

# Valorisation des sols traités en couche de fondation

## Expérimentation sur la Rocade Sud de Strasbourg

Thibaut Lambert - Cerema

Thomas Lenoir – Université Gustave Eiffel

Marc Jabiri - Cerema



# SOMMAIRE

- **Présentation du projet**
- **Le protocole expérimental**
- **Les résultats sur les collages de couches**
- **Conclusion**



# Présentation du projet

- **Un Partenariat :**

- DREAL Grand-Est – *Moa travaux*
- Eurométropole de Strasbourg -  
*Moa/gestionnaire chaussée expérimentale*
- Cerema
- Université Gustave Eiffel
- Hauri- *Fournisseur liants hydrauliques*
- Eurovia – *Entreprise travaux*
- Colas- *Entreprise travaux*



# Présentation du projet

- **Le Projet :**

- Rociade Sud de Strasbourg RN353 – Phase 2

- Voie Rapide Urbaine 2x2 de 4,6 km
- Opération de 60 M€ cofinancée
  - État (50 %),
  - Région Grand Est (20 %),
  - Département du Bas-Rhin (20 %)
  - Eurométropole de Strasbourg (10 %)



# Présentation du projet

- **Expérimentation**
- Structure avec couche de fondation en loess traité aux liants hydrauliques
- Première phase (2016) avec **essais de fatigue** en laboratoire
- Un protocole avec une planche expérimentale



# Protocole expérimental

- **Trois étapes :**
- **Essais en laboratoire de collage de couches**
- **Planche expérimentale** avec capteurs de déformation
- **Essais en laboratoire** (traction indirecte et collage de couches) **sur carottes**



# Protocole expérimental

Déc 2018/ Jan 2019

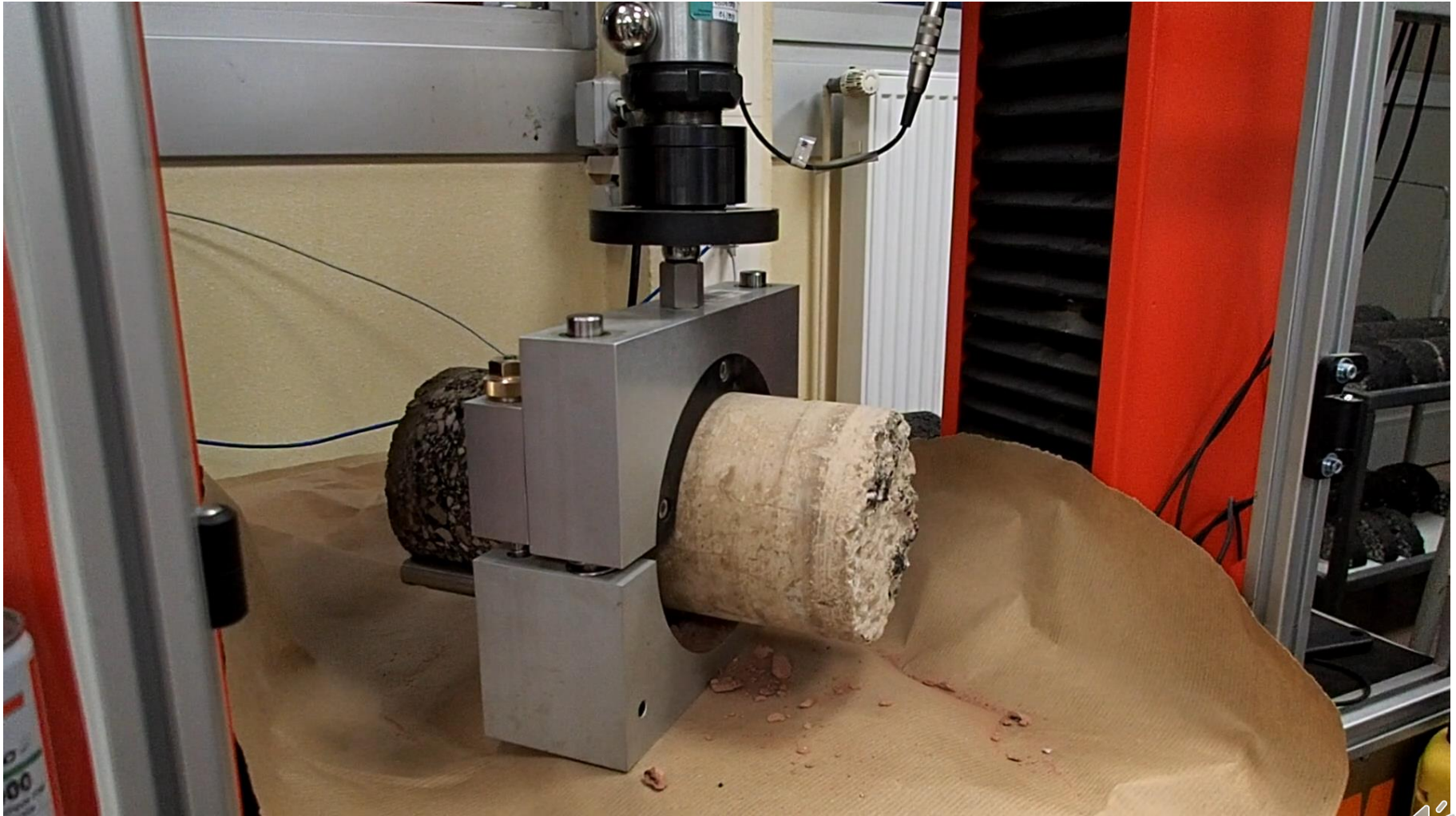
- **Essais de collage de couche en laboratoire**
- Éprouvettes confectionnées en moule CBR avec une dame Proctor
- Dispositif de cisaillement d'interface selon le projet PR EN 12697-48



