

Séminaire de restitution CCLEAR

Impact des conditions climatiques sur les infrastructures routières

L'effet de l'eau sur le décollement de l'interface d'un bicouche

03 février 2015

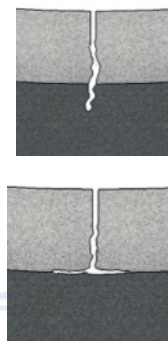
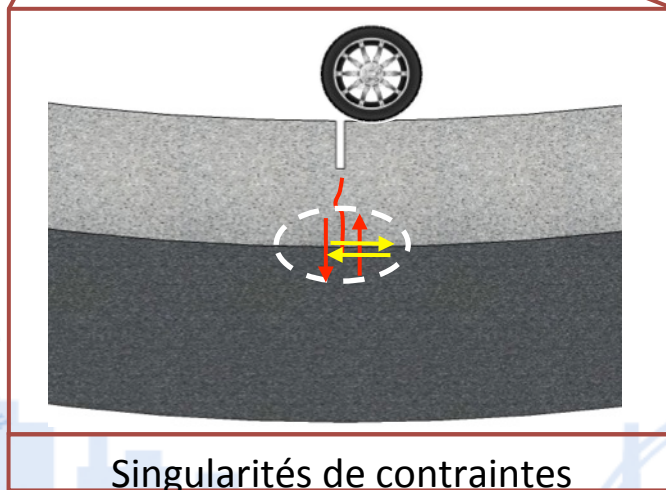
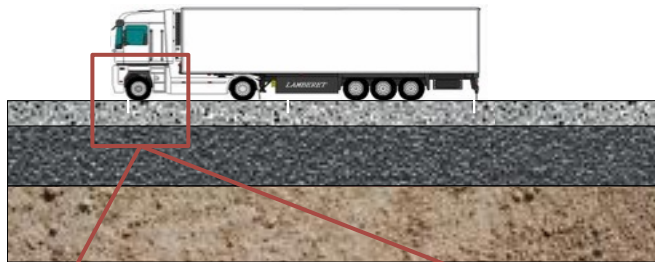
Armelle Chabot, Manitou Hun, Ferhat Hammoum

Département MAST – LAMES et MIT

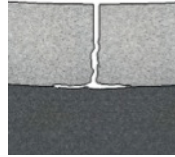
Ifsttar

armelle.chabot@ifsttar.fr

Béton de Ciment Mince Collé - BCMC



- Retrait, Gradient thermique, ...
Décollement possible
(Pouteau, 2004) (Chabot et al., 2008)
- Etude mécanique élastique M4
(Chabot, 1997) (Tran, 2004)
(Chabot, Tran, Pouteau, 2004)
- Etat de contraintes mixtes
Cisaillement + arrachement



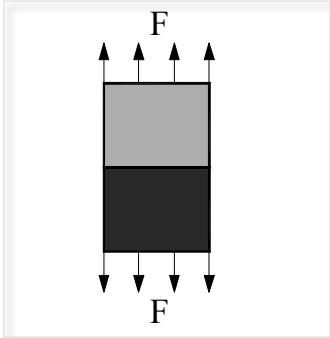
Est-ce que **l'eau** accélère le processus de **décollement** entre couches de matériaux type BCMC?

Pour ce faire

- Mise au point d'un essai de caractérisation d'interface (laboratoire, flexion, avec ou sans eau, statique)
- Utilisation du M4-5n pour le dimensionnement des éprouvettes
- Interprétation in fine des essais par analyses d'images

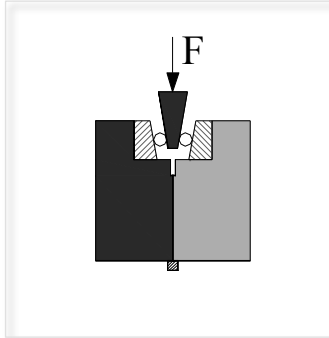
Biblio essais décollement BCMC

Essai de traction directe (« Mode » I)



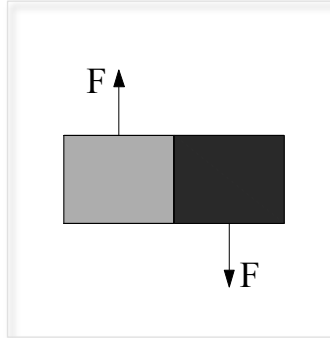
[Pariat 1999]

Essai de fendage par coin (Mode I)



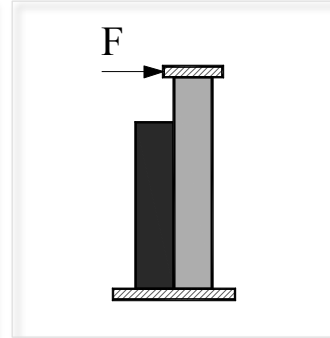
[Tschegg et al. 2007]

Essai de cisaillement direct (« Mode II »)



[Grove et al. 1993]

Essai Poutre Console en Fatigue (Mode mixte)



[Pouteau 2004]

■ : *Matériau bitumineux* ■ : *Béton de ciment*

Cahier des charges:

- Essai de flexion
- Pas de problème d'encastrement

Essai de flexion 4 points choisi (mode mixte)



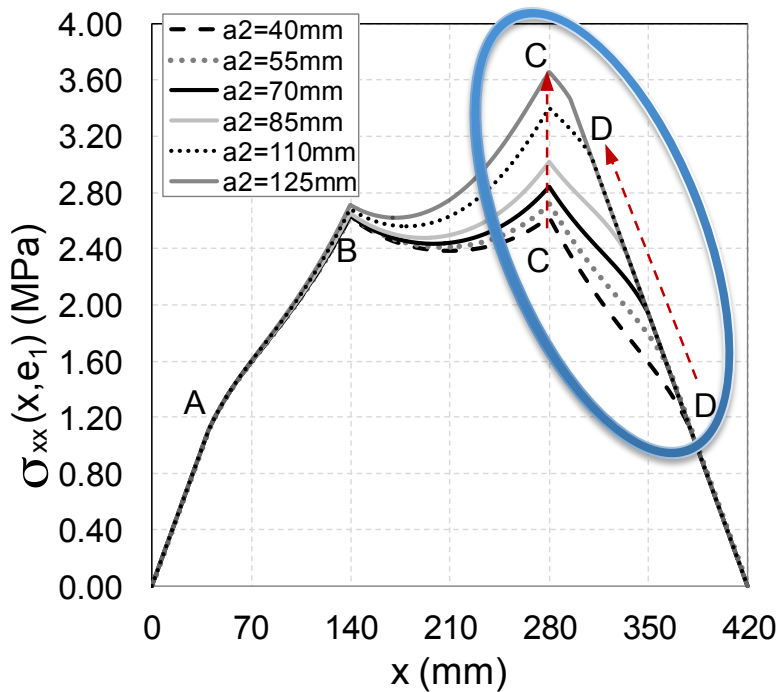
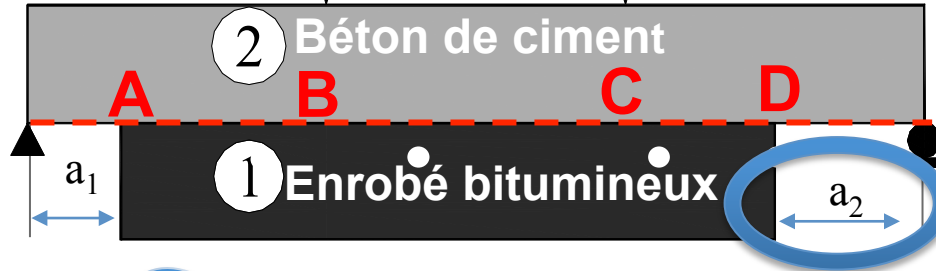
[Achinta and Burgoyne 2011], [Ferrier et al. 2011]

