

## 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

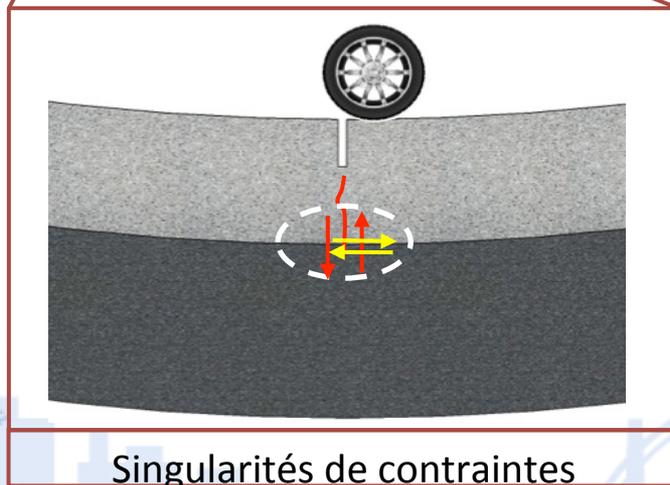
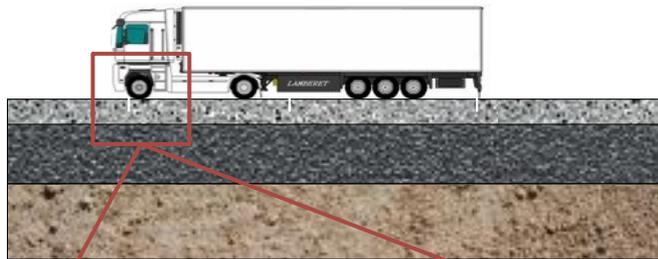
**Armelle Chabot, Manitou Hun, Ferhat Hammoum**

Département MAST – LAMES et MIT

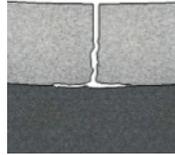
Ifsttar

[armelle.chabot@ifsttar.fr](mailto: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?

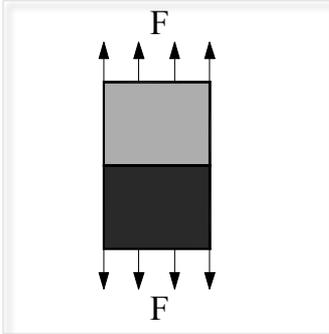
*Pour ce faire*

- 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



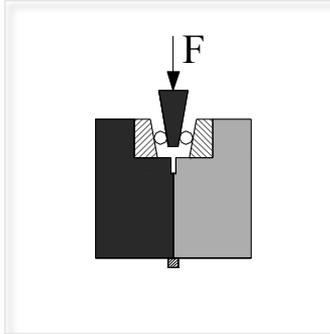
# Biblio essais décollement BCMC

Essai de traction directe (« Mode » I)



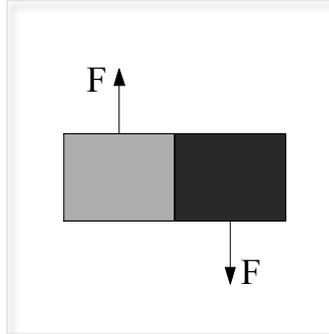
[ Pariat 1999]

Essai de fendage par coin (Mode I)



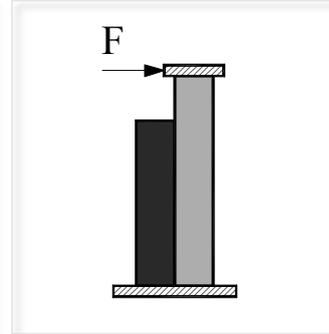
[ Tschegg et al. 2007]

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)



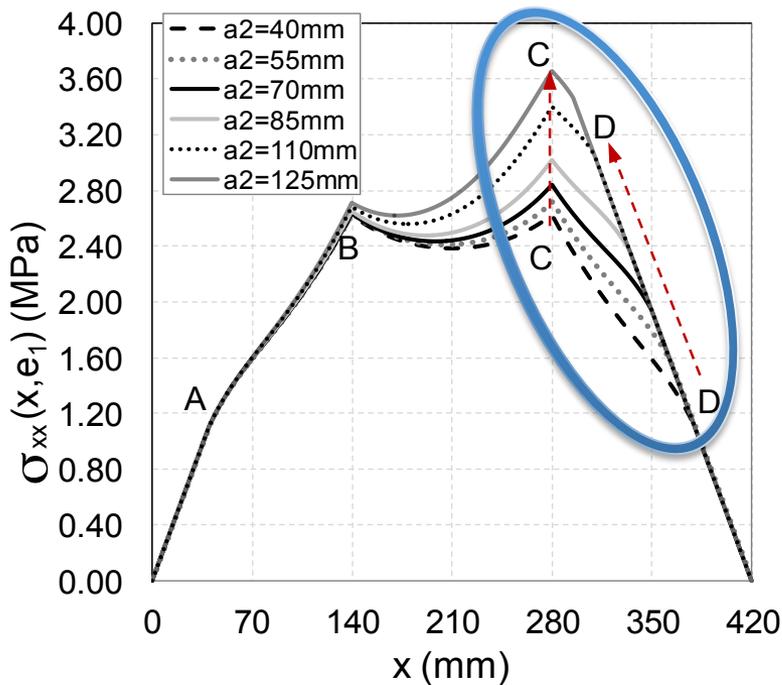
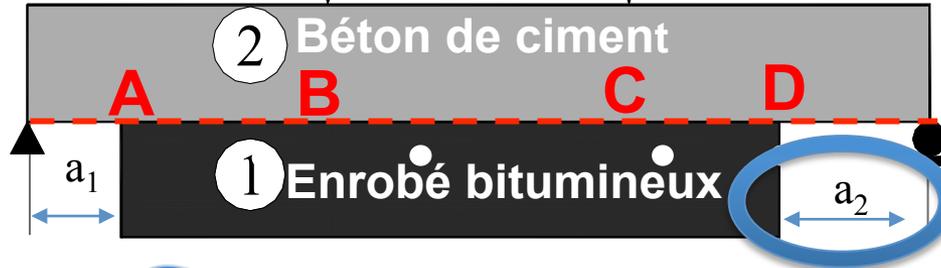
[ Achinta and Burgoyne 2011], [ Ferrier et al. 2011]