- L. Thomas, A. Feeser, M. Jabiri



# Protocole expérimental





# Protocole expérimental

Mars/avril 2019

## • Planche expérimentale

- 2 sections sur le rétablissement de la M84 avec 2 structures différentes :

<b>PF4</b>  <b>AR1 - 35 MPa</b> $Q_g = 2,5(^{\circ}\text{C}\cdot\text{J})^{1/2}$	<b>6 cm BBSG</b>	<b>6 cm BBSG</b>
	<b>12 cm GB3</b>	<b>14 cm GB3</b>
	<b>25 cm STLH à 6% de Phonos</b>	<b>15 cm STLH à 6% de Phonos</b>
	<b>55 cm CDF en 2 couches à 6% de Phonos</b>	<b>55 cm CDF en 2 couches à 6% de Phonos</b>
	<b>Arase traitée sur 35 cm à 1,5% de chaux</b>	<b>Arase traitée sur 35 cm à 1,5% de chaux</b>

# Protocole expérimental

- 4 plots de mesure avec des capteurs de déformation horizontale (22), déformation verticale (6), contrainte verticale (6), force horizontale (2), température (20)

Planche 1

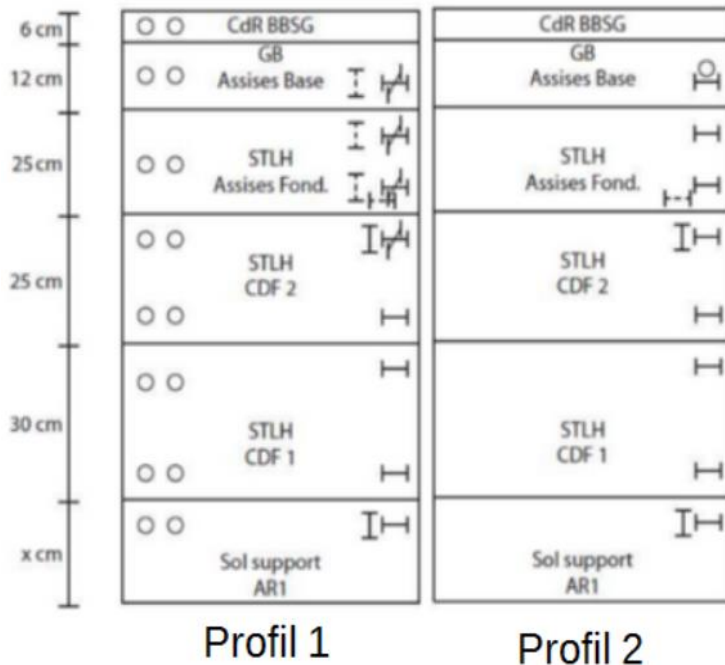
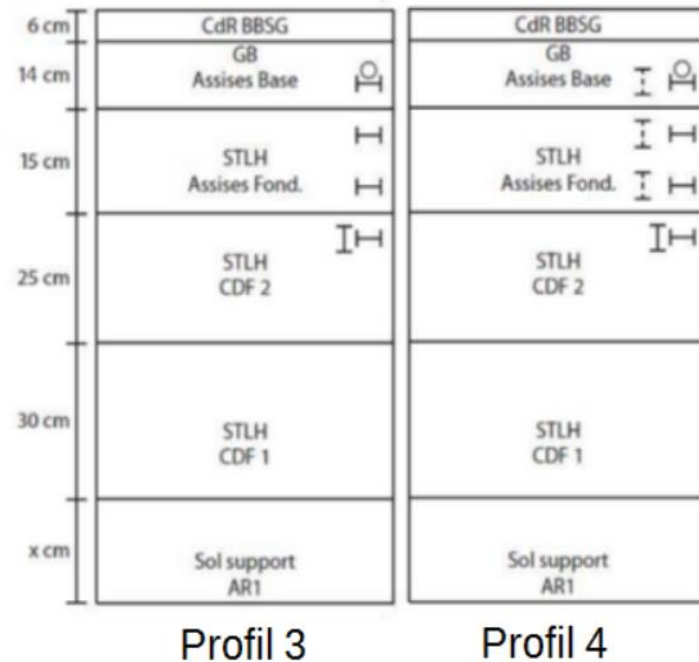


