



Fissuration sous chargement monotone

Claude Rospars



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie

04/06/2015



► Fissuration des ouvrages spéciaux:

Les paramètres de la fissuration sont des paramètres quantifiés dans l'EC2 et le CM2010 (Fissuration de surface)

Leurs contrôles doit garantir la durabilité et la pérennité des ouvrages :

- espacements de fissures,
- ouvertures de fissures,
- déformée globale sous chargement mécanique

► Mesures spécifiques mise en œuvre sur les corps d'épreuve:

- Prises de clichés – corrélation d'images (DIC)
 - Détermination de la statistique de fissuration en fonction du chargement
- Surveillance des déformées (LVDT + FO base longue)
- Mesures de déformations sur base courte (FO)
- + mesures internes de microdéformation et des températures à cœur (THM)

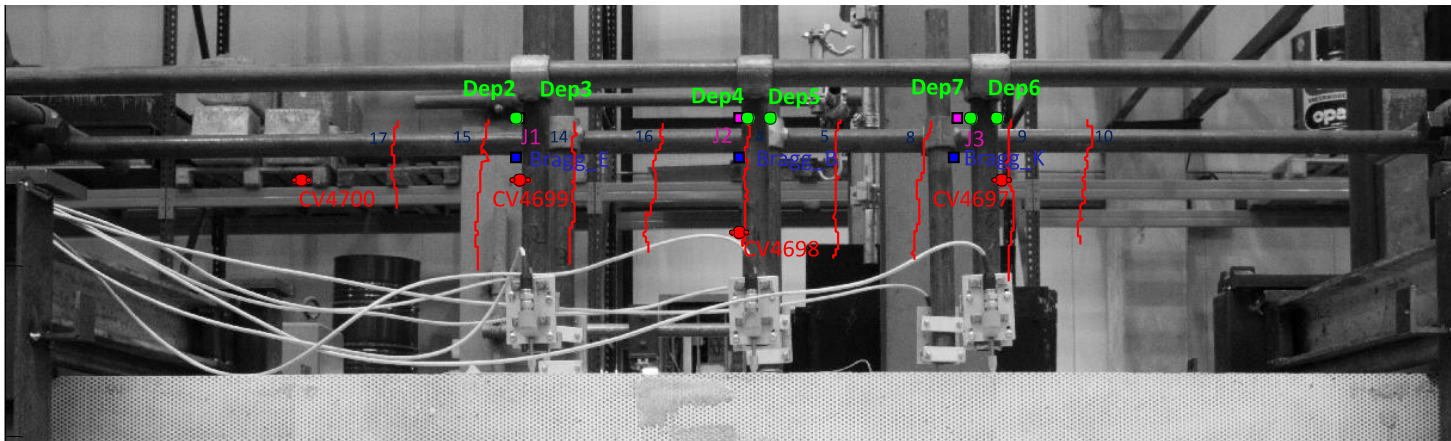
- ▶ Quantification de la fissuration de surface
 - Mesures espacements et ouvertures de fissures



Fissuromètres

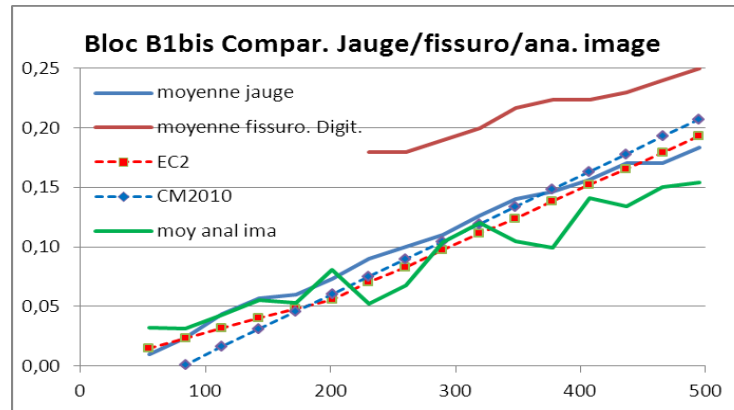


Reconstruction des pattern de fissuration par corrélation d'images (DIC)

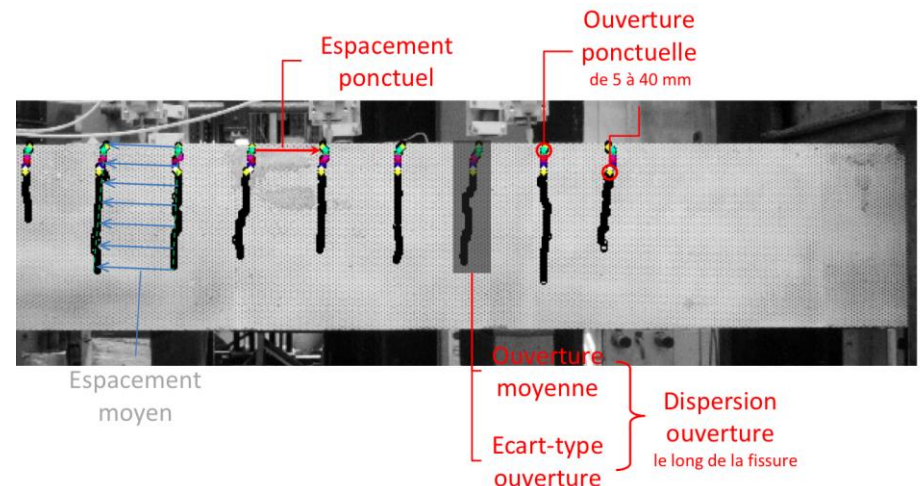
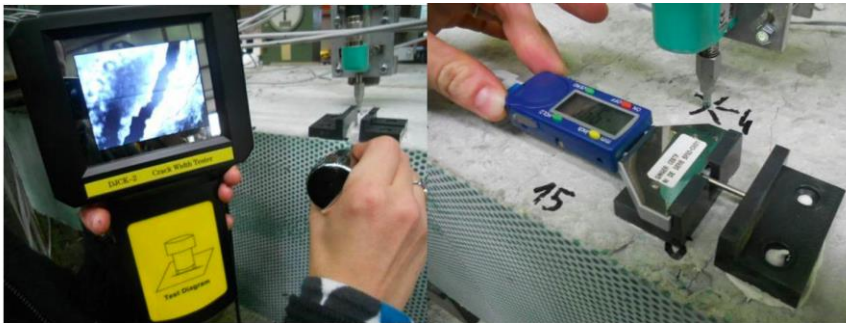


► Poutres RL échelle 1/3

- L'évolution des déformations globales et des fissurations montrent un comportement conforme au CM2010