A. Chabot
Thèse Hun (2012)

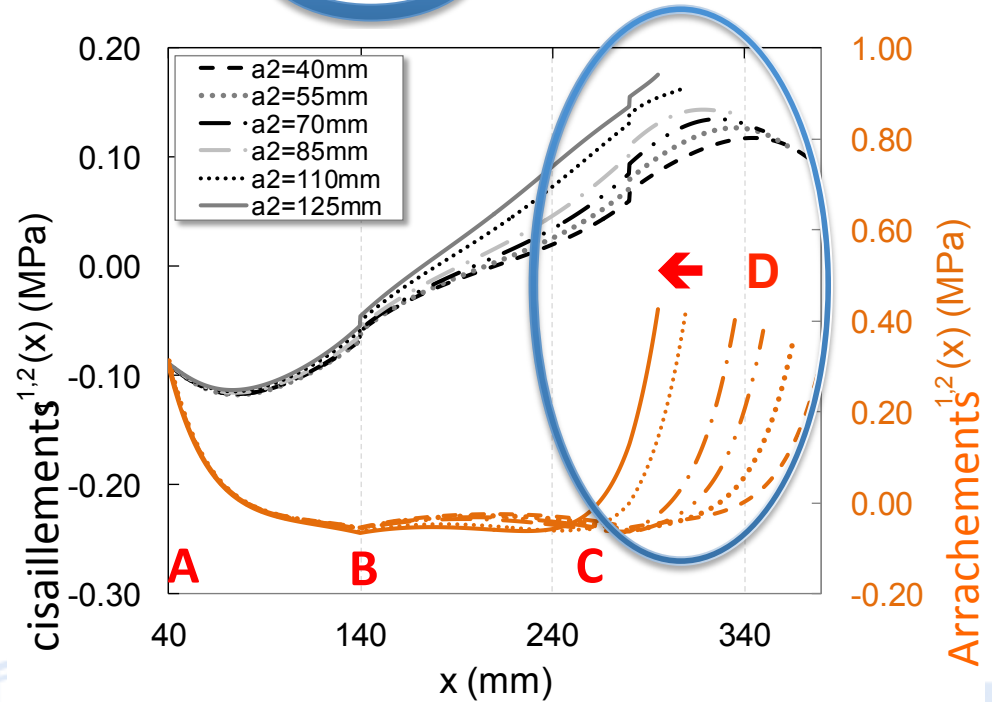


Opti. géométrie → Décollement

Analyse mécanique en élasticité (M4-5n, Déf. Plane)*



Traction base béton



Contraintes d'interface

Taux de restitution d'énergie G

Calculs quasi- analytiques M4-5n en 2D Déf. Plane*

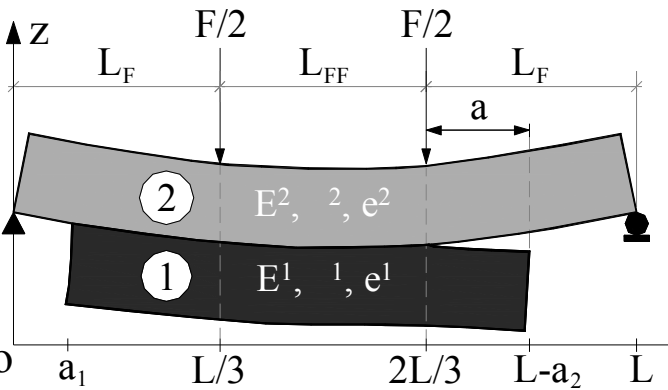


Schéma adapté pour déterminer G

*[Chabot A., Hun M., Hammoum F., 2013, Mechanical analysis of a bond test between layers of composite pavements, *Construction and Building Materials*, 40:1076-1088]

Pour $L=420\text{mm}$, $b=120\text{mm}$,
 $e_1=e_2=60\text{mm}$, $a_1=a_2=70\text{mm}$,
 $E_1/E_2=17,4$, $F=12\text{kN}$

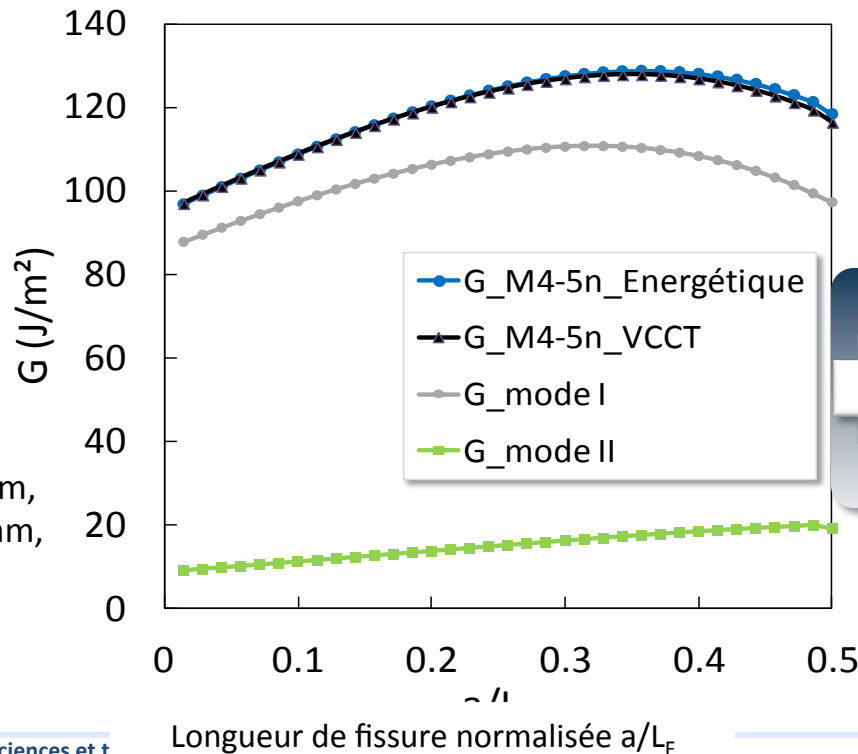
A. Chabot
Thèse Hun (2012)