A. Chabot  
Thèse Hun (2012)

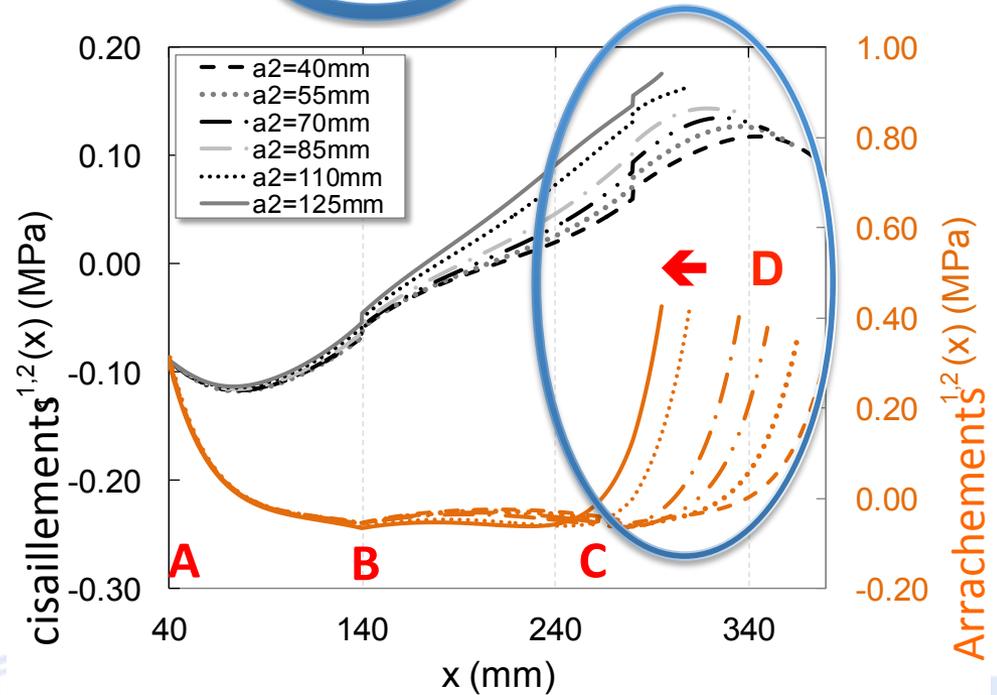


# Opti. géométrie → Décollement

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\*

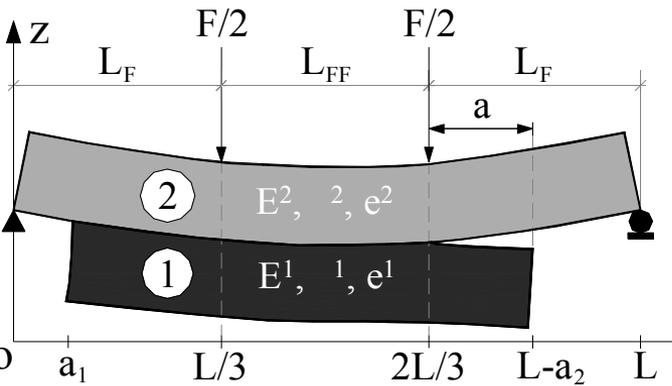


Schéma adapté pour déterminer G

\*[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=420mm, b=120mm,  
e<sub>1</sub>=e<sub>2</sub>=60mm, a<sub>1</sub>=a<sub>2</sub>=70mm,  
E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub>=17,4, F=12kN

A. Chabot  
Thèse Hun (2012)

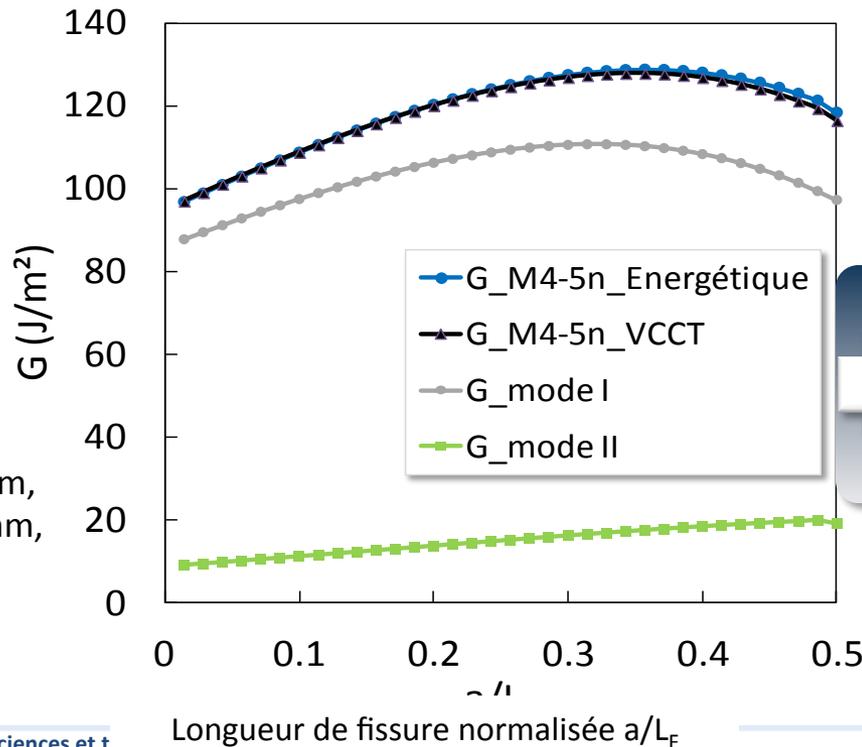
■ Taux de restitution d'énergie par VCCT,  $G_{VCCT}$  :

[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.<sup>2</sup>

$G_{II}$  en fonction de  $(\tau_1^{1,2}(x_a))^2$  et  $Q_1^1(x_a) \cdot \tau_1^{1,2}(x_a)$