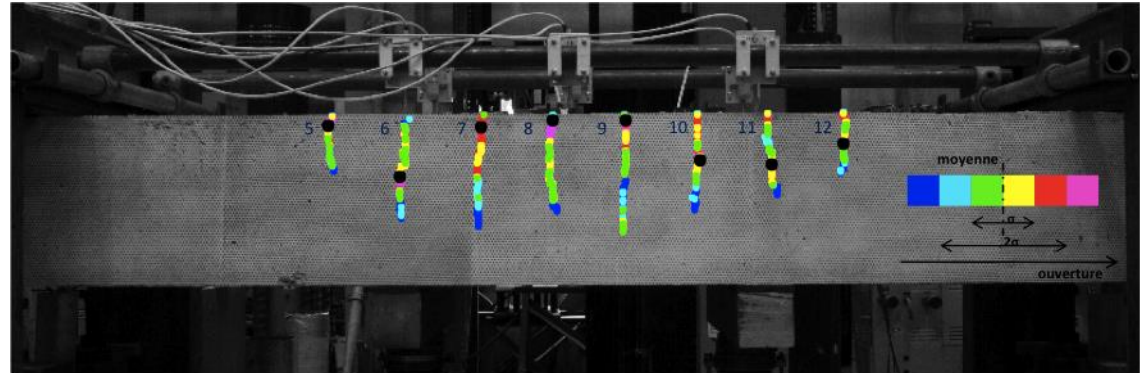


- Mesures des fissures par DIC et mesures locales

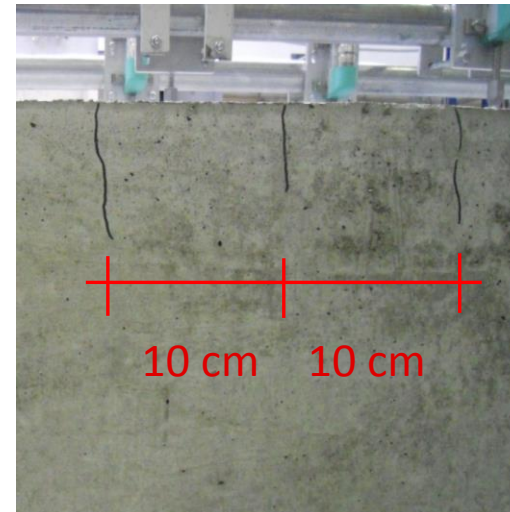
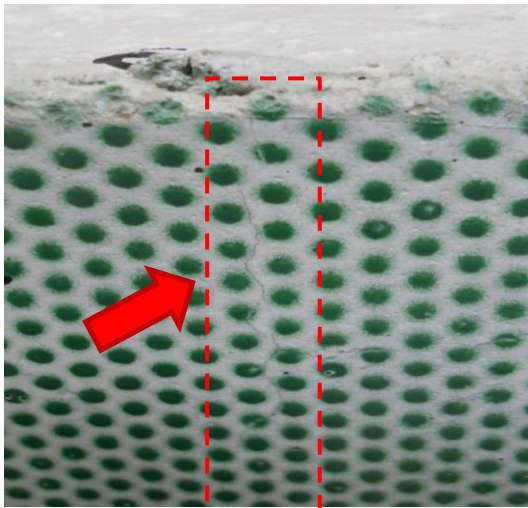


► Remarques complémentaires (RL 1/3)

- Localisation des Lieux d'ouvertures Max. de fissures



- Aucune influence des fissures de retrait gêné sur l'évolution des fissures sous chargement mécanique à l'ELS

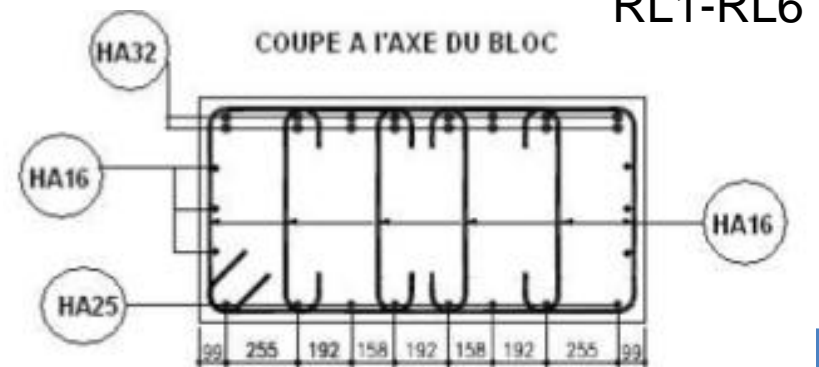
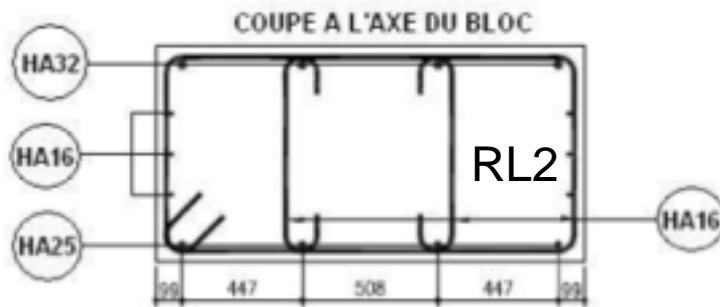


Espacement correspondant aux cadres

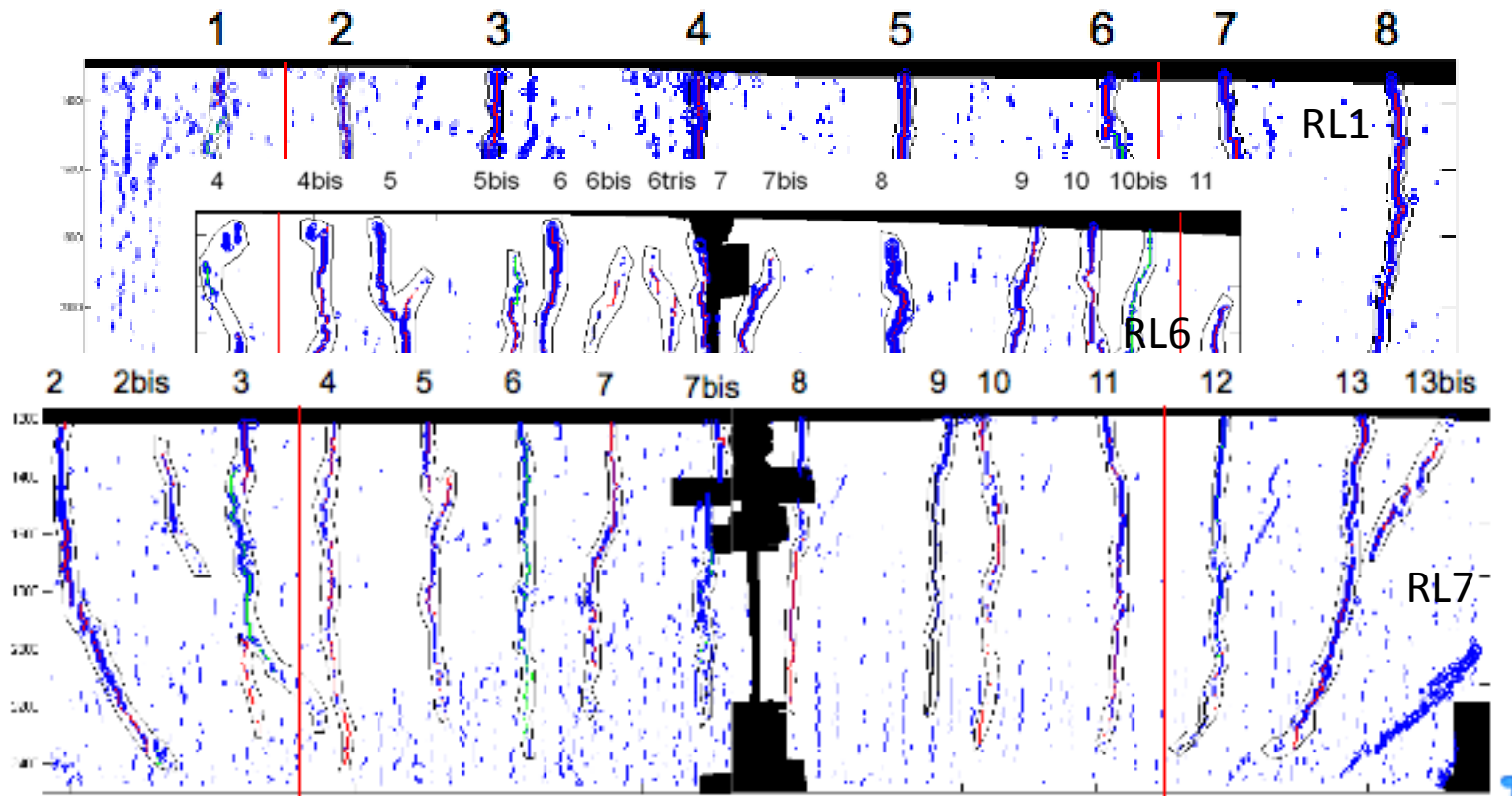
► Poutres RL échelle 1

7 RL beams : 6,1 m * 1,6 m * 0,8 m - 2 poutres de référence RL1 and RL6

RL type	Fctm (Mpa)	C (mm)	% rebars	Type of rebars
RL1	50	50	1.13	HA32
RL6 = RL1	50	50	1.13	HA32
RL2	50	50	0.28	HA32
RL3	50	50	1.1	HA40
RL4	50	70	1.17	HA32
RL5	30	50	1.13	HA32