■ Taux de restitution d'énergie par VCCT, G_{VCCT} :

[Chabot et al. 2000], [Caron et al. 2006], [Diaz Diaz et al. 2007]

$$G_{VCCT}(a) = G_I(a) + G_{II}(a)$$

G_I en fonction de $(v^{1,2}(x_a))^2$, arrachement d'int.²
 G_{II} en fonction de $(\tau_1^{1,2}(x_a))^2$ et $Q_1^1(x_a) \cdot \tau_1^{1,2}(x_a)$



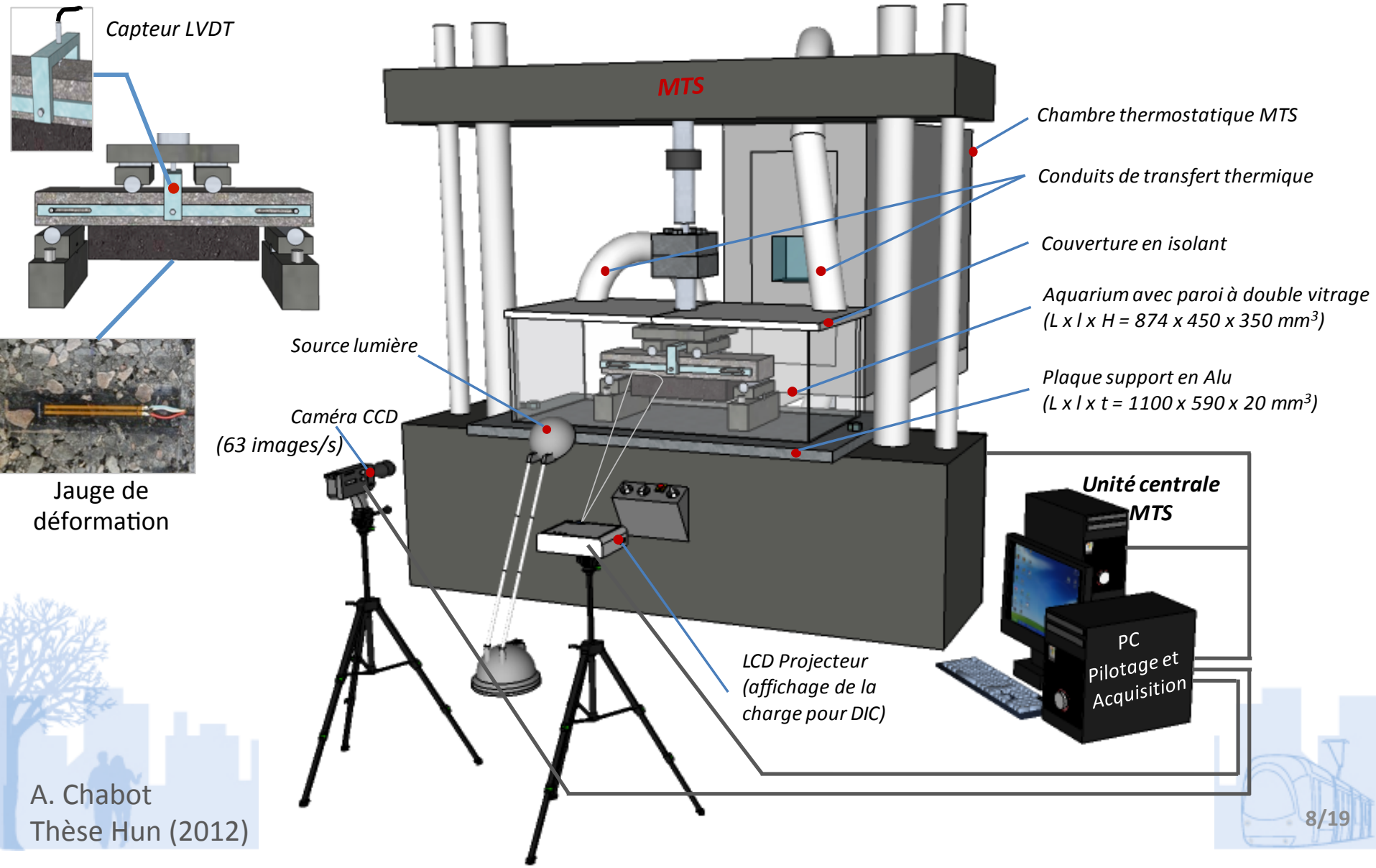
Essais en mode mixte
 $G_I > G_{II}$

Sommaire

- Intro
- Dimensionnement des éprouvettes
- **Mise au point des essais**
- Premiers résultats (effet de l'eau sur l'interface)
- Conclusion/perspectives



Présentation du dispositif d'essai

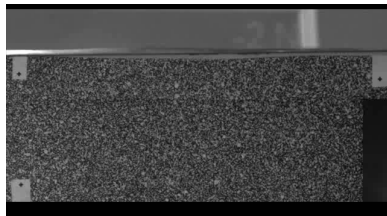
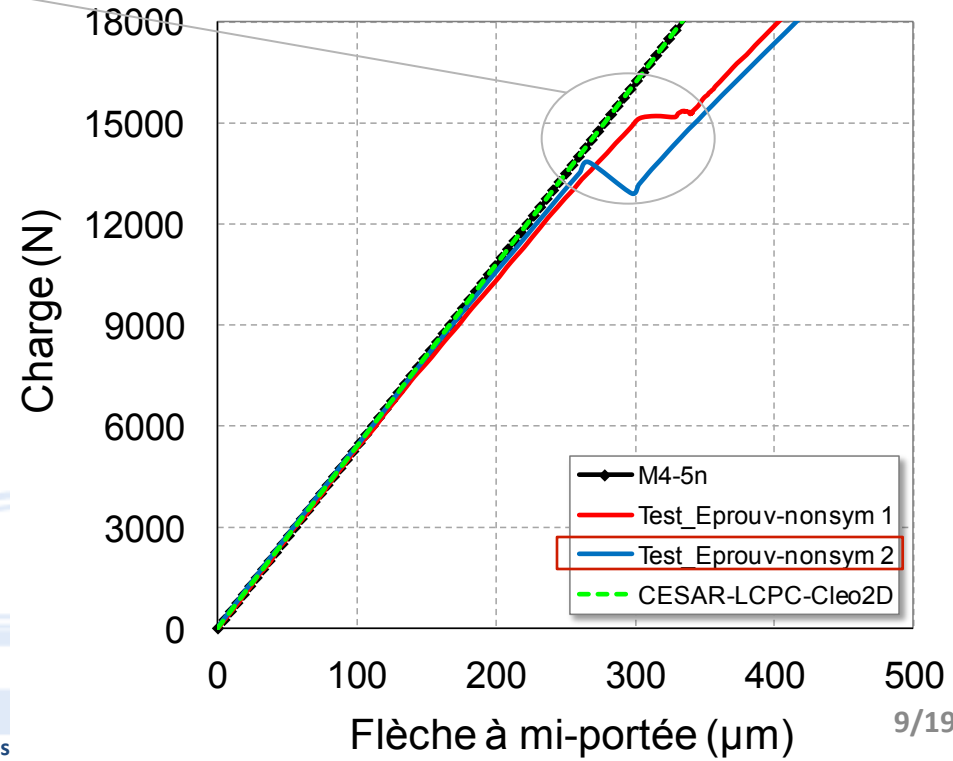
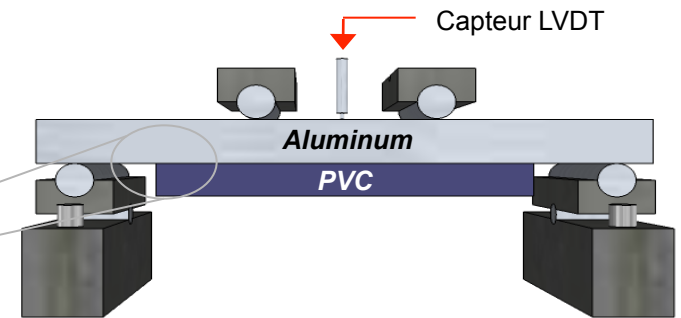


