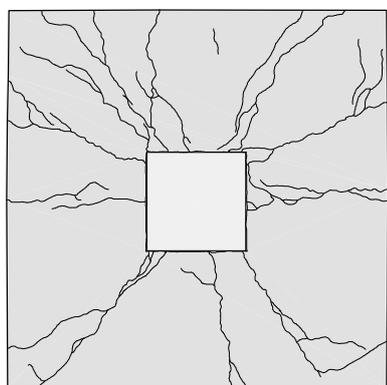


PG32 -  $\rho = 0.33\%$

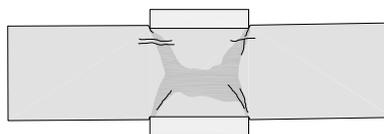
face supérieure



face inférieure



coupe axe N-S

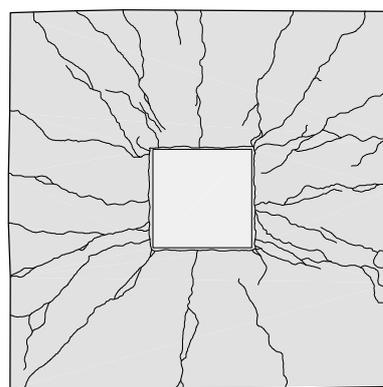
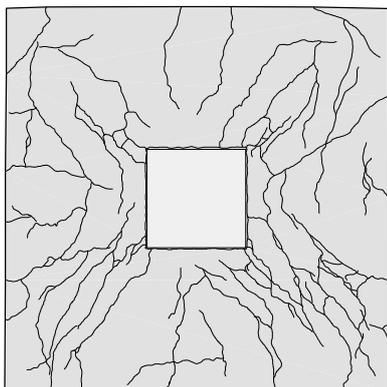


PG33 -  $\rho = 0.75\%$

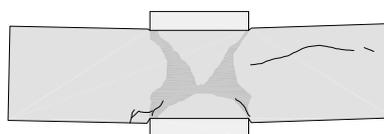
face supérieure



face inférieure



coupe axe N-S

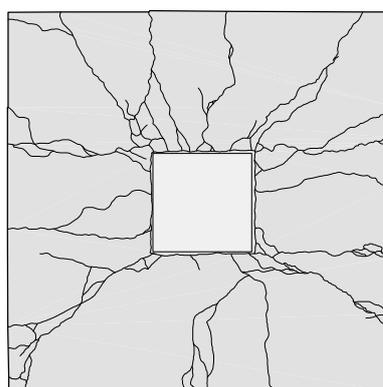
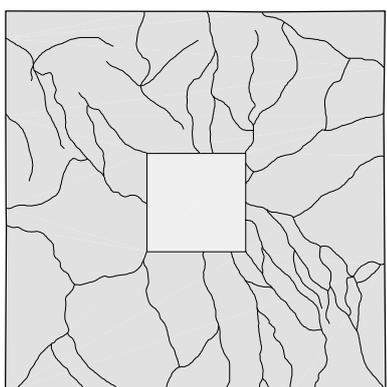


PG34 -  $\rho = 1.50\%$

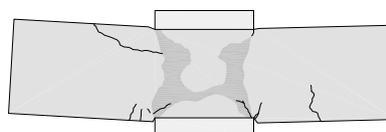
face supérieure



face inférieure



coupe axe N-S





# Bibliographie

- [Bia60] **Bianchini A.C., Woods R.E., Kesler C.E.**; *Effect of floor concrete strength on column strength*; ACI Journal Proceedings; Vol. 56 (5), 1960; 1149 – 1169.
- [Cri82] **Crisinel M.**; *La halle d'essais des structures de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne*; Ingénieurs et architectes suisses; Vol. 108 (1), 1982; 3 – 9.
- [Gam91] **Gamble W.L., Klinar J.D.**; *Test of High-Strength Concrete Columns with Intervening Floor Slabs*; Journal of Structural Engineering; Vol. 117 (5), 1991; 1462 – 1476.
- [McH00] **McHarg P.J., Cook W.D., Mitchell D., Soo-Yoon Y.**; *Improved Transmission of High-Strength Concrete Column Loads through Normal Strength Concrete Slabs*; ACI Structural Journal; Vol. 97 (1), 2000; 157 – 165.
- [Osp97] **Ospina C.E., Alexander S.D.B.**; *Transmission of High-Strength Concrete Column Loads through Concrete Floors*; Rap. tech. 214; University of Alberta; Edmonton, 1997.
- [Sha05] **Shah A., Dietz J., Nguyen V.**; *Experimental Investigation of Column-Slab Joints*; ACI structural journal; Vol. 102 (1), 2005; 103 – 113.
- [SIA 262/1] **SIA Société suisse des Ingénieurs et des Architectes**; *SIA 262/1 – Construction en béton - Spécifications complémentaires*; SIA, Zürich; 2003; 40 pp.
- [SIA 262] **SIA Société suisse des Ingénieurs et des Architectes**; *SIA 262 – Construction en béton*; SIA, Zürich; 2003; 90 pp.