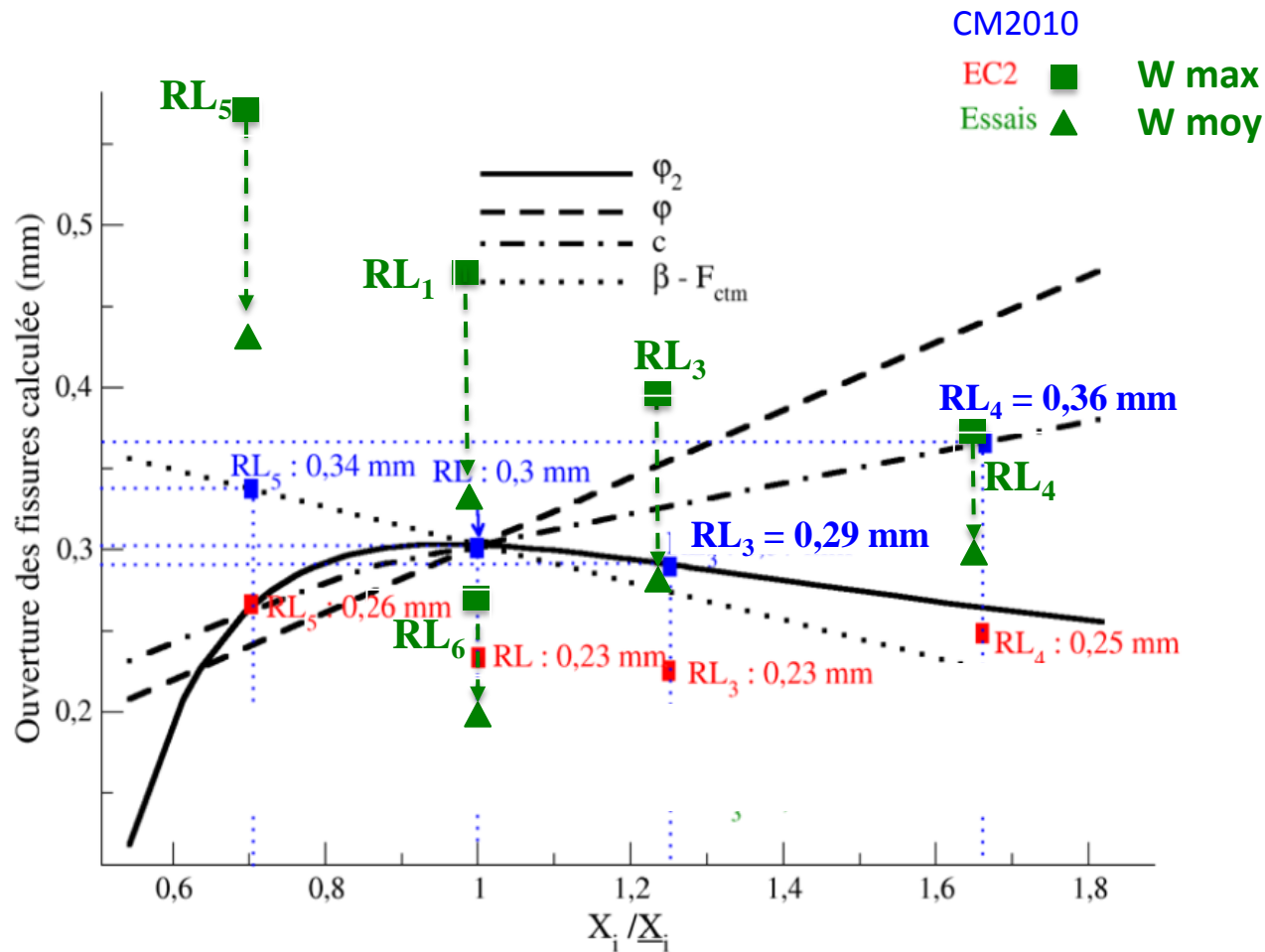
D.I.C.: Pattern de fissuration obtenus sur les poutres de référence (RL1, RL6 et RL7 (+câbles))



variant	specificity	Mean crack spacing	Minimum	Maximum
RL6	reference	243 mm	101 mm	590 mm
RL1	reference	313 mm	199 mm	380 mm

► Estimation des ouvertures de fissures

- Variation autour des valeurs calculées pour les blocs de références (RL1 et RL6) $F = 1300 \text{ kN}$ ($\sigma_s \approx 250 \text{ MPa}$)

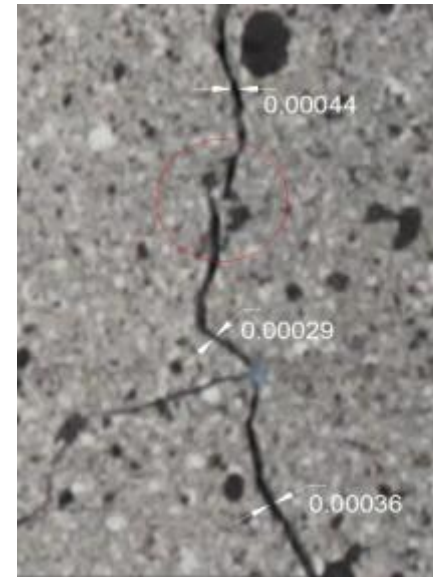
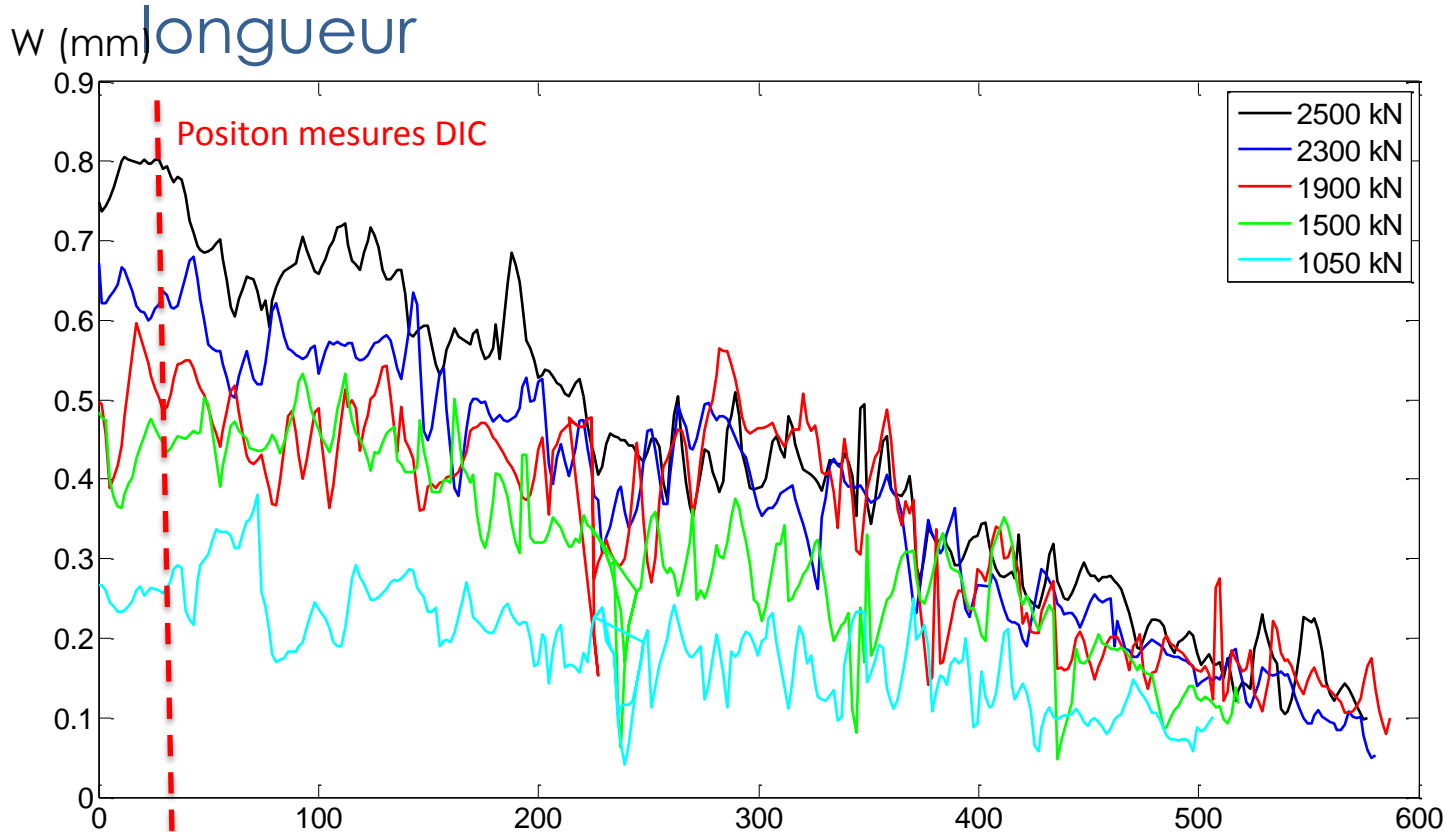