Validation modèle et calibration montage éprouvette témoin Alu/PVC

Décollement à l'interface



Testée en déplacement imposé 0,70mm/min



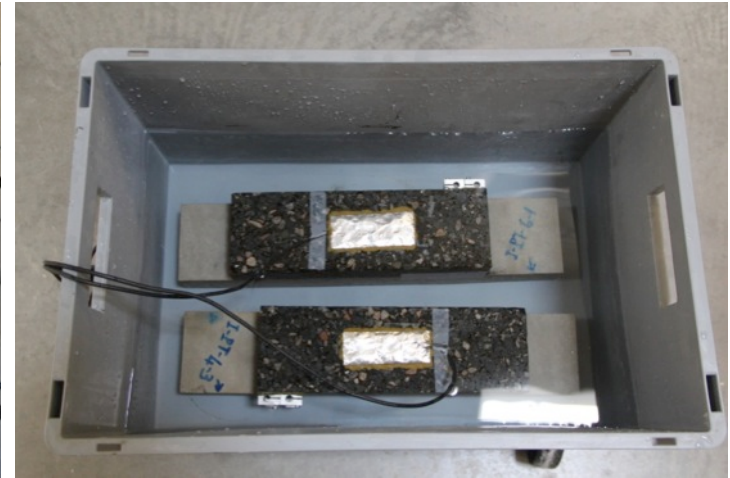
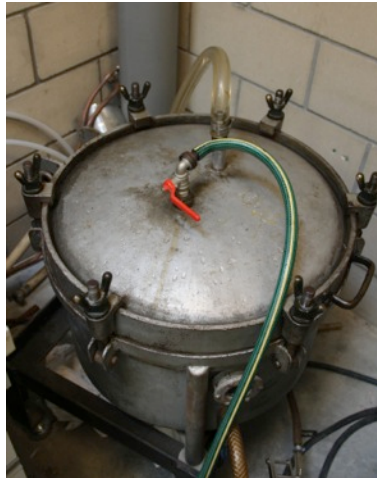
Saturation des éprouvettes

Procédures de saturation des éprouvettes :

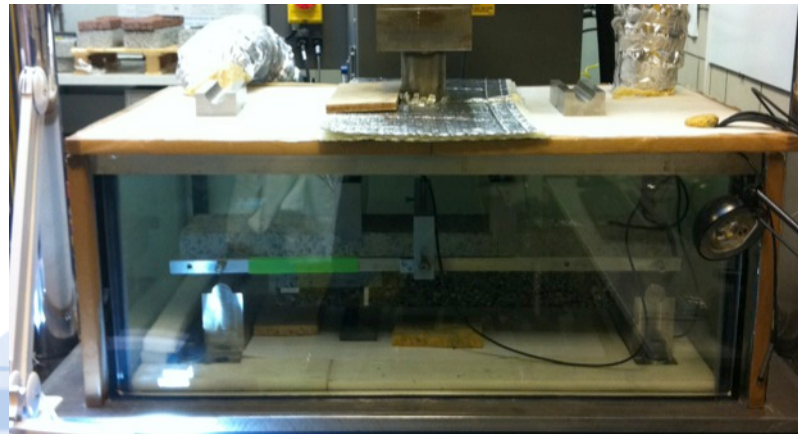
- Sous vide à 67 kPa pendant 15 min
- Sous eau à 67 kPa pendant 2 heures



Éprouvette dans une cloche à vide



Éprouvette dans un bac à eau



Sommaire

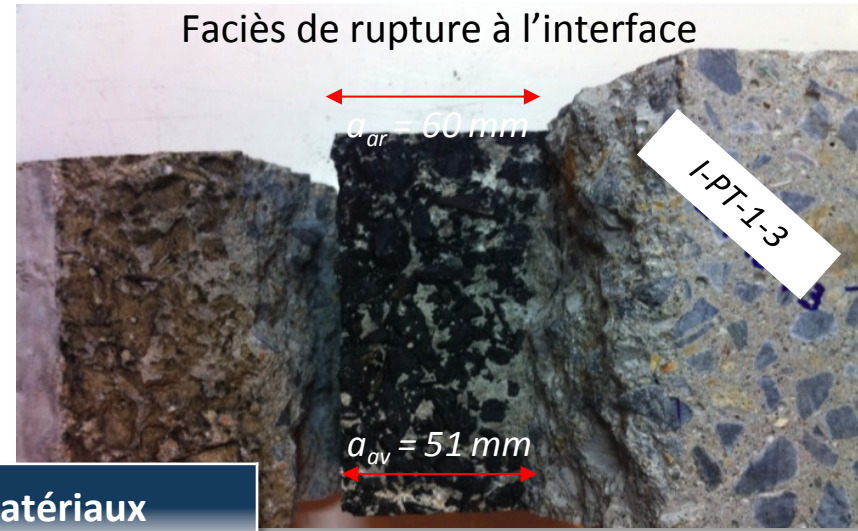
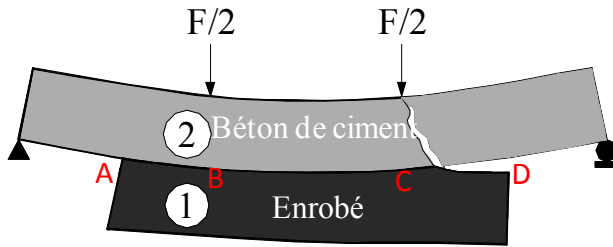
- Intro
- Dimensionnement des éprouvettes
- Mise au point des essais
- **Premiers résultats (effet de l'eau sur l'interface)**
- Conclusion/perspectives