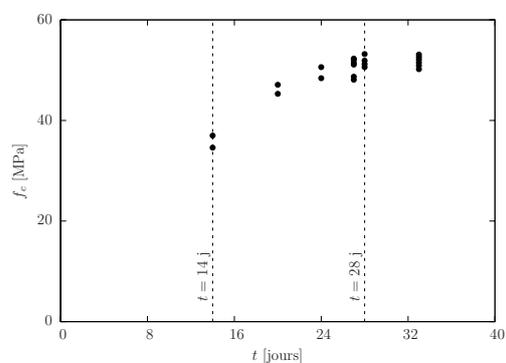


# **Annexe A**

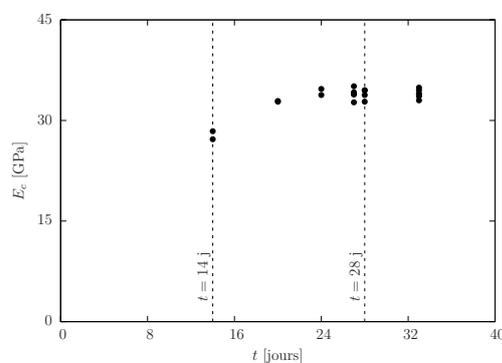
## **Essais sur le béton durci**

**Tab. A.1:** Essais sur le béton durci

Echantillon	Age [jours]	$f_c$ [MPa]	$f_{ct}$ [MPa]	$E_c$ [GPa]	Commentaires
BV16-01	14	34.6	-	27.2	
BV16-02	14	37.0	-	28.4	
BV16-03	28	53.2	-	34.5	
BV16-04	28	51.9	-	34.5	
BV16-05	28	50.6	-	32.8	
BV16-06	28	51.2	-	33.8	
BV16-07	28	-	3.4	-	
BV16-08	28	-	3.3	-	
BV16-09	28	-	3.6	-	
BV16-10	20	47.1	-	32.8	
BV16-11	20	45.3	-	32.9	
BV16-12	24	50.6	-	34.7	Essai dalle PG31
BV16-13	24	48.4	-	33.8	Essai dalle PG31
BV16-14	27	52.3	-	35.1	Essai dalle PG33 et PG34
BV16-15	27	51.1	-	34.2	Essai dalle PG33 et PG34
BV16-16	27	48.1	-	32.7	Essai dalle PG33 et PG34
BV16-17	27	51.5	-	34.0	Essai dalle PG33 et PG34
BV16-18	27	52.1	-	33.9	Essai dalle PG33 et PG34
BV16-19	27	48.7	-	33.9	Essai dalle PG33 et PG34
BV16-20	33	50.9	-	33.0	
BV16-21	33	52.1	-	34.0	
BV16-22	33	52.6	-	33.6	
BV16-23	33	51.5	-	34.9	
BV16-24	33	50.2	-	33.9	
BV16-25	33	53.1	-	34.5	