- ▶ Bilan des analyses sur la fissuration des blocs sous chargement statique monotone:
 - Echelle 1/3 = comportement relativement bien représenté par le CM2010 à l'ELS
 - Echelle 1 ouvrages spéciaux
 - 2 blocs de référence avec des résultats différents
 - Ouvertures des fissures globalement supérieures aux valeurs calculées (CM2010)
 - Difficultés à analyser à partir des résultats de fissuration relevées en surface

- ▶ Phénoménologie THM (analyse croisée des mesures)

- ▶ Qu'est ce qu'un paramètre pertinent de fissuration pour un ouvrage épais?

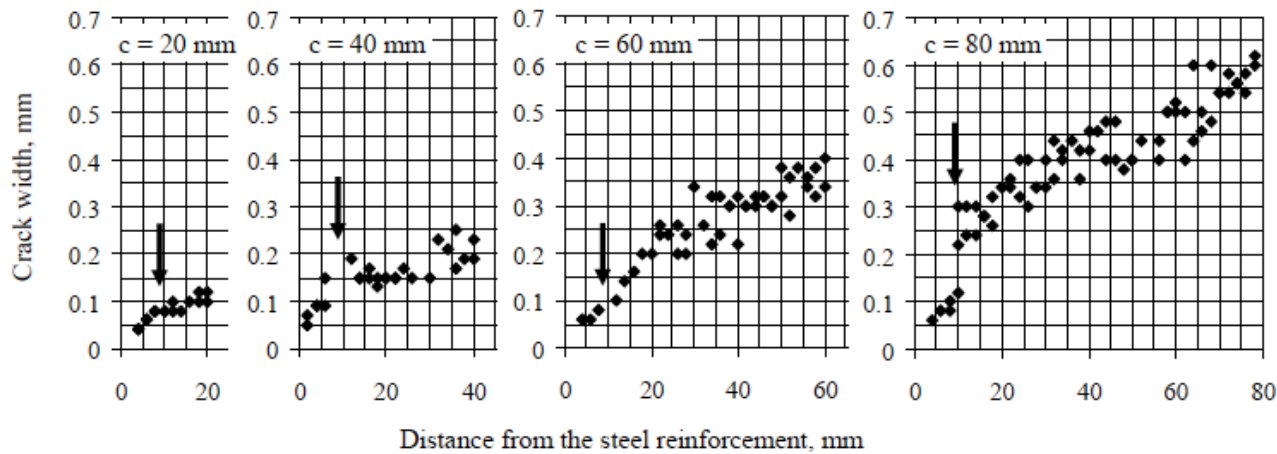
► Evolution des ouvertures de fissures sur leur longueur



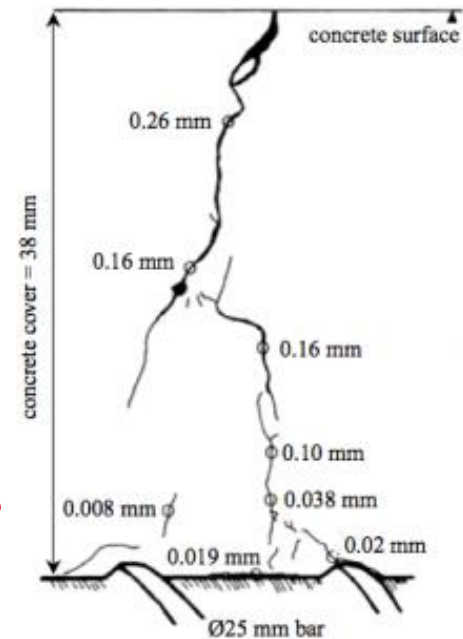
Suivi de l'ouverture d'une fissure depuis la surface supérieure (mm)

- L'ouverture mesurée en surface dépend de l'enrobage

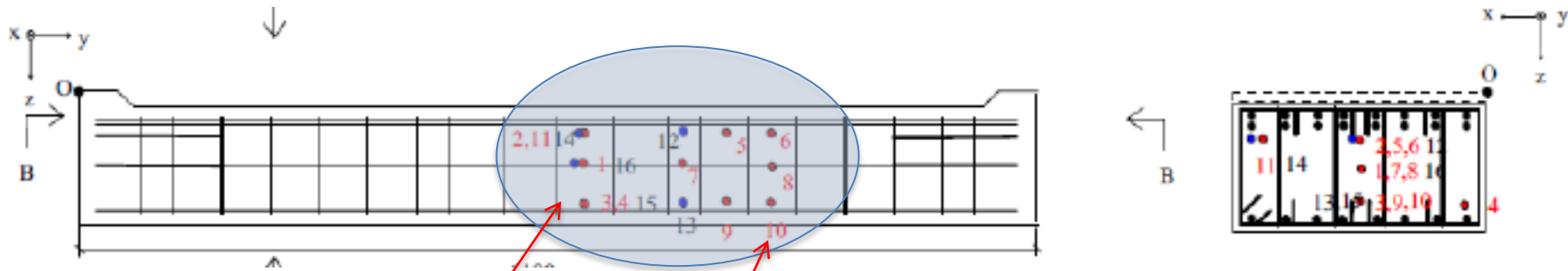
Borosnyoi, A. , Snobli I. 2010



- Comment caractériser la fissuration en surface ?
- Quel rôle sur le fonctionnement de l'ouvrage épais?
- Phénoménologie ?



► Principe d'instrumentation des poutres :