Synthèse des ruptures hors eau

Scénarios observés lors de la rupture éprouvette type BCMC

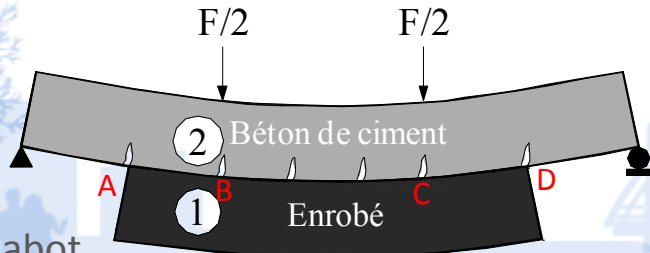
■ Décollement à l'interface



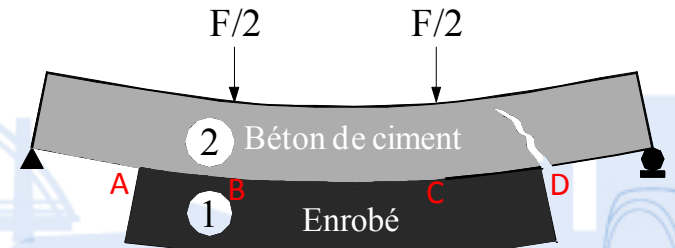
Caractéristiques des matériaux

Enrobé <i>BBSG 0/10</i>	Béton <i>BC6 0/11</i>
$E_2/E_1 \approx 17$ (à 20°C)	$E_2 = 35000 \text{ MPa}$
$\nu_1 = 0,35$	$\nu_2 = 0,25$

■ Fissuration en base de la couche de béton



■ Rupture au bord de l'interface



A. Chabot
Thèse Hun (2012)

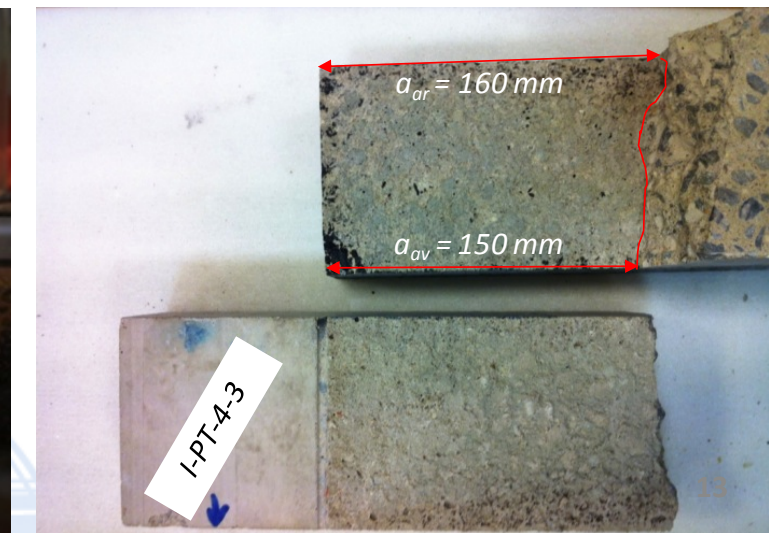
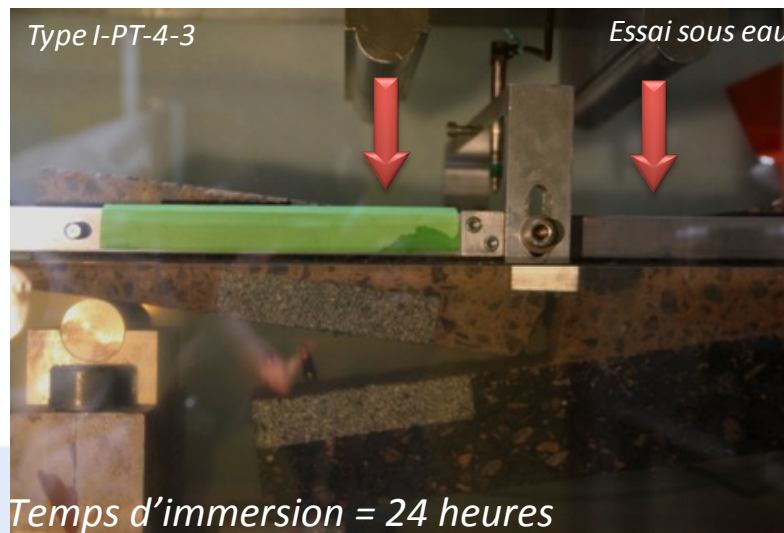
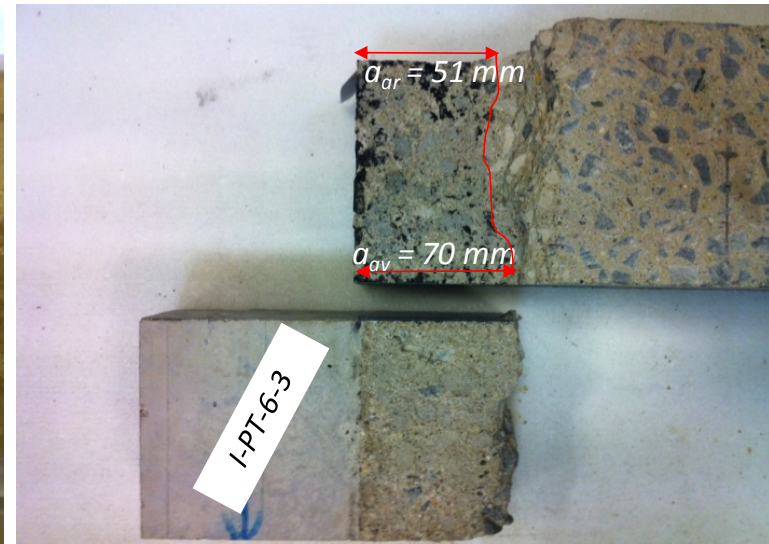
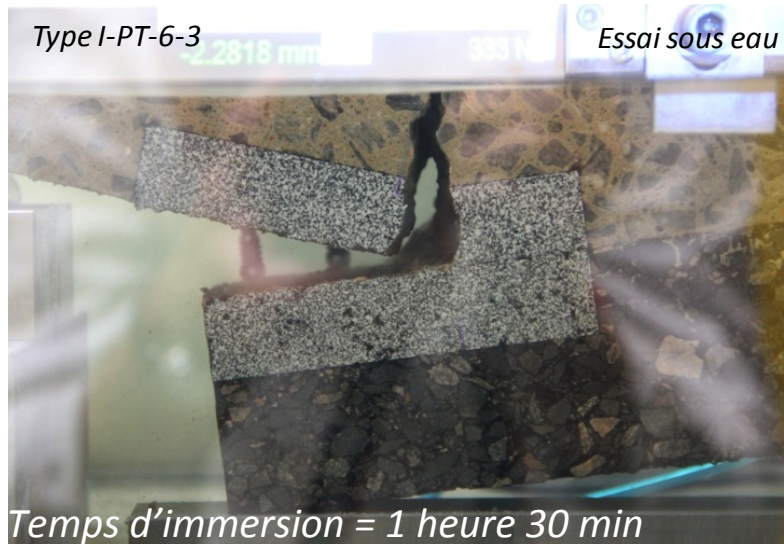
Faciès de rupture essais sous eau