(a) Résistance à la compression



(b) Module d'élasticité

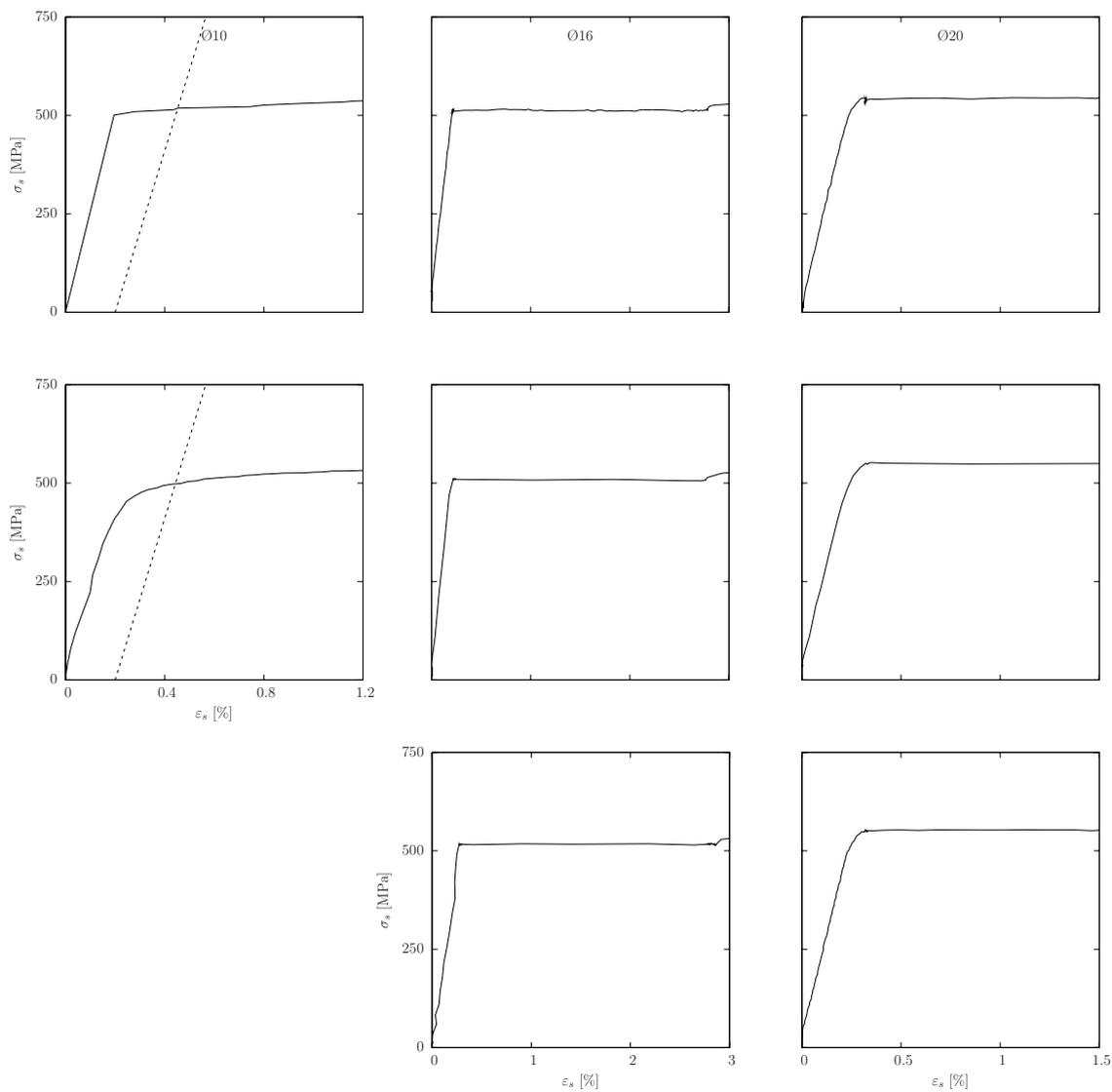
**Fig. A.1:** Evolution dans le temps des caractéristiques mécaniques du béton