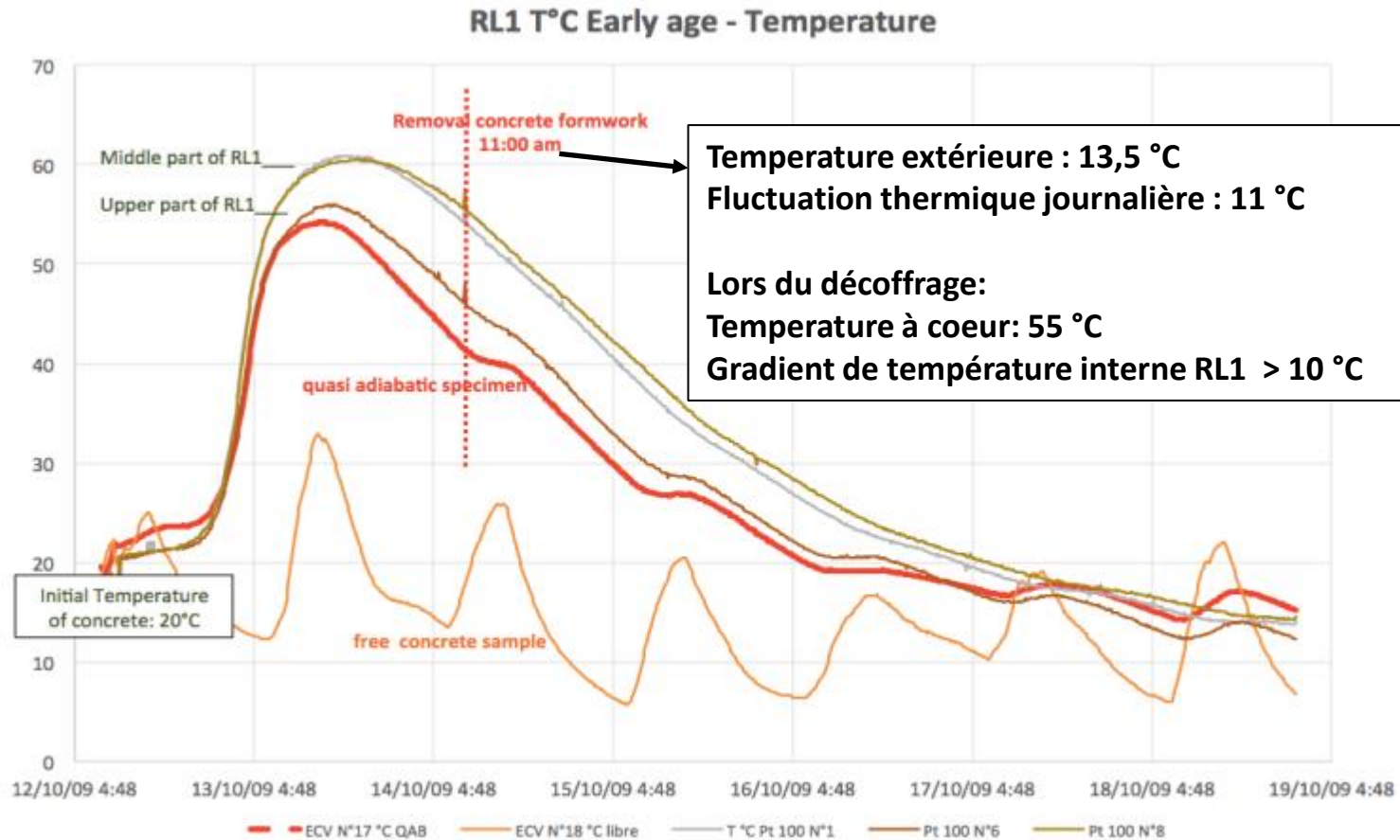
Instrumentation de la moitié de la poutre:

- 3 zones : centre poutre, fin de la zone de moment constant + milieu
- 3 lignes de capteurs: cœur, haut et bas
 - ECV (longitudinal et transverse) + Pt100
 - Répartition latérale face gauche et droite à cœur et en surface

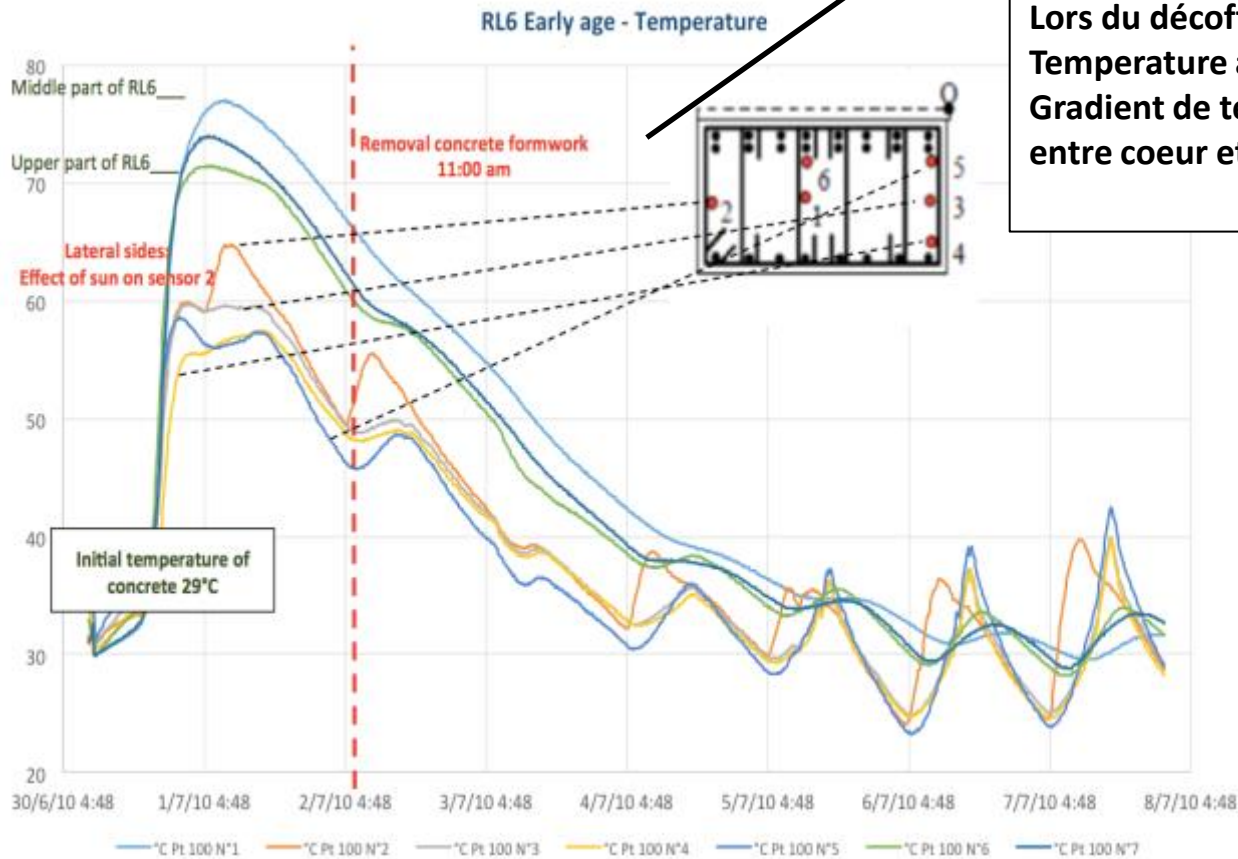
Objectifs :

- Estimer les gradients thermiques et leur conséquence sur les déformations locales et globales
- Analyse par rapport aux éprouvette témoins (libre et QAB) + météo