Présence d'eau peut fragiliser l'interface béton-enrobé dans le ciment

Rupture de l'interface en mode cohésif du béton de ciment

Influence du temps d'immersion sur la propagation de décollement à l'interface

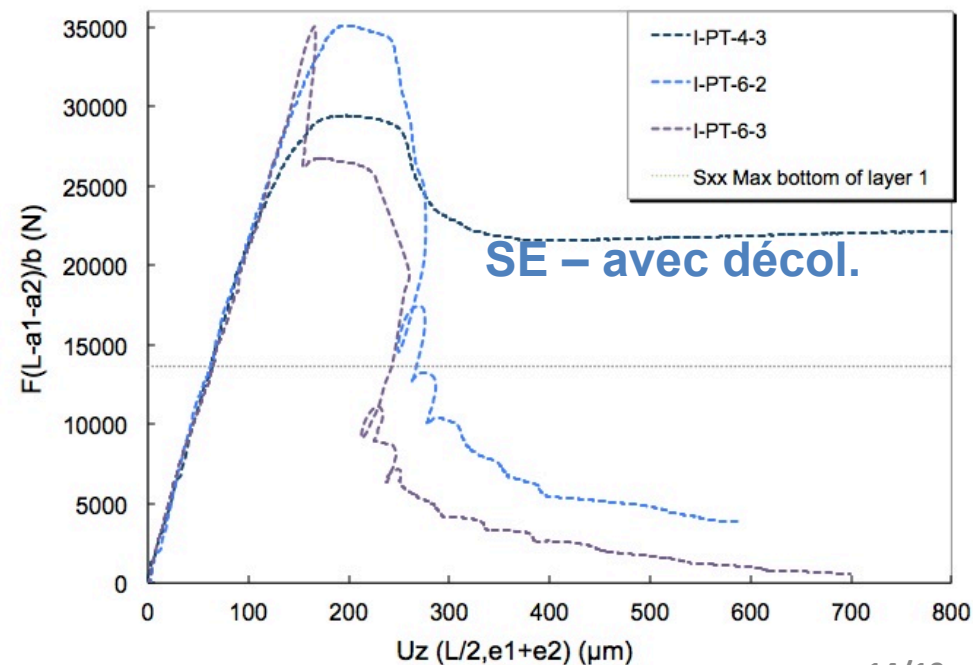
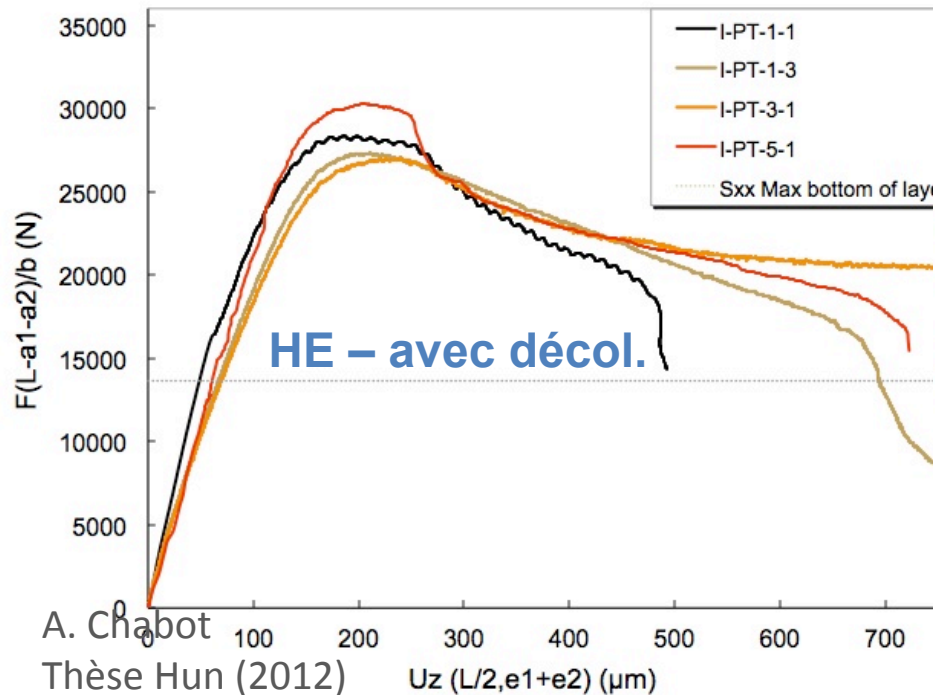
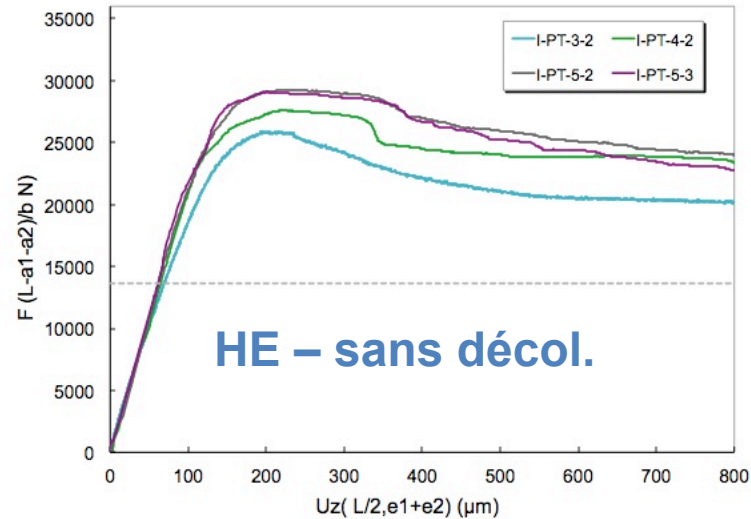
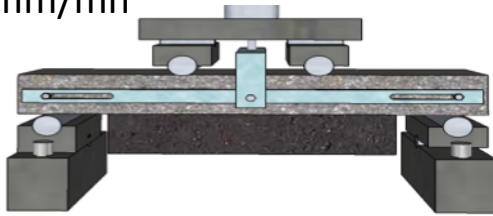
A. Chabot
Thèse Hun (2012)