# Annexe B

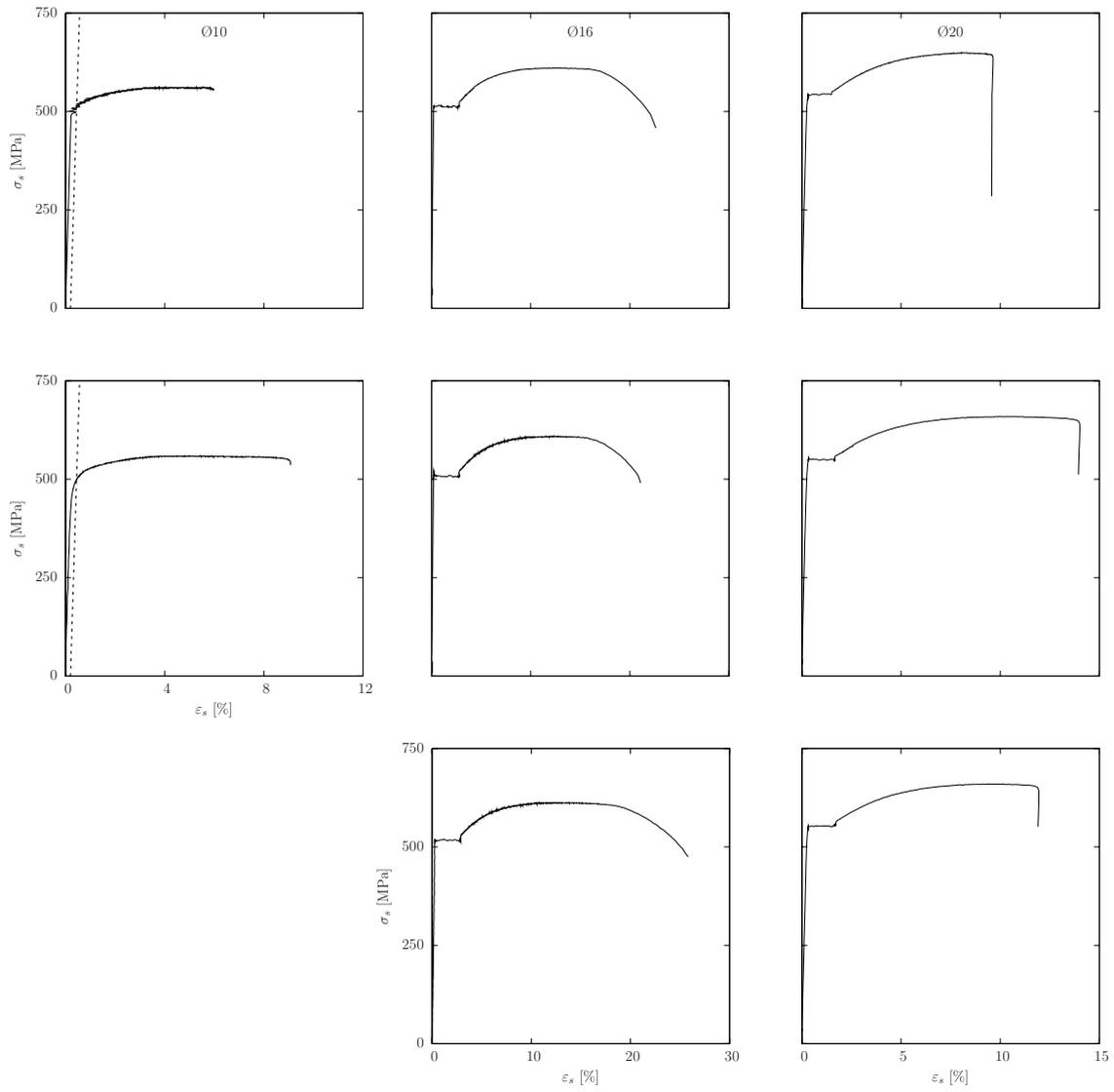
## Essais de traction des barres d'armature

Les essais de traction des barres d'armature ont été effectués avec une machine AMSLER de 1000 kN. La mesure de l'allongement a été réalisée avec un vidéo-extensomètre et la mesure de la force introduite avec un capteur de force intégré dans la machine. La contrainte a été déduite en divisant la force mesurée par l'aire nominale de la section.

Les figures B.1 et B.2 montrent les courbes contrainte-déformation de certains des tests réalisés. Pour certaines barres l'allongement lors de la striction a été mesuré. Pour les barres d'armature en acier écroui à froid, la ligne nécessaire pour la détermination de la contrainte d'écoulement, conformément la norme SIA 262 [SIA 262] (chiffre 3.2.2.2), est montrée en pointillé.



**Fig. B.1:** Essais de traction des barres d'armature, détail du début d'érouissage



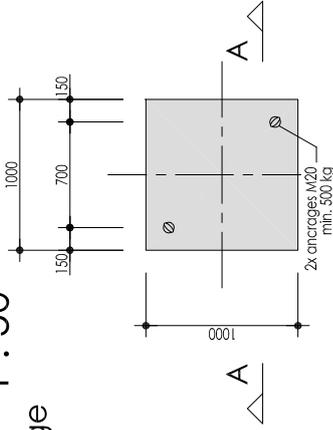
**Fig. B.2:** Essais de traction des barres d'armature, courbe jusqu'à la rupture