► Bloc de référence RL1



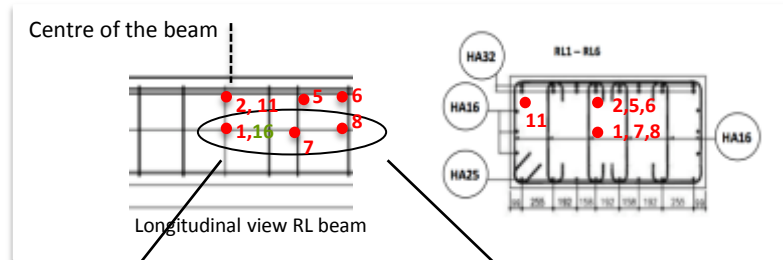
► Bloc de référence RL6



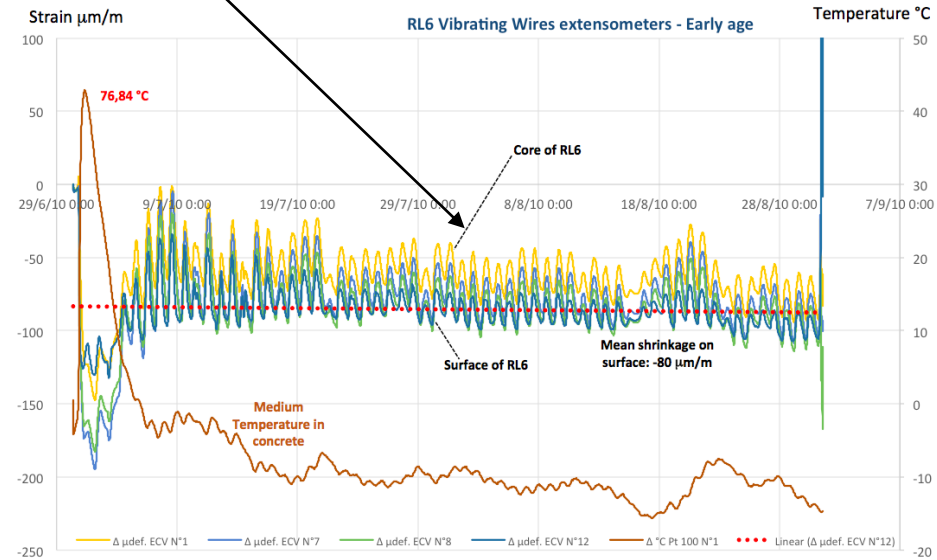
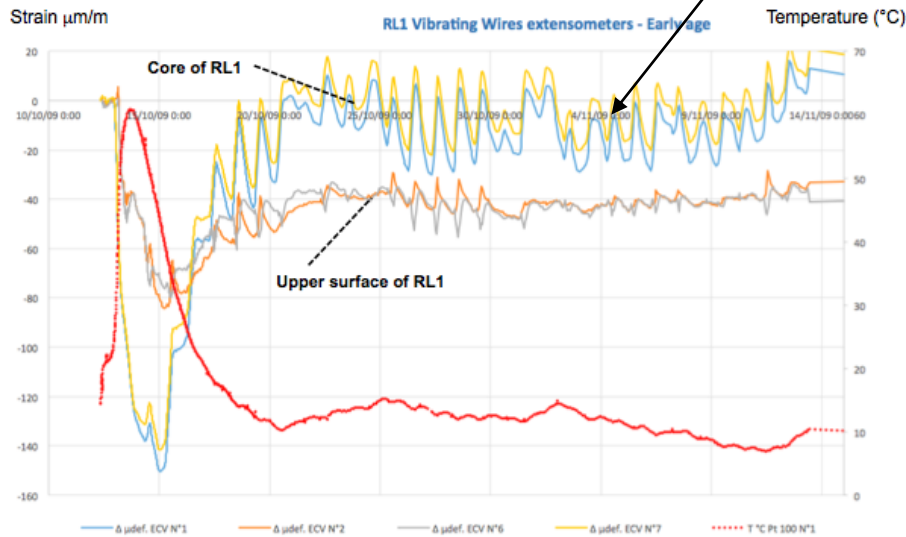
Temperature extérieure : 26 °C
Fluctuation journalière : 12°C

Lors du décoffrage:
Temperature à coeur : 66°C
Gradient de température RL6 ≈ 5°C
entre coeur et surface

► Micro déformations à cœur RL1 – RL6



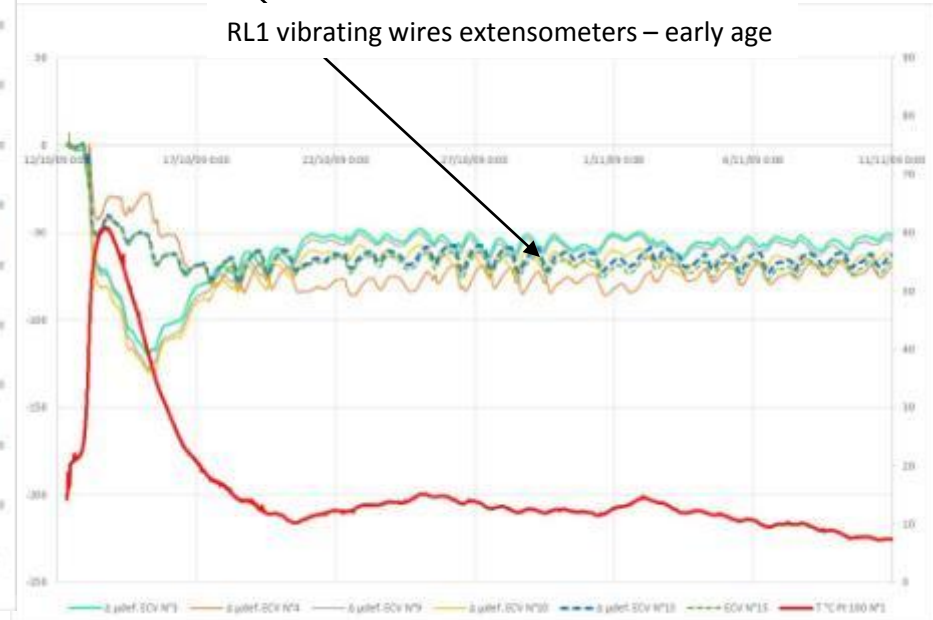
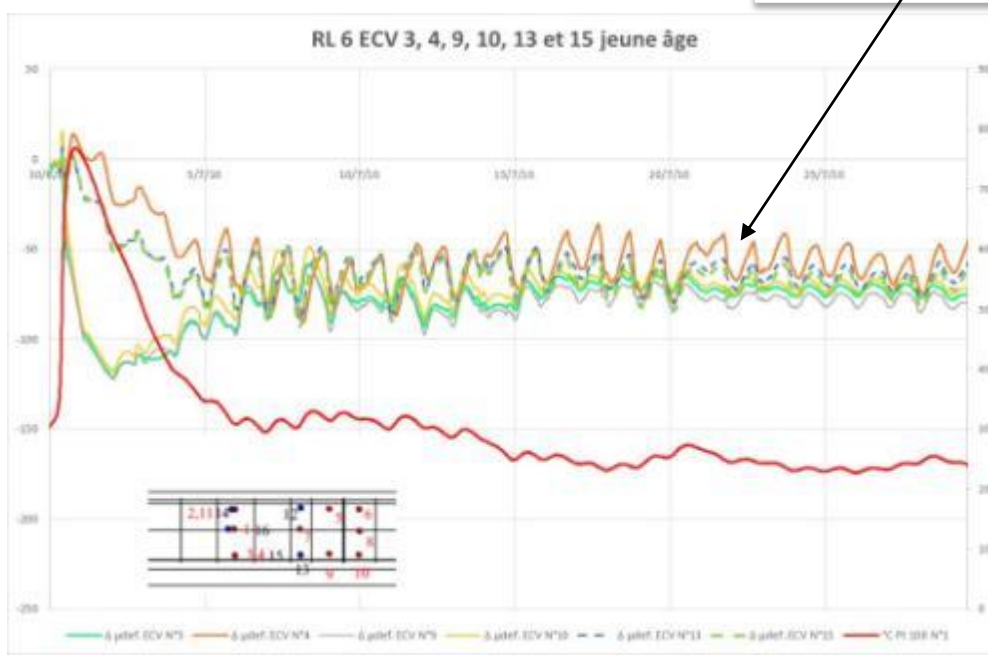
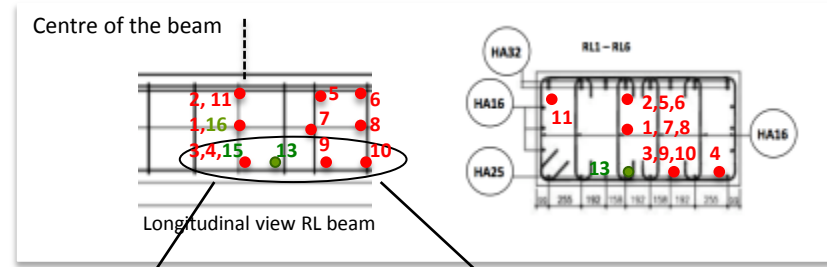
Mesures Longitudinales
Mesures Transversales