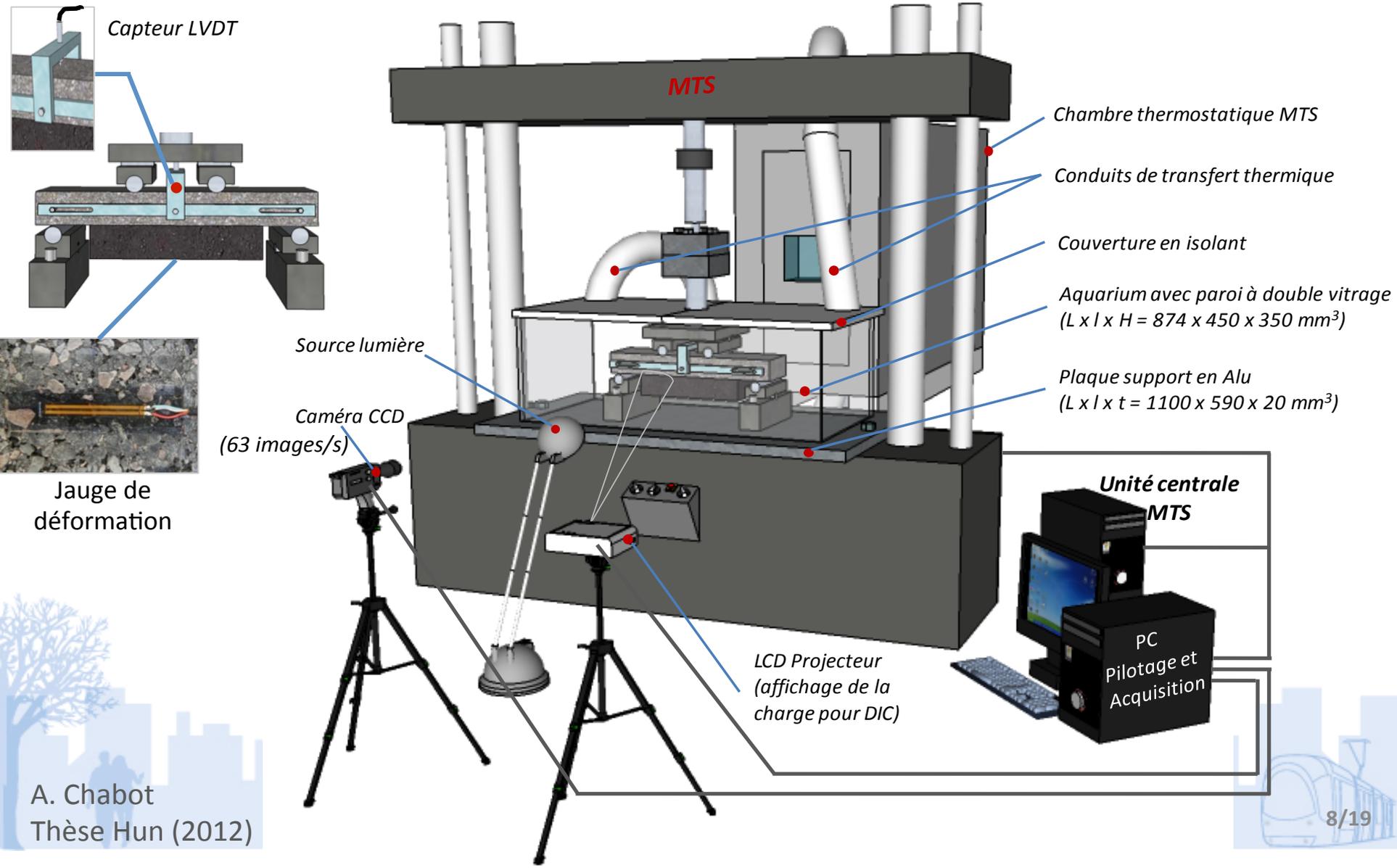
Essais en  
mode mixte  
 $G_I > G_{II}$