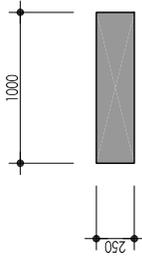
# **Annexe C**

## **Plans de coffrage, d'armature et listes de fer**

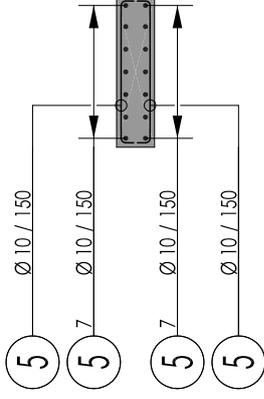
PLAN 1 : 50  
coffrage



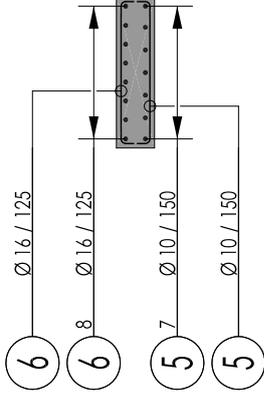
SECTION A - A



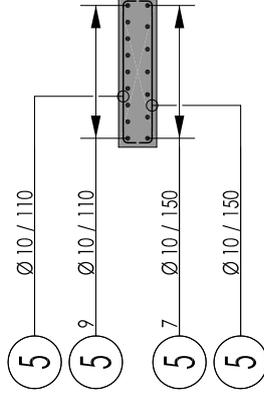
SECTION B - B  
PG31



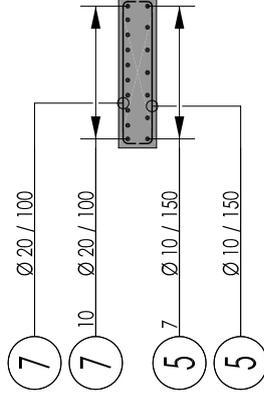
SECTION B - B  
PG33



SECTION B - B  
PG32

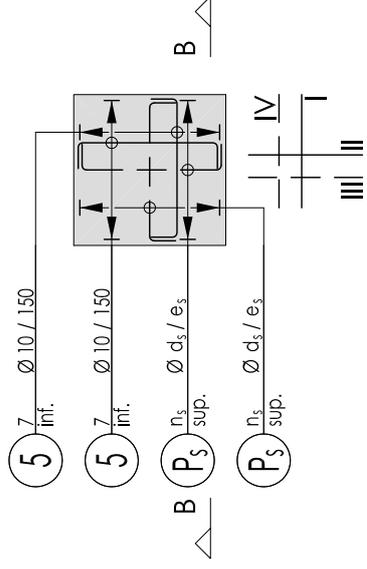


SECTION B - B  
PG34



Dalle :	$\rho_{sup}$ [%]	$P_s$	$n_s$	$d_s$ [mm]	$e_s$ [mm]
PG31	0.25	5	7	10	150
PG32	0.33	5	9	10	110
PG33	0.75	6	8	16	125
PG34	1.50	7	10	20	100

PLAN 1 : 50  
armature



Date : 29 septembre 2008

Des. : rg Con. : rg

Révisions :

-

-

Béton : - PG31-34 vibré (fourni par Holcim)

$D_{max}$  : - PG31-34 16 mm

Enrobage : 20 mm (sur surfaces coffrées)

Dalles effort normale

Dalles : de PG31 à PG34  
plan de coffrage et d'armature

EPFL - ENAC - IS-Béton  
laboratoire de construction en béton

Plan N° : 2008-08.02-004

Remarques :

- pour essais des matériaux 2 barres des positions 5, 6 et 7 sont à transmettre à l'EPFL

Ingénieur :	Liste d'armatures No. : 2008-08.02-901a		
Construction :	Dalles de poinçonnement série : PG et PT dalles : de PG19 à PG36; PT41 et PT42	Pour le plan No. : de 2008-08.02-001 à 005 et de 2008-07.01-001 à 002	
		Date : 07.10.2008	
Entreprise :	EPFL - ENAC - IS-BETON GC B2, 1015 Lausanne	ACIER B 500B TOPAR S selon SIA 262	
			Dessiné : rg
			Vérifié : -
		Révisé : -	

### Récapitulation de la liste d'armatures :

Ø [mm]	Longueurs fixes et de stock :		Poids par m [kg/m] :	Ø [mm]	Barres façonnées :	
	Longueur [m] :	Poids [kg] :			Longueur [m] :	Poids [kg] :
6			0.222	6		
8			0.395	8		
10			0.617	10	3027.12	1867.7
12			0.888	12		
14			1.21	14		
16			1.58	16	1149.24	1815.8
18			2.00	18	363.52	727.0
20			2.47	20	1831.80	4524.5
22			2.98	22		
26			4.17	26		
30			5.55	30		
34			7.13	34		
40			9.87	40		

Total longueurs fixes et de stock :	- kg	Total barres façonnées :	8935.0 kg
-------------------------------------	------	--------------------------	-----------

Nombre de positions : (sans les longueurs de stock)	7	Total général :	8935.0 kg
---	---	-----------------	-----------

Paniers de support : (longueur 2.5 m)	Cavaliers :
---------------------------------------	-------------