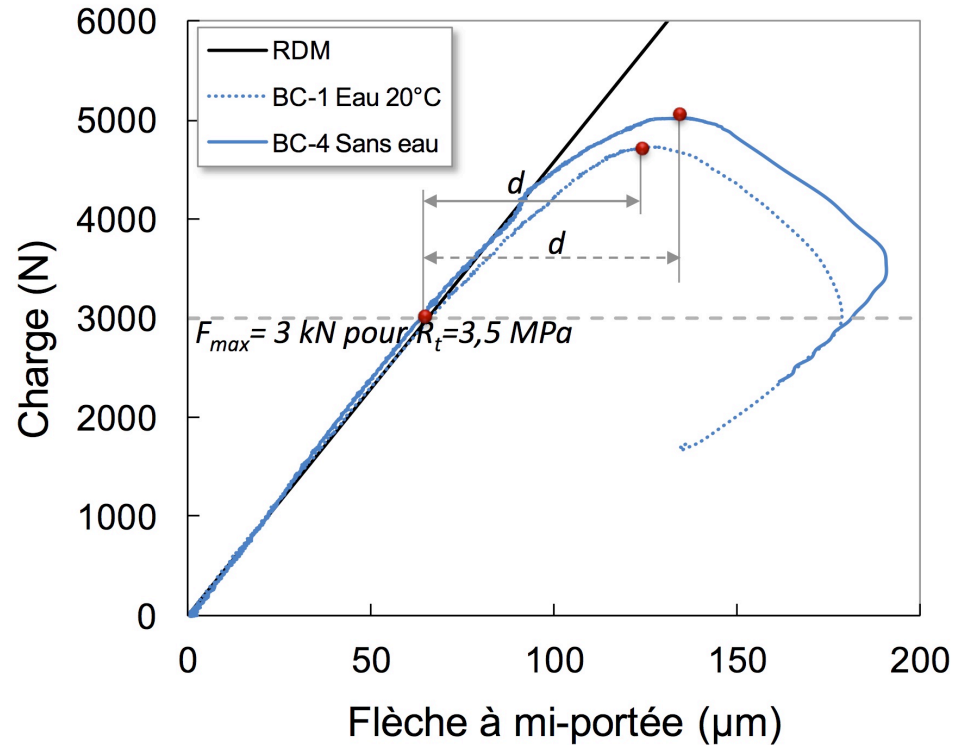
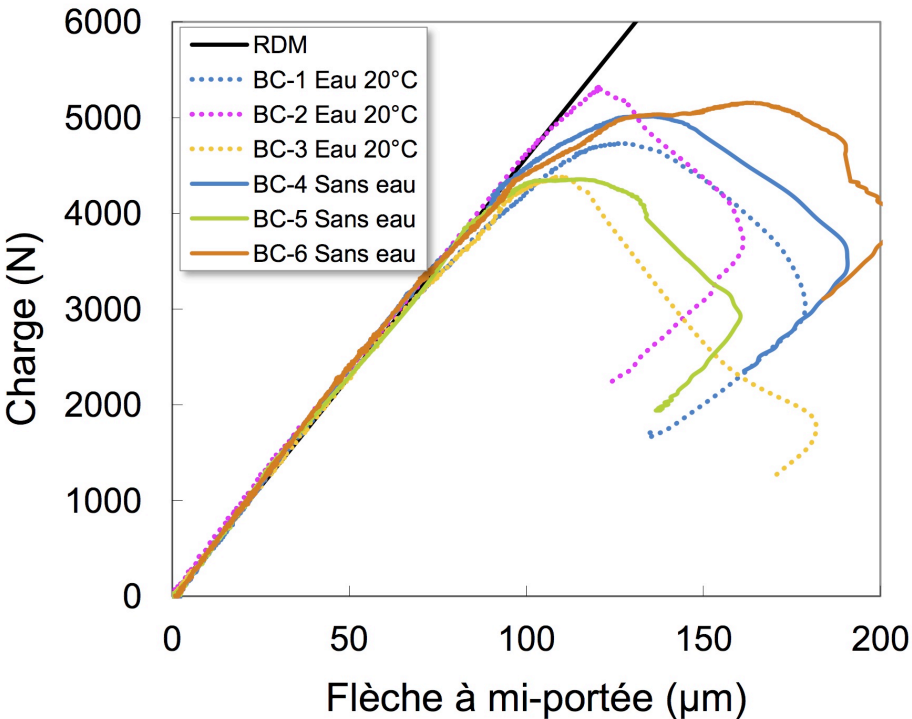
Alure des courbes d'essais (F,U)

Conditions d'essais :

- T° de l'essai : ambiante $\approx 20^{\circ}\text{C}$
- $E_{\text{BBSG}} = 2000\text{MPa}$
- Statique $u = 0.7\text{mm/mn}$
- HE: hors eau
- SE: sous eau