# Sommaire

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

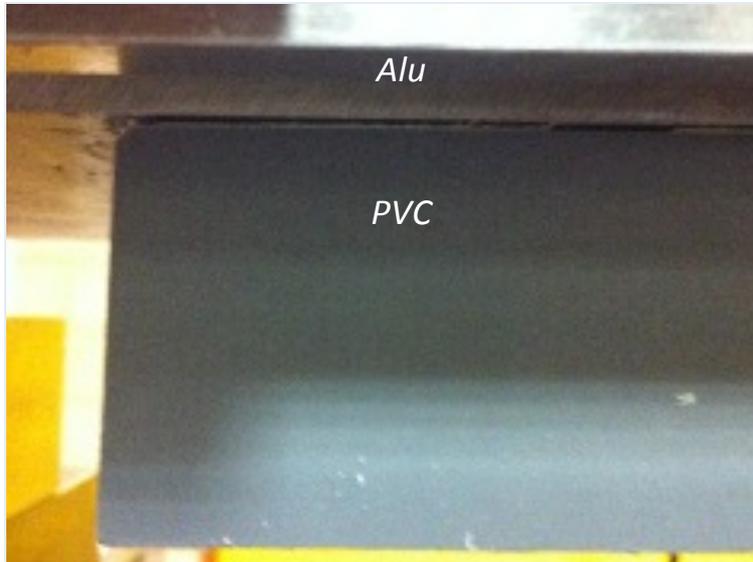


# Présentation du dispositif d'essai

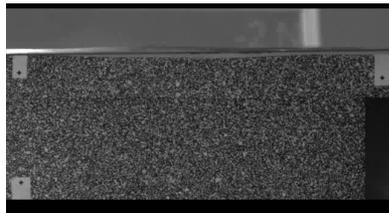
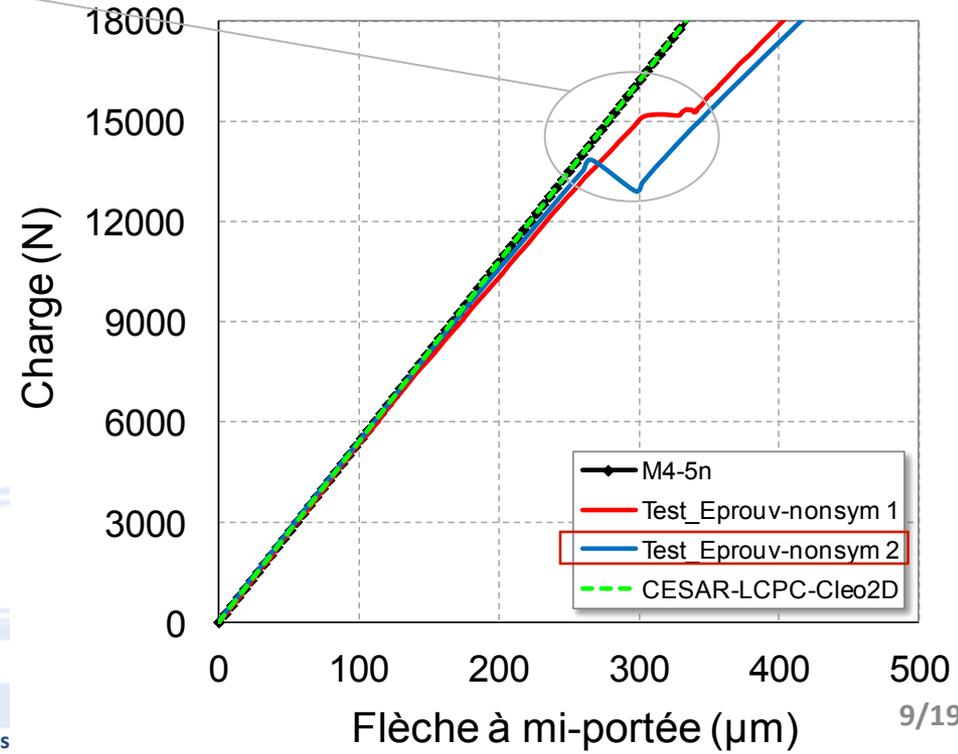
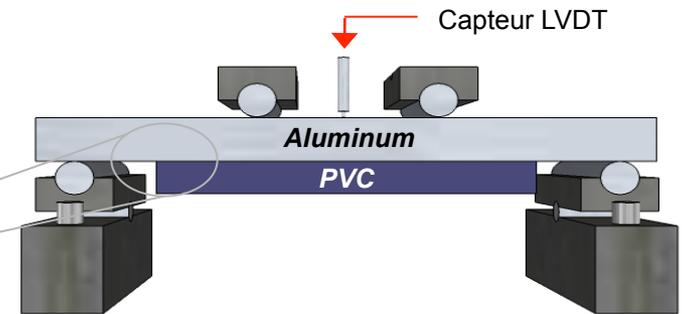


# Validation modèle et calibration montage éprouvette témoin Alu/PVC

Décollement à l'interface



Testée en déplacement imposé 0,70mm/min



# Saturation des éprouvettes

Procédures de saturation des éprouvettes :

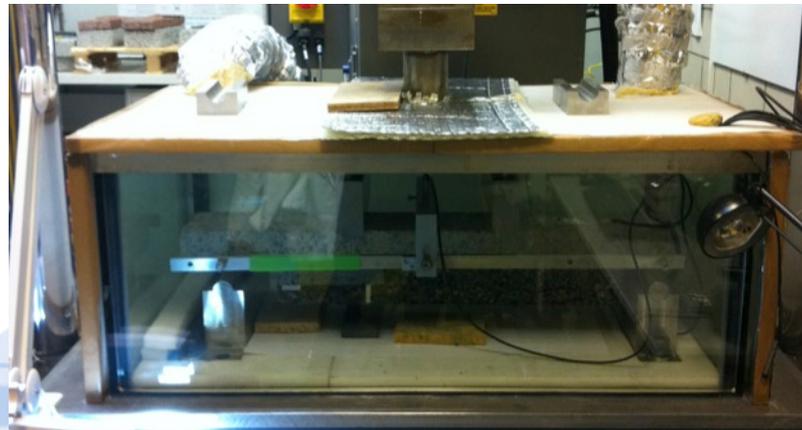
- Sous vide à 67 kPa pendant 15 min
- Sous eau à 67 kPa pendant 2 heures



*Éprouvette dans une cloche à vide*



*Éprouvette dans un bac à eau*



# Sommaire

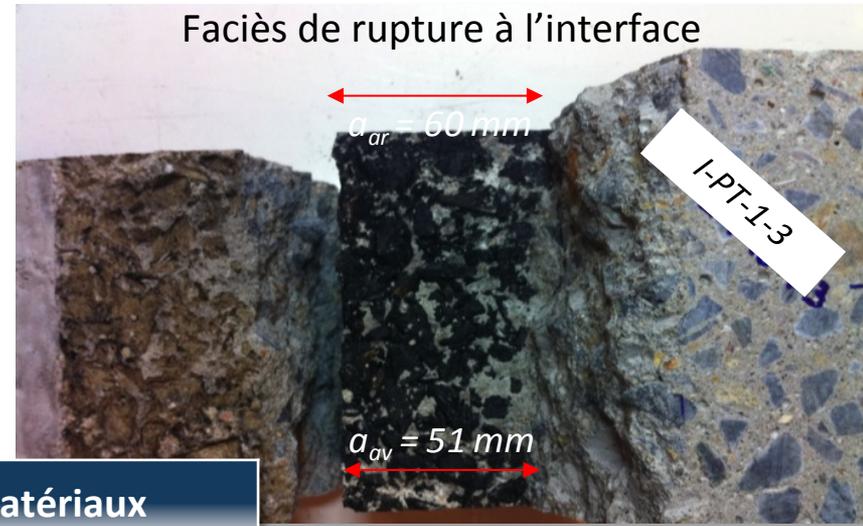
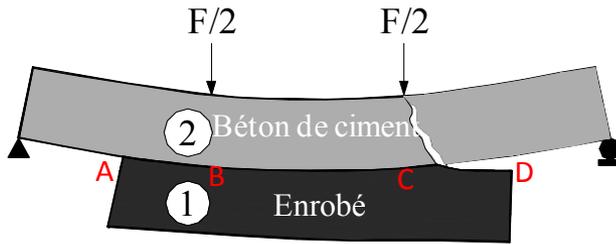
- Intro
- Dimensionnement des éprouvettes
- Mise au point des essais
- **Premiers résultats (effet de l'eau sur l'interface)**
- Conclusion/perspectives