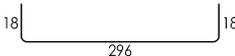
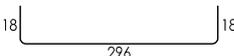
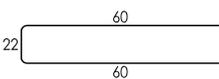
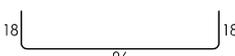
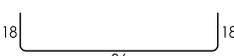
Nbre.	Longueur totale [m]	Hauteur [mm]	Pied plast.		Nbre.	Hauteur [mm]	Remarques	Pied plast.	
			avec	sans				avec	sans
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ACIER B 500B  
TOPAR S

Plan No. :  
08.02-001 / 005  
07.01-001 / 002

Liste de fer No. :  
2008-08.02-901a

Page :  
1

Pos.	Nbre.	Ø	Longueur		Façonnage (mesures exterieures en [cm]) sauf indications spéciales les armatures sont pliées selon les spécifications de la norme SIA 262	Remarques
			dev.	totalle		
1	876	10	3.32	2908.32		7x (24+24) + 9x (30+30)
2	339	16	3.32	1125.48		7x (24+24) + 3
3	543	20	3.32	1802.76		9x (30+30) + 3
4	256	18	1.42	363.52		16x 16
5	90	10	1.32	118.80		5x (7+7) + (9+9) + 2
6	18	16	1.32	23.76		8+8 + 2
7	22	20	1.32	29.04		10+10 + 2
<p><b>Remarques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les barres livrées sont destinées aux trois séries de dalles pour l'EPFL.</li> <li>- Il est impératif de ne pas les mélanger avec d'autres armatures et de les conserver soigneusement.</li> <li>- Pour essais des matériaux 3 barres des positions 2, 3, ainsi que 2 barres des positions 5, 6 et 7 sont à transmettre à l'EPFL.</li> <li>- Toutes les barres du même diamètre doivent être coupées de la même fourniture d'acier.</li> </ul>						

# **Annexe D**

## **Fiches techniques des produits**

# Fiche produit

1er trimestre 2009



Marque : **Fluvio 4**  
 Désignation normalisée SN EN 197-1 : Ciment Portland au calcaire CEM II/A-LL 42,5 N  
 Numéro certificat de conformité CE : 0965-CPD-C0263  
 Usine : **Eclépens / CH**  
 Matériaux de base : Clinker (K) - calcaire (LL)  
 Indication concernant la quantité de calcaire selon la norme SN EN 206-1, Annexe NC: La teneur pondérale en calcaire du ciment vaut en moyenne 17% de la masse de ciment.  
 Régulateur : Gypse



Reg. Nr. 30975

Valeurs moyennes à l'expédition pour la période : janvier 09 - mars 09					
Essais selon la norme SN EN 196 (SIA 215.001)			Exigences de la norme SN EN 197-1 (SIA 215.002)		
	moyenne	écart type			
Résistance à 2 jours	24.7	1.1	N / mm <sup>2</sup>	≥ 10.0	N / mm <sup>2</sup>
Résistance à 28 jours	50.8	1.1	N / mm <sup>2</sup>	≥ 42.5 / ≤ 62.5	N / mm <sup>2</sup>
Besoin en eau	29.2	0.7	%	non fixé	
Début de prise	211	16	minutes	≥ 60	minutes
Stabilité de volume (Le Chatelier)	0.4		mm	≤ 10	mm
Perte au feu	8.0		%	non fixé	%
Insoluble SO <sub>3</sub>	-		%	non fixé	%
	2.7		%	≤ 3.5	%
Chlorures	0.02		%	≤ 0.10	%