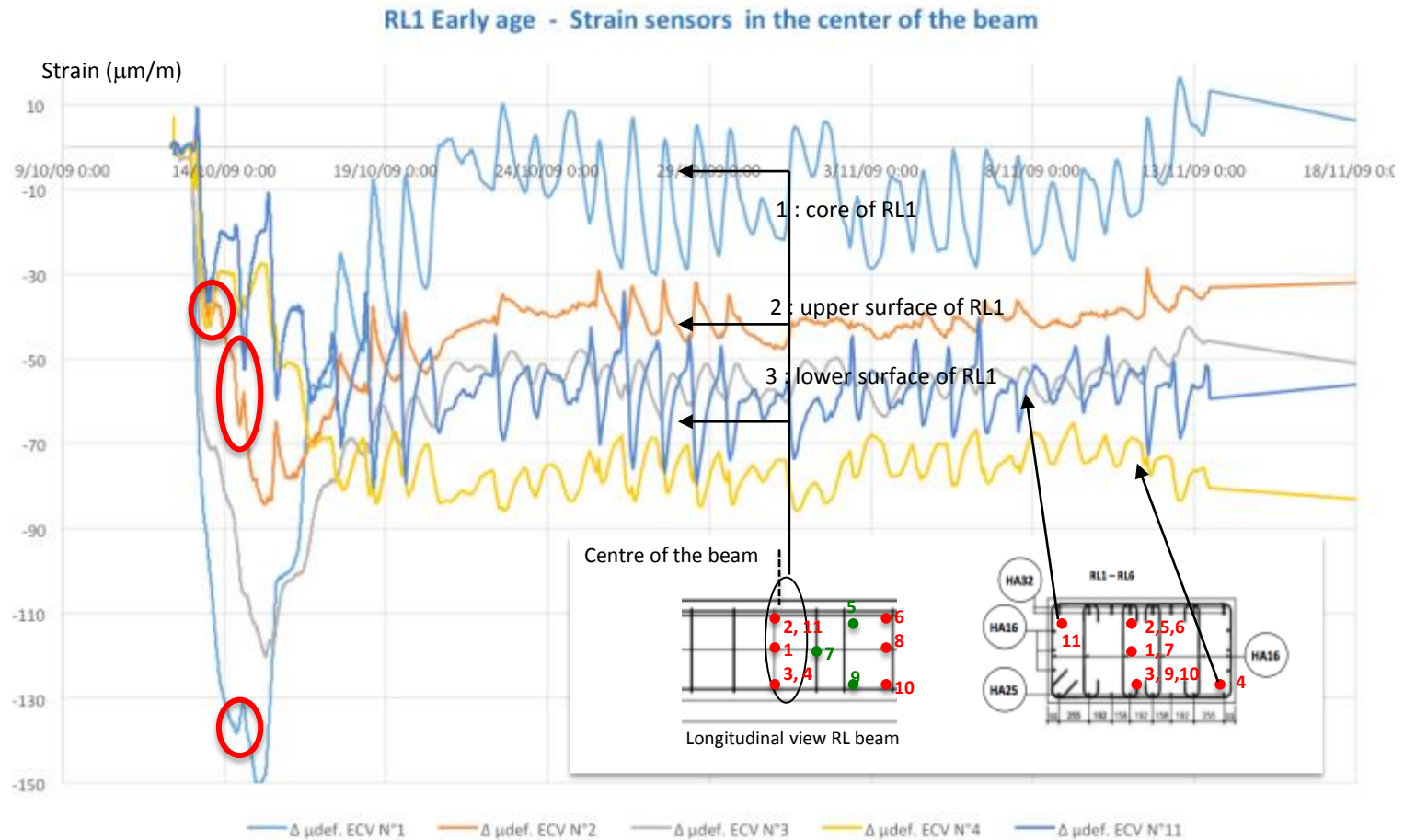
► Micro déformations en surface inférieure RL1 – RL6

Isolation par le sol

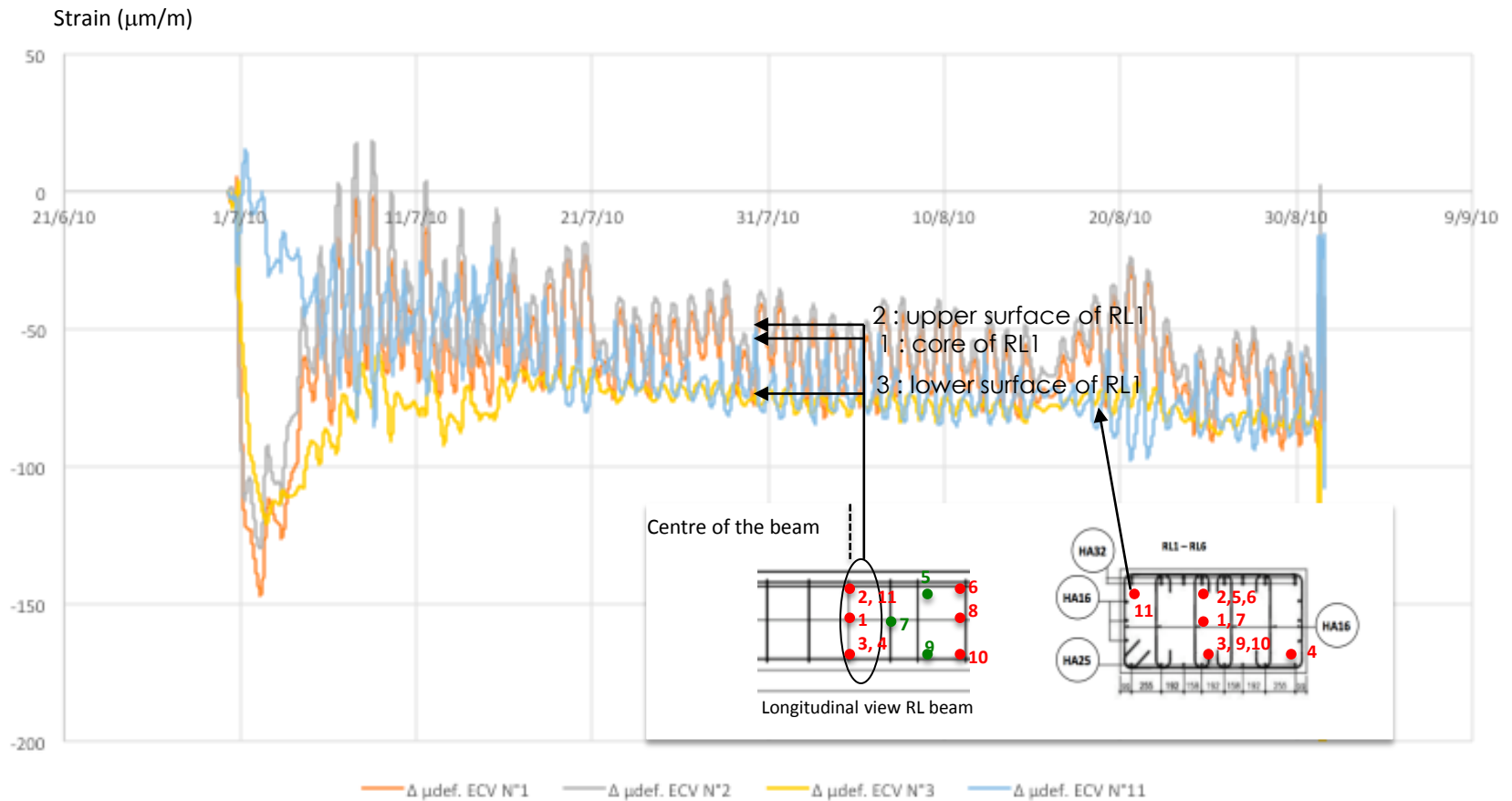
Longitudinal measure
Transversal measure