# Synthèse des ruptures hors eau

Scénarios observés lors de la rupture éprouvette type BCMC

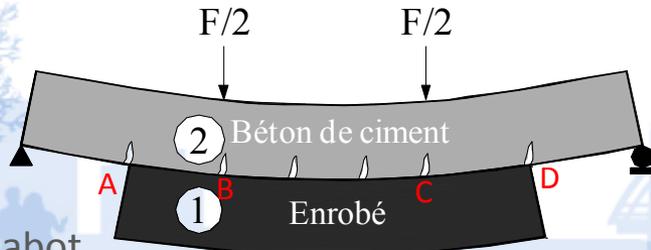
## ■ Décollement à l'interface



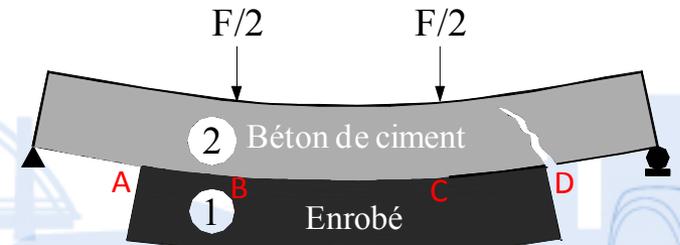
## Caractéristiques des matériaux

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)

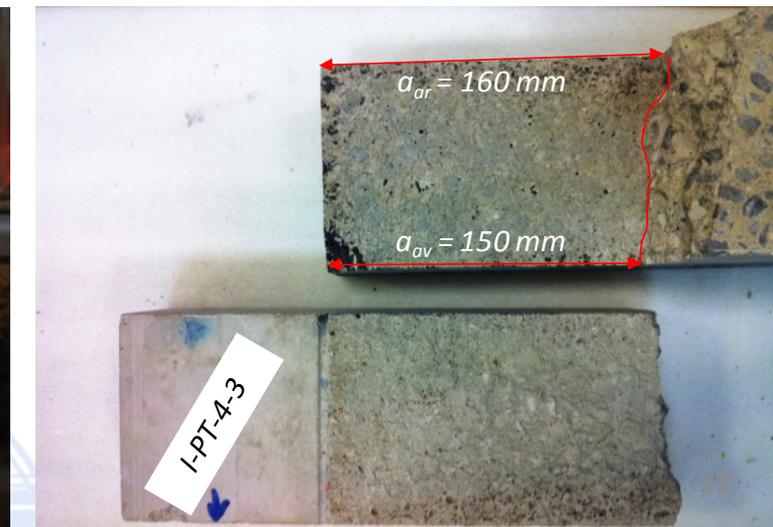
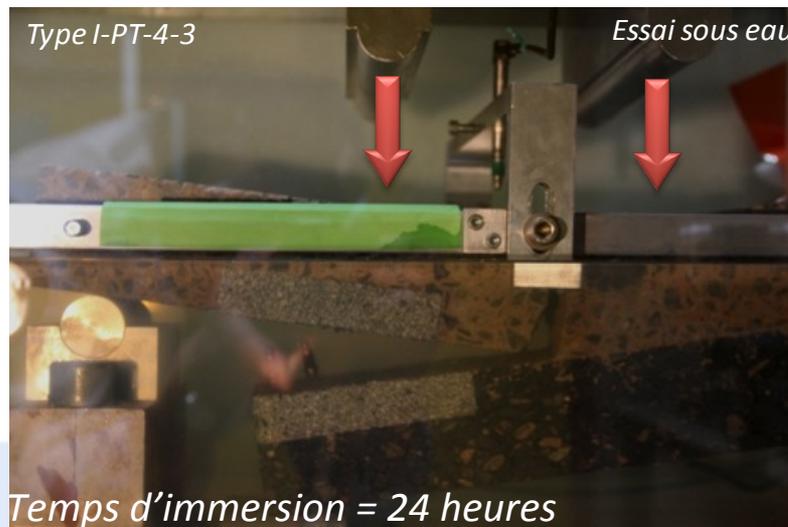
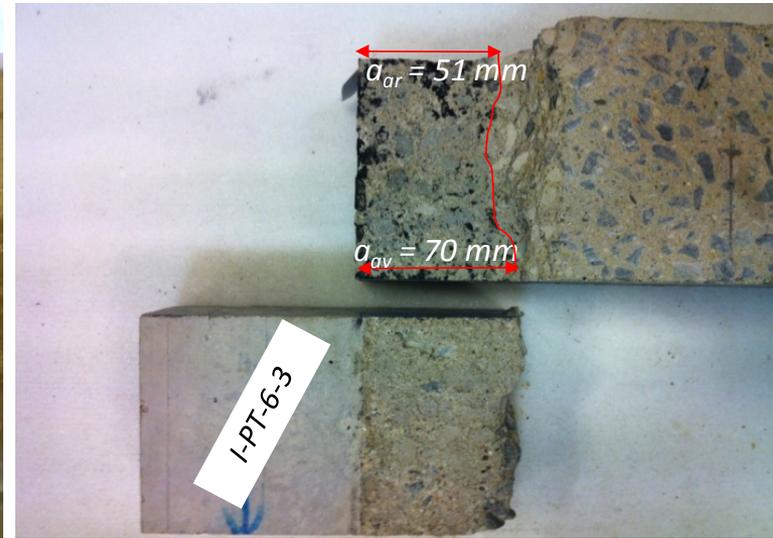
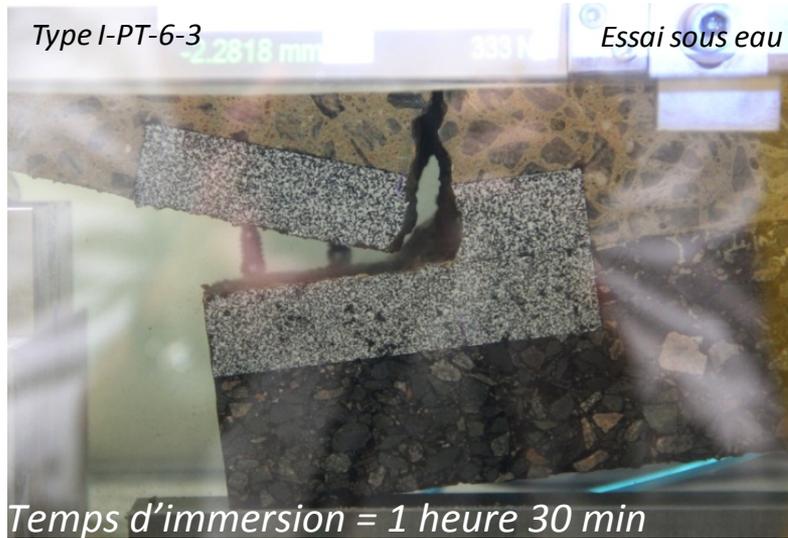
# Faciès de rupture essais sous eau