## Données complémentaires

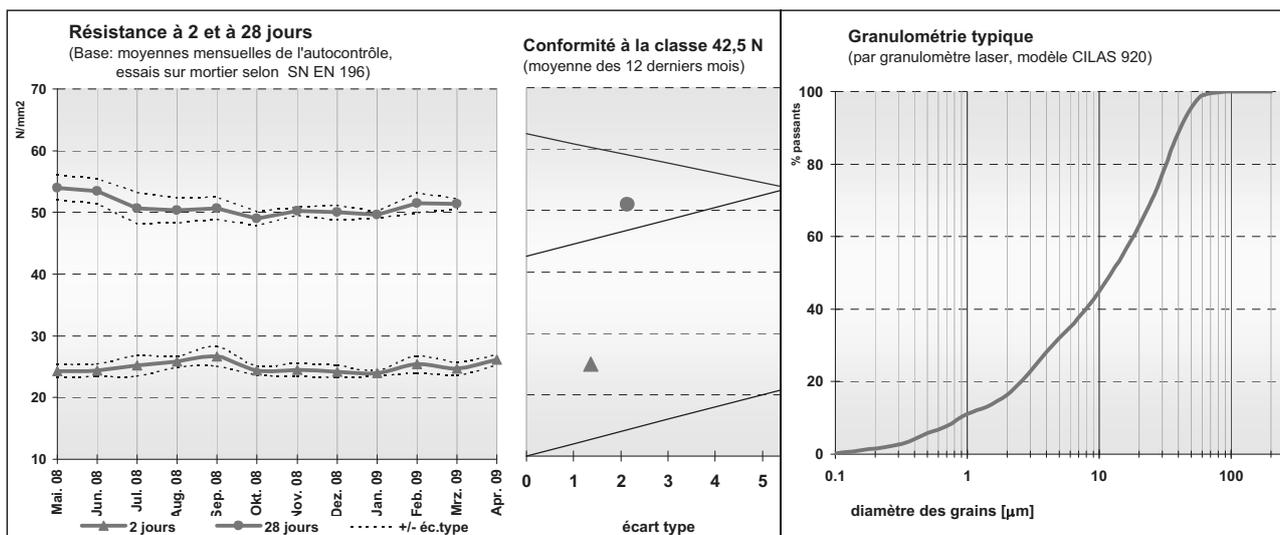
Na<sub>2</sub>O équivalent **0.76** %  
(totalité)

Blaine **4130** cm<sup>2</sup>/g  
(La valeur Blaine est déterminée de manière relative. Par conséquent on ne peut comparer entre elles que des valeurs Blaine pour un même type de ciment produit dans la même usine.)

## Valeur indicative

Densité apparente **env. 1130** kg/m<sup>3</sup>  
(méthode d'essai DIN 1060/EN 459; non tassé)

Masse volumique **env. 3060** kg/m<sup>3</sup>



Etélabi par : Holcim (Schweiz) AG, Produktmanagement Zement Date actualisée : 22.05.09/TSC Archive : PM-ZM LN-Datenbank Date d'impression : 17.06.2009

Remarques:

Les valeurs ci-dessus ne constituent pas une garantie, mais elles confirment que les exigences de la norme SN EN 197-1 sont respectées.  
 Pour tout renseignement: Holcim (Suisse) SA - Ventés Ciments tél. : 058 / 850 92 55; fax : 058 / 850 92 90; e-mail : marketing-ch@holcim.com

## Sika® ViscoCrete®-3088

### Adjuvant du béton (FM-VZ)

# Construction

#### Description du produit

Sika® ViscoCrete®-3088 est un superplastifiant/réducteur d'eau de la dernière génération pour béton et mortier. Le produit satisfait aux exigences d'un adjuvant du béton du type FM-VZ selon la norme EN 934-2.

#### Emploi

Sika® ViscoCrete®-3088 convient pour la confection de béton en préfabrication, béton sur chantier et béton de centrale. Sika® ViscoCrete®-3088 est utilisé pour le béton en cas de temps de transport ou délai de mise en œuvre légèrement prolongés.

A teneur en liants définie et granulats donnés, les caractéristiques spécifiques du béton sont fonction de sa teneur en eau et du dosage de Sika® ViscoCrete®-3088.

Sika® ViscoCrete®-3088 s'utilise pour les sortes de béton suivantes:

- Béton avec réduction d'eau maximale
- Béton hautes performances
- Béton en été et en cas de longs transports et délais de mise en œuvre prolongés

L'utilisation de Sika® ViscoCrete®-3088 est recommandé en combinaison avec les types de ciments suivants:

- Ciments très réactifs
- Mélanges de ciments riches en fines

#### Avantages

Sika® ViscoCrete®-3088 combine plusieurs mécanismes d'action.

Par adsorption à la surface et le cloisonnement des fines pendant le processus d'hydratation, les propriétés suivantes sont atteintes:

- Réduction d'eau extrêmement importante (donc étanchéité et résistances élevées)
- Fluidité élevée (donc moins de travail pour la mise en œuvre et le compactage)
- Étanchéité fortement améliorée
- Meilleures caractéristiques de fluage et de retrait
- Carbonatation du béton ralentie

Sika® ViscoCrete®-3088 ne contient ni chlorures ni autres substances susceptibles de provoquer ou de favoriser la corrosion de l'acier et peut donc être utilisé sans restrictions pour la construction d'ouvrages en béton armé et précontraint.

#### Caractéristiques du produit

Genre	Jaumâtre
Couleurs	Emballage perdu (fût) de 220 kg
Conditionnement	Conteneur plastique échangeable de 1000 kg (propriété de Sika Schweiz AG)

#### Stockage

**Conditions de stockage /** En emballage d'origine non entamé, stocké à des températures entre +5 °C et +35 °C; 12 mois à partir de la date de production.