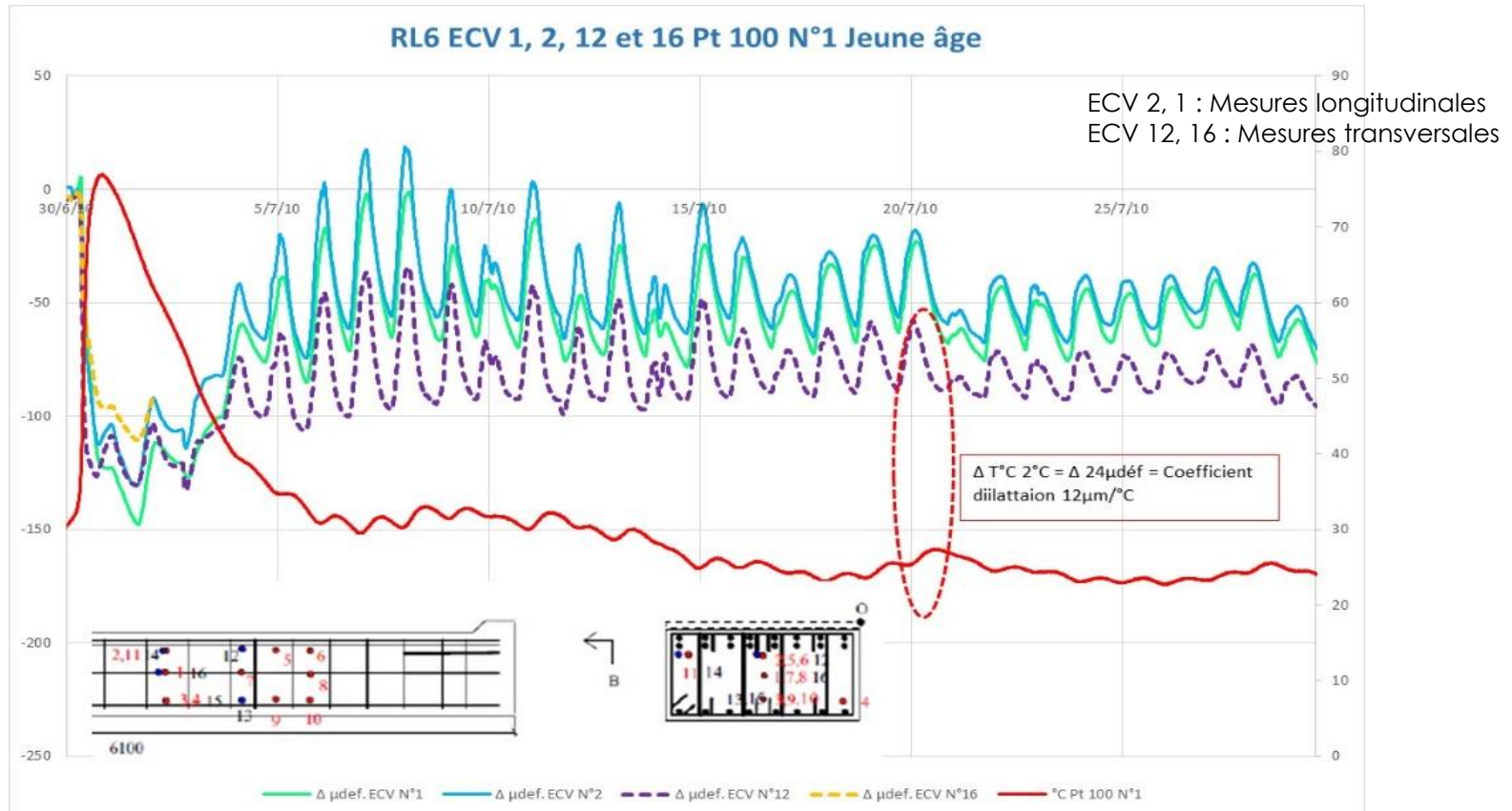
► Micro déformation sur la hauteur à cœur – RL1



► Micro déformation sur la hauteur à cœur – RL6

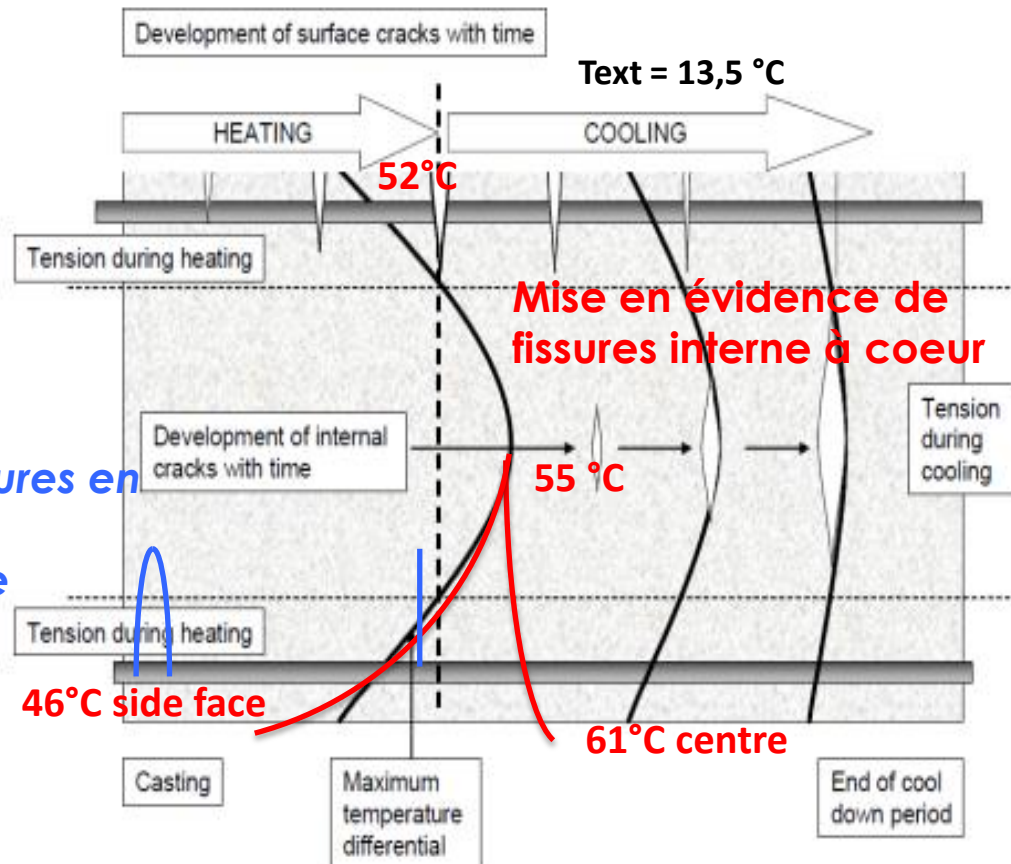


► Micro déformation sur la hauteur à cœur – RL6



Refermeture probable des fissures de surfaces initiées au décoffrage
Convergence vers un retrait global de 80 μm/m

► Phénoménologie des blocs de référence (RL1 et RL6)



Fermeture des fissures de surface lors de la maturation

Mise en évidence de fissures interne à coeur

Création de fissures en surface Lors de la phase d'exothermie

46°C side face

61°C centre

**Temperature RL1: répartition complexe entre coeur et surfaces
Ecart > 10°C pour 1/2 épaisseur**

CIRIA

► Phénoménologie des blocs RL

- **Fissurations en surface** observées quand l'écart entre T_{ext} et T_{surf} important – Phase exothermie
 - Tension reprises par les armatures
 - $T_{int} > 70^{\circ}\text{C}$ sur le RL6
- **Fissurations à cœur** peuvent apparaître lors de la phase de maturation (refroidissement) RL1 :
 - gradients de température internes $> 10^{\circ}\text{C}/0,5\text{ m}$
 - Tensions durant le refroidissement non reprises par des armatures
 - Sous chargement mécanique : espacements plus importants, ouvertures de fissures supérieures
- En chargement mécanique, espacements réguliers (CM2010), **ouvertures des fissures légèrement supérieures** à celles attendues

- ▶ Pas d'effet des fissures de retrait de surface sur la fissuration mécanique
- ▶ Les fissures « à cœur » conditionnent l'espacement des fissures observées lors du chargement mécanique
- ▶ A l'ELS la déformée obtenue est sensiblement la même pour RL1 et RL6 (CM2010)
- ▶ Fissuration de surface : indicateur adaptée aux ouvrages spéciaux ?
- ▶ Mesures internes (T, microdefs) + éprouvettes témoins indispensables
 - Optimiser le moment de décoffrage
 - Analyse de la phénoménologie
- ▶ Effets d'échelles (f_{ctm} première fissure)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

► Mesures déformations locales ECV (M)

- Mesures de dilatation et de retrait au jeune âge avec une répartition globale des capteurs dans la pièce.
- Le retrait n'est pas homogène dans un corps d'épreuve épais



Mesures locales réparties dans la zone d'étude Utilisation de capteur ECV + Pt 100

- Spécification d'éprouvettes Libres et QAB pour caractériser le béton au très jeune âge

Aide à la détection de la micro-fissuration par comparaison mesures in-situ / éprouvettes témoins



Eprouvettes Libres et QAB en attente le long d'un corps d'épreuve



► Mesures RL1 – Jauges sur armatures