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

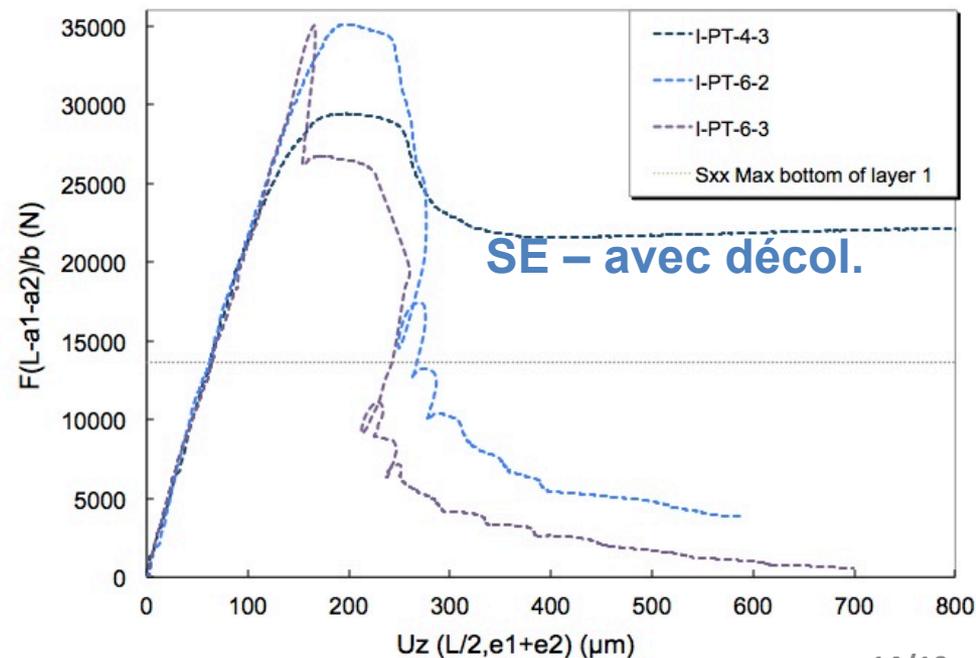
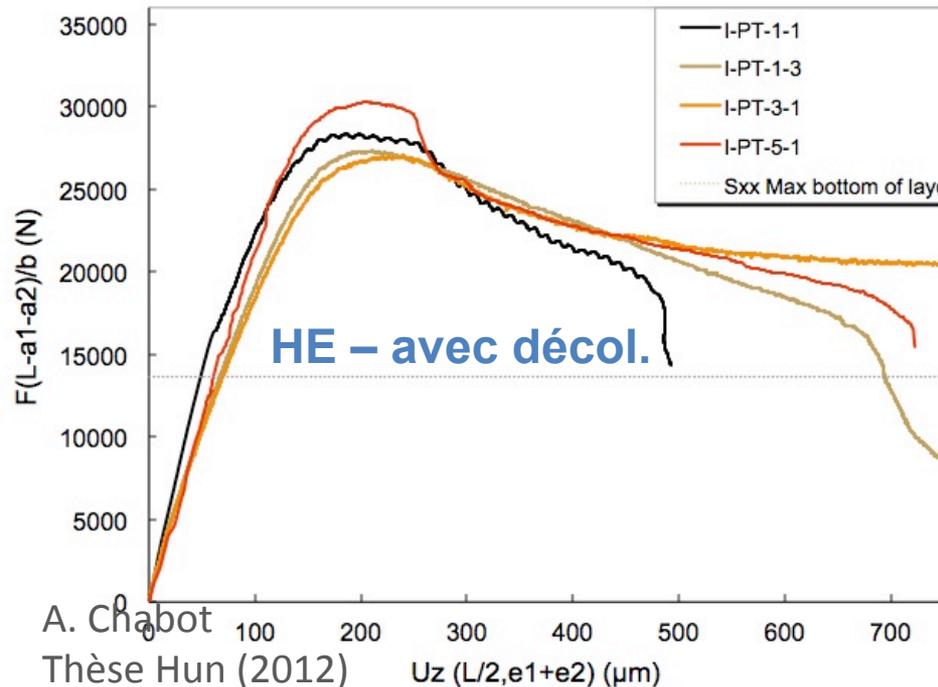
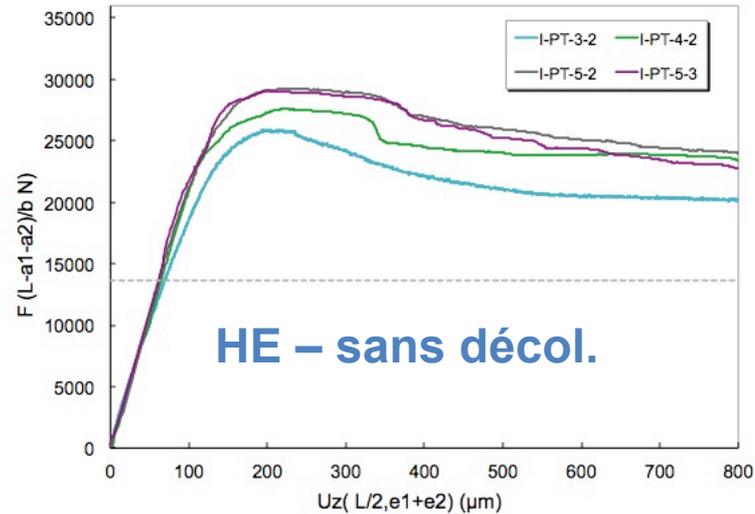
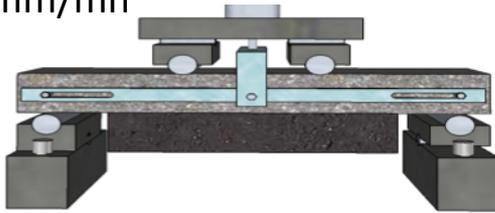
A. Chabot  
Thèse Hun (2012)