Protéger de l'influence directe des rayons du soleil et du gel.

Si le produit Sika® ViscoCrete®-3088 est gelé, celui-ci peut être réutilisé après avoir été lentement dégelé à température ambiante et après un malaxage intensif.

#### Caractéristiques techniques

Base chimique	Polycarboxylate modifié en phase aqueuse
Uniformité	Homogène
Densité	1.06 ± 0.01 kg/l (densité relative)
Valeur pH	5.5 ± 0.5
Teneur en alcalis	< 3.0 M-% (équivalent Na <sub>2</sub> O)
Teneur usuelle en corps solides	30.0 ± 1.0 M-%
Viscosité	60 mPa s à +20 °C
Teneur en chlorure soluble dans l'eau	< 0.1 M-%

#### Remarques pour la mise en œuvre

**Dosage** 0.2 – 2.0 %. Les dosages se rapportent au poids du ciment.

#### Instructions pour la mise en œuvre

**Malaxage des produits** Sika® ViscoCrete®-3088 est ajouté dans l'eau de gâchage ou dans le malaxeur en même temps que l'eau.

Nous recommandons un malaxage mouillé soigneux pendant au moins 60 secondes.

Pour éviter un excès d'eau dans le béton, il faut veiller en plus à ne pas procéder au dosage fin de l'eau avant 40 secondes.

**Temps d'utilisation** Au vu de la durée de mise en œuvre prolongée du béton enrichi de Sika® ViscoCrete®-3088, les facteurs suivants peuvent faire augmenter la pression de coffrage:

- Consistance du béton
- Vitesse de montée du niveau
- Changements de températures

<p><b>Autres remarques</b></p> <p>Avec Sika® ViscoCrete®-3088 on confectionne des bétons de la plus haute qualité. Il faut cependant aussi avec Sika® ViscoCrete®-3088, observer les règles de l'art de la préparation et de la mise en oeuvre de béton.</p> <p>Il faut également veiller à observer un traitement de cure optimal du béton jeune. Pour garantir une mise en oeuvre et un traitement de cure optimal du béton, il faut prévoir les mesures nécessaires selon SIA 262.</p>	<p><b>Renseignements importants</b></p> <p>Sika® ViscoCrete®-3088 se combine de façon utile avec les produits Sika® suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sika® Stabilizer-229</li> <li>- SikaPump®</li> <li>- SikaFume®-HR/-TU</li> <li>- Sika® Retarder et Sika® Retardol-25</li> <li>- Fro-V5-A-V10</li> <li>- Sika® PerFin-300</li> </ul> <p>Des essais préliminaires avec ces produits sont indispensables. Notre service d'assistance technique est à votre disposition pour tout conseil relatif à un objet important.</p>
<p><b>Valeurs mesurées</b></p>	<p>Toutes les valeurs techniques indiquées dans cette fiche technique du produit sont basées sur des tests effectués en laboratoire. Des circonstances indépendantes de notre volonté peuvent conduire à des déviations des valeurs effectives.</p>
<p><b>Restrictions locales</b></p>	<p>Les indications mentionnées dans cette fiche technique du produit sont valables pour le produit correspondant livré par Sika Schweiz AG. Veuillez prendre en considération que les indications dans d'autres pays peuvent diverger. A l'étranger, veuillez consulter la fiche technique du produit locale.</p>
<p><b>Renseignements importants de sécurité</b></p>	<p>Pour plus de détails, veuillez consulter la fiche de sécurité actuelle sous <a href="http://www.sika.ch">www.sika.ch</a></p>
<p><b>Renseignements juridiques</b></p>	<p>Les informations contenues dans la présente notice, et en particulier les recommandations concernant les modalités d'application et d'utilisation finale des produits Sika, sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que Sika a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales, conformément aux recommandations de Sika. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou recommandations écrites, ou autre conseil donné, n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés, ni aucune garantie de conformité à un usage particulier. L'utilisateur du produit doit vérifier par un essai sur site l'adaptation du produit à l'application et à l'objectif envisagés. Sika se réserve le droit de changer les propriétés de ses produits. Nos agences sont à votre disposition pour toute précision complémentaire. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont soumises à nos Conditions générales de Vente et de Livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la fiche technique correspondant au produit concerné, qui leur sera remise sur demande.</p>



Sika Schweiz AG  
 Case postale  
 8046 Zurich  
 CH-8046 Zurich  
 Téléphone 044 435 40 40  
 Fax 044 435 46 55  
 www.sika.ch