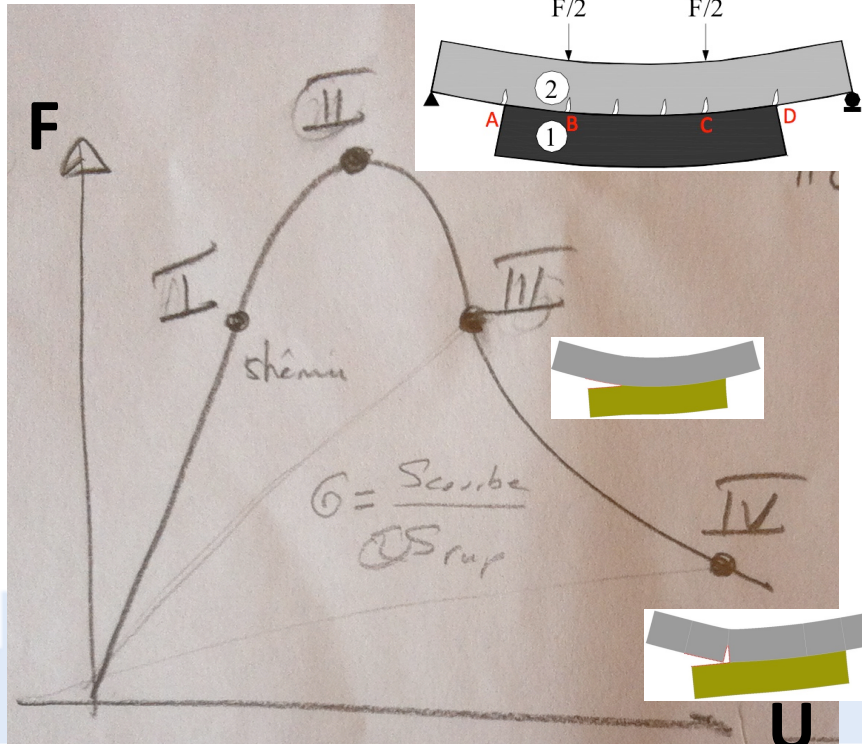
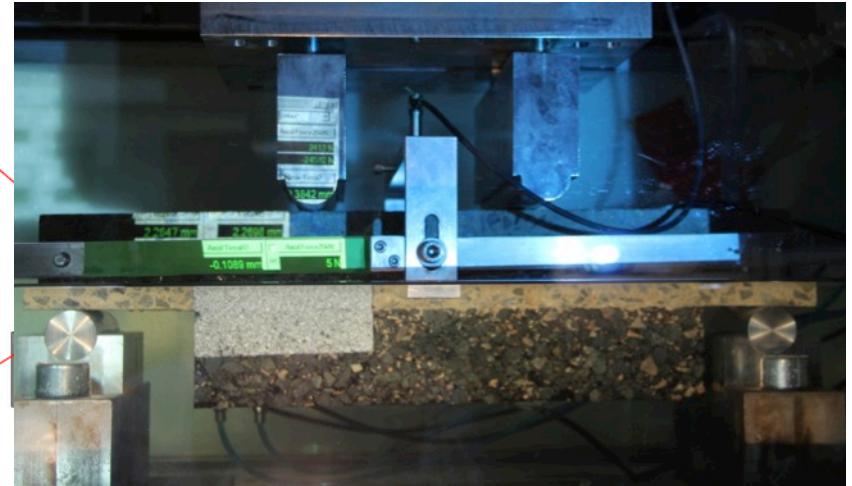
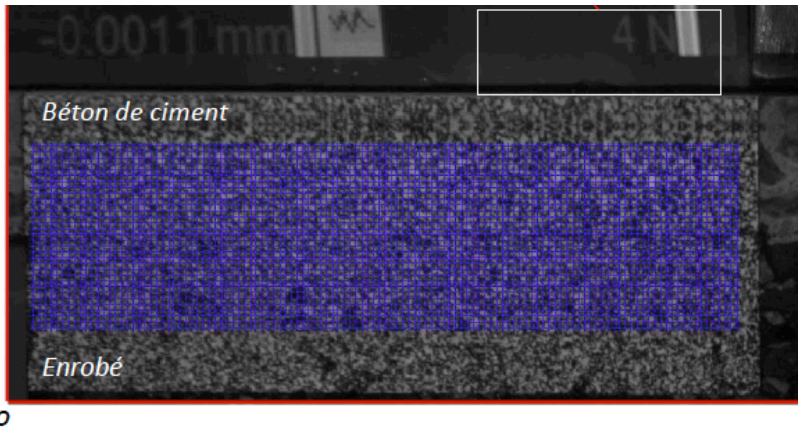
Effet de l'eau béton seul



Manitou montre un écart sur d de 27,80% entre HE et SE

➔ Article en cours (mesure sur le bi-matériau, analyses DIC, ...)

Rés Analyses d'images (DIC)



Stage M2 (Le Gallo , 2014)

- Rôle de l'enrobé sur le collage → scotch
- Délaminage → Chute brutale de F

Conclusion



Est-ce-que **l'eau** accélère le processus de **décollement** entre couches de chaussée urbaine (Type BCMC)?

Réalisations

- Essai de flexion 4 points (en laboratoire, avec ou sans eau, chargement monotone)
- Outil de calcul d'optimisation des géométries des éprouvettes pour favoriser le décollement
- Interprétation des résultats d'essais par la technique d'analyse d'images

- Observation des effets de l'eau sur le décollement :
 - Hors eau : différents mécanismes de fissuration, bonne résistance de l'interface
 - Sous eau : l'eau facilite le décollement, allures de courbes (phase linéaire plus grande, phase non linéaire plus courte, phase de décollement très rapide), G_R

Recommandation : Pour la chaussée BCMC, la protection des joints existants sur la surface du béton de ciment de l'infiltration d'eau serait nécessaire => ponter ces joints

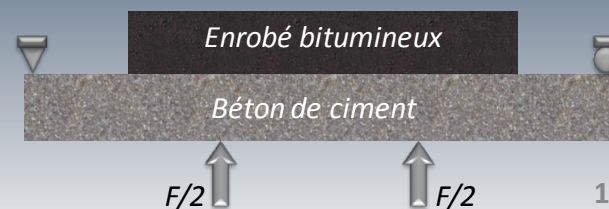
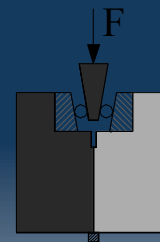
Perspectives



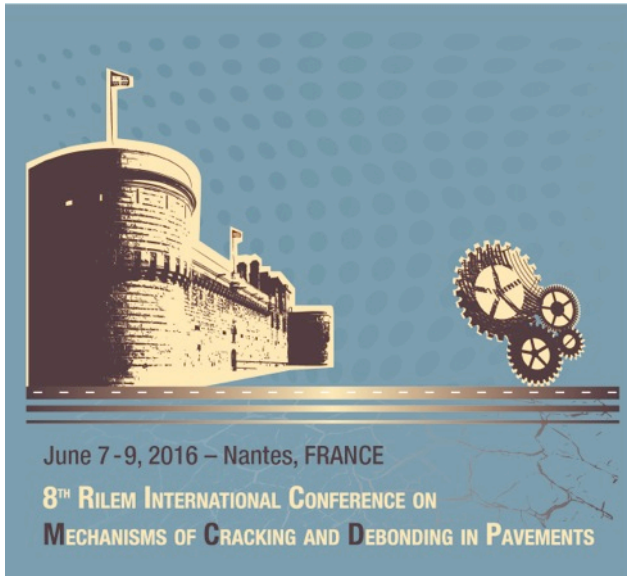
Est-ce que l'eau accélère le processus de **décollement** entre couches de chaussée urbaine (Type BCMC)?

À compléter

- Obtention de critère(s) de décollement :
 - Améliorer l'outil d'analyse d'images : caméra et logiciel plus performants
 - Conforter les résultats sur plus d'essais et T° plus froide (avec ou sans eau)
 - Comparer les résultats avec d'autres essais en mode pur (I ou II) => Rilem-TC-MCD
- Interprétation des essais à basse température dans l'eau :
 - M4-5n élastique ?
 - Utilisation d'autres approches : EF, analytique ?
- Mise au point de l'essai pour d'autres types de chargement (...cyclique?)
- Test d'autres types d'interface => modification du dispositif d'essai



Merci de votre attention



<http://mcd2016.sciencesconf.org>

Contacts: armelle.chabot@ifsttar.fr ; mcd2016@ifsttar.fr