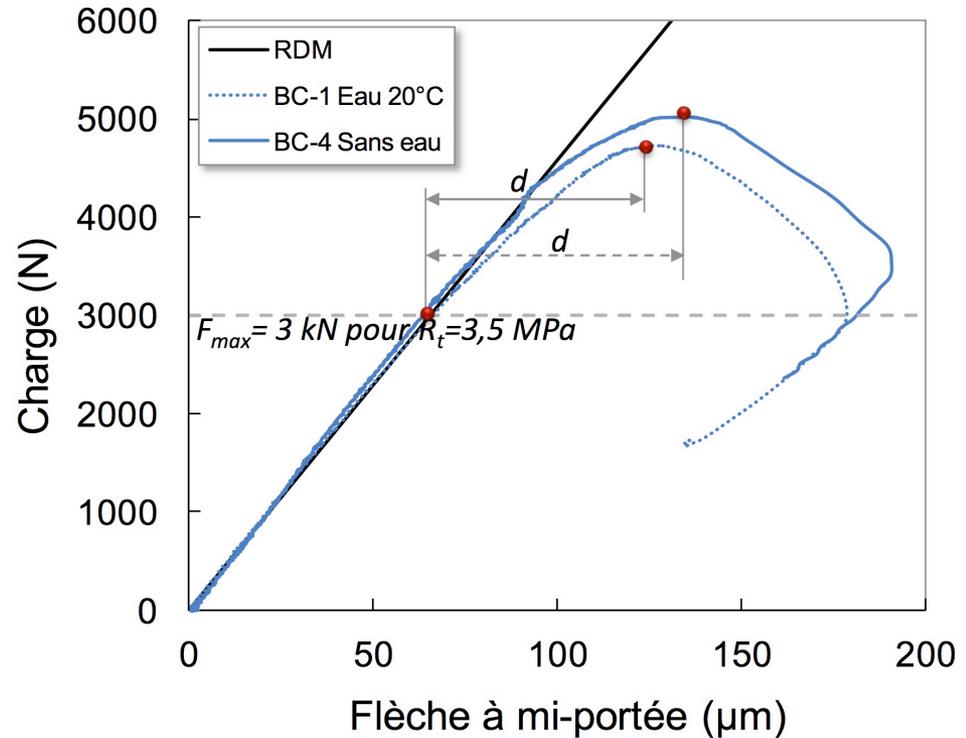
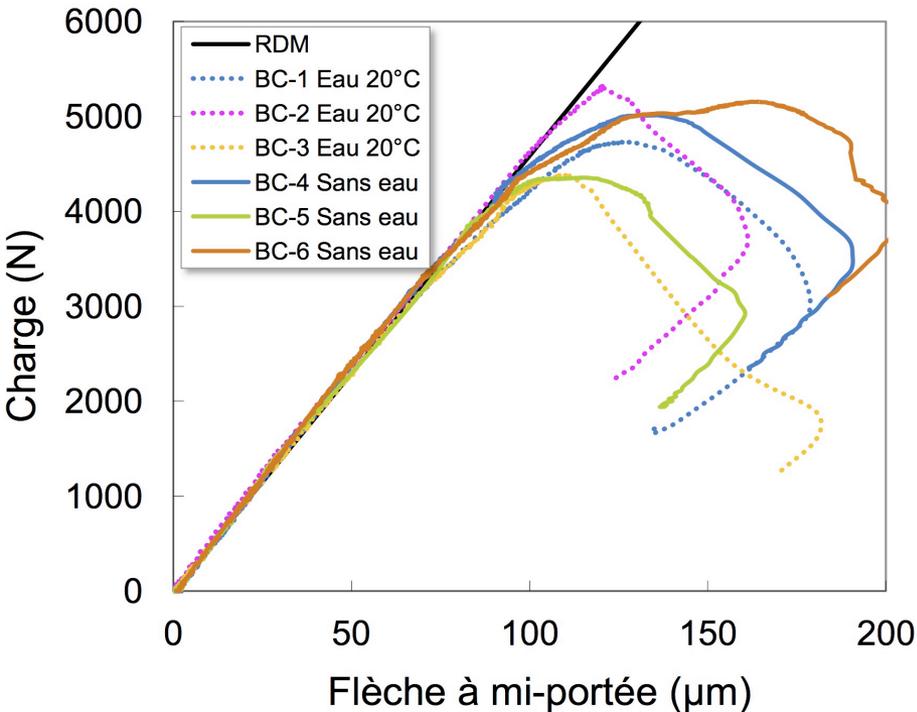
# Alure des courbes d'essais (F,U)

## 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



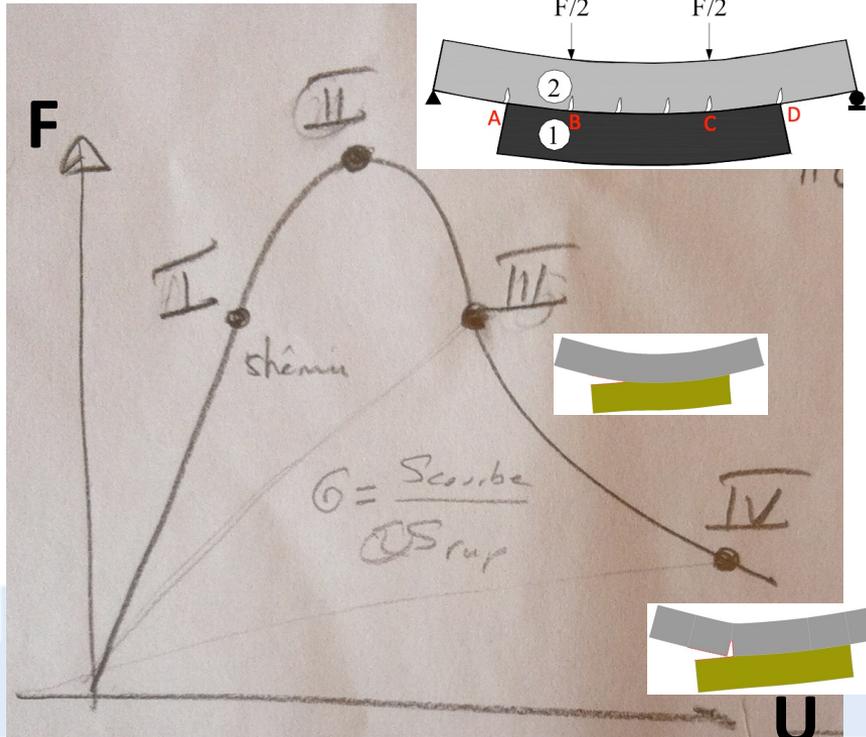
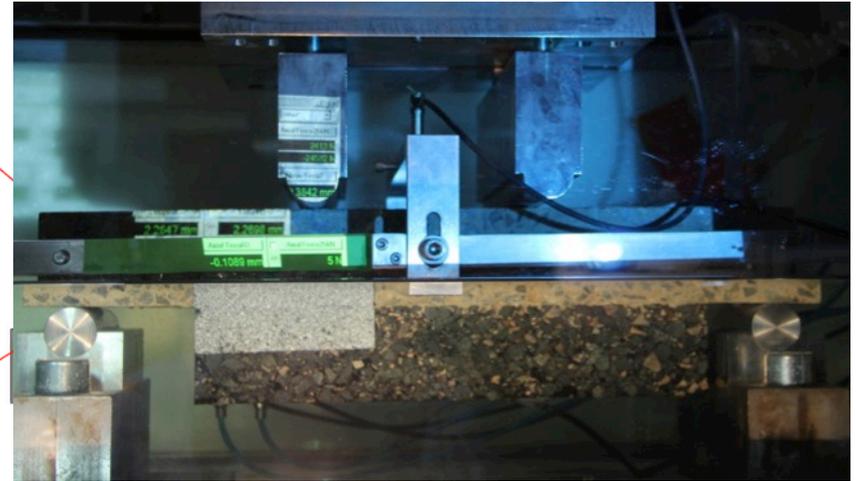
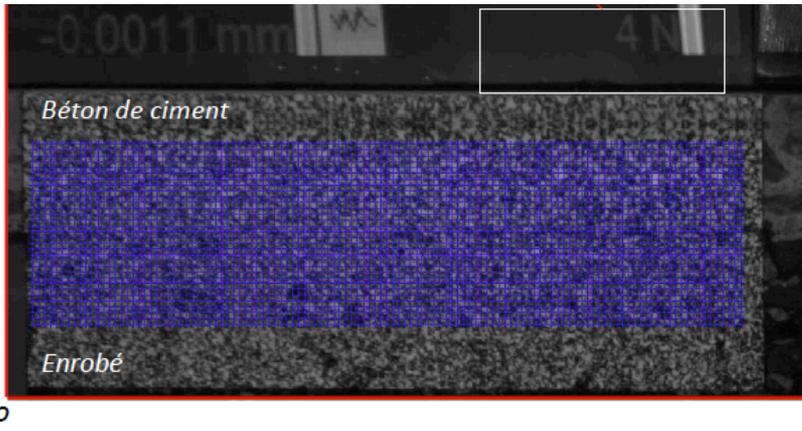
# Effet de l'eau béton seul



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

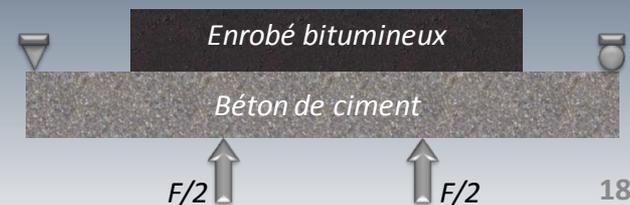
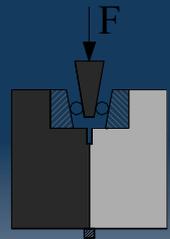
# Perspectives



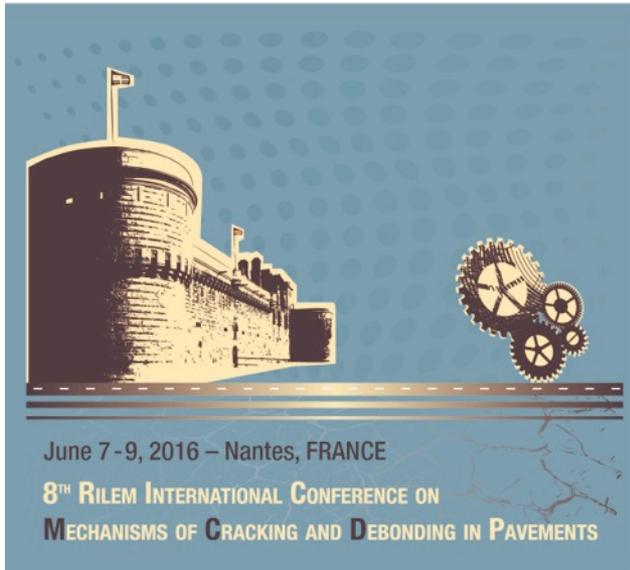
Est-ce que l'eau accélère le processus de **décollement** entre couches de chaussée urbaine (Type BCMC)?

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](mailto:armelle.chabot@ifsttar.fr) ; [mcd2016@ifsttar.fr](mailto:mcd2016@ifsttar.fr)