Planche 2



# Protocole expérimental



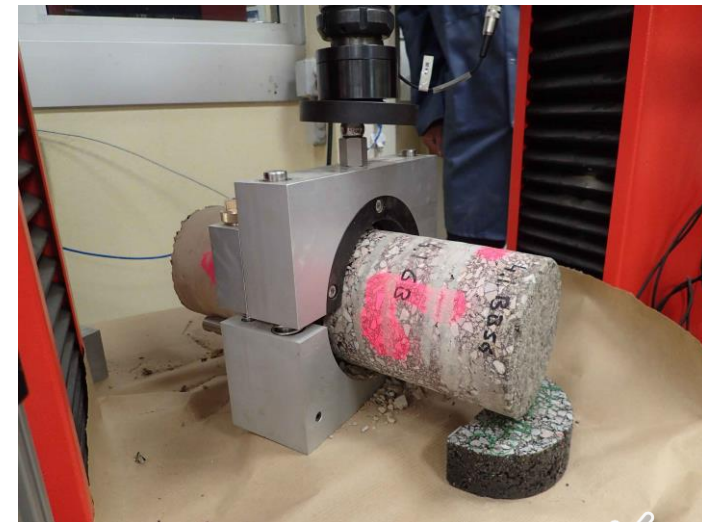
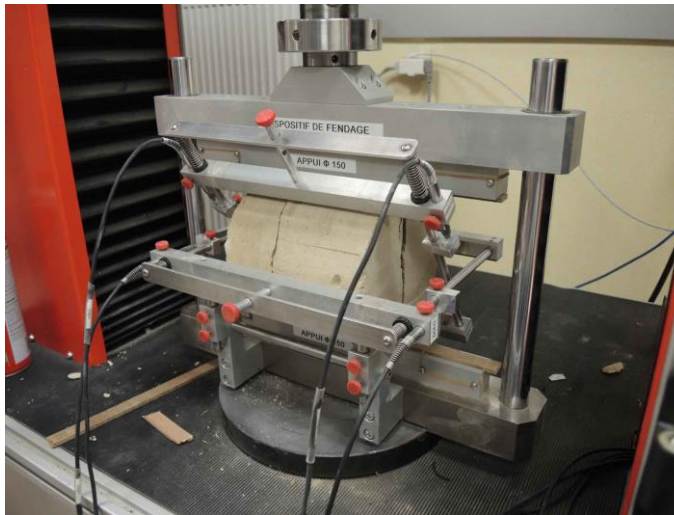
- T. Lenoir, J.P. David, M. Jabiri, T. Lambert, L. Thomas, C. Civallero, L. Simon, M. Khaloua



# Protocole expérimental

Nov 2020

- Carottages après 1 an et demi avec essais en laboratoire
- Essais en traction indirecte avec mesure de module
- Essais de collage de couche par cisaillement



- L. Thomas, L. Simon, M. Jabiri, T. Lambert, A. Feeser





# Résultats

- **Essais en laboratoire de collage de couche**  
**comparaison des résultats :**

- suivant les modalités de liaison (sans, avec enduit gravillonné, avec cloutage)
- entre deux couches et au cœur du matériau
- entre 2 couches de STLH et entre STLH et GB
- entre les essais sur éprouvette CBR et sur carottes





# Résultats

## • Essais en laboratoire de collage de couche

Essais sur éprouvette CBR	R (MPa)	Essais sur carottes	R (MPa)
STLH/STLH sans liaison	<b>0,00</b>		
STLH/STLH avec 2h d'attente	<b>0,28</b>	Interface CDFinf/CDFsup	<b>0,35</b>
SLTH/ STLH + enduit gravillonné	<b>0,15</b>		
STLH/STLH + cloutage + enduit	<b>0,19</b>	Interface CDFsup/FOND	<b>0,17</b>
STLH au coeur du matériau	<b>0,62</b>	CDFinf à coeur du matériau	<b>0,64</b>
		CDFsup à coeur du matériau	<b>1,49</b>
		FOND à coeur du matériau	<b>0,92</b>
STLH/GB sans liaison	<b>0,01</b>		
STLH/GB + enduit gravillonné	<b>0,24</b>		
STLH/GB + cloutage 6/14 + enduit	<b>0,23</b>	Interface FOND/GB	<b>0,69</b>
STLH/GB + cloutage 10/14 + enduit	<b>0,11</b>		



# Résultats

## Constats :

- Importance du **cloutage** et de l'**enduit gravillonné**
- Résistance à l'interface 30 à 40 % de la résistance au cœur du matériau



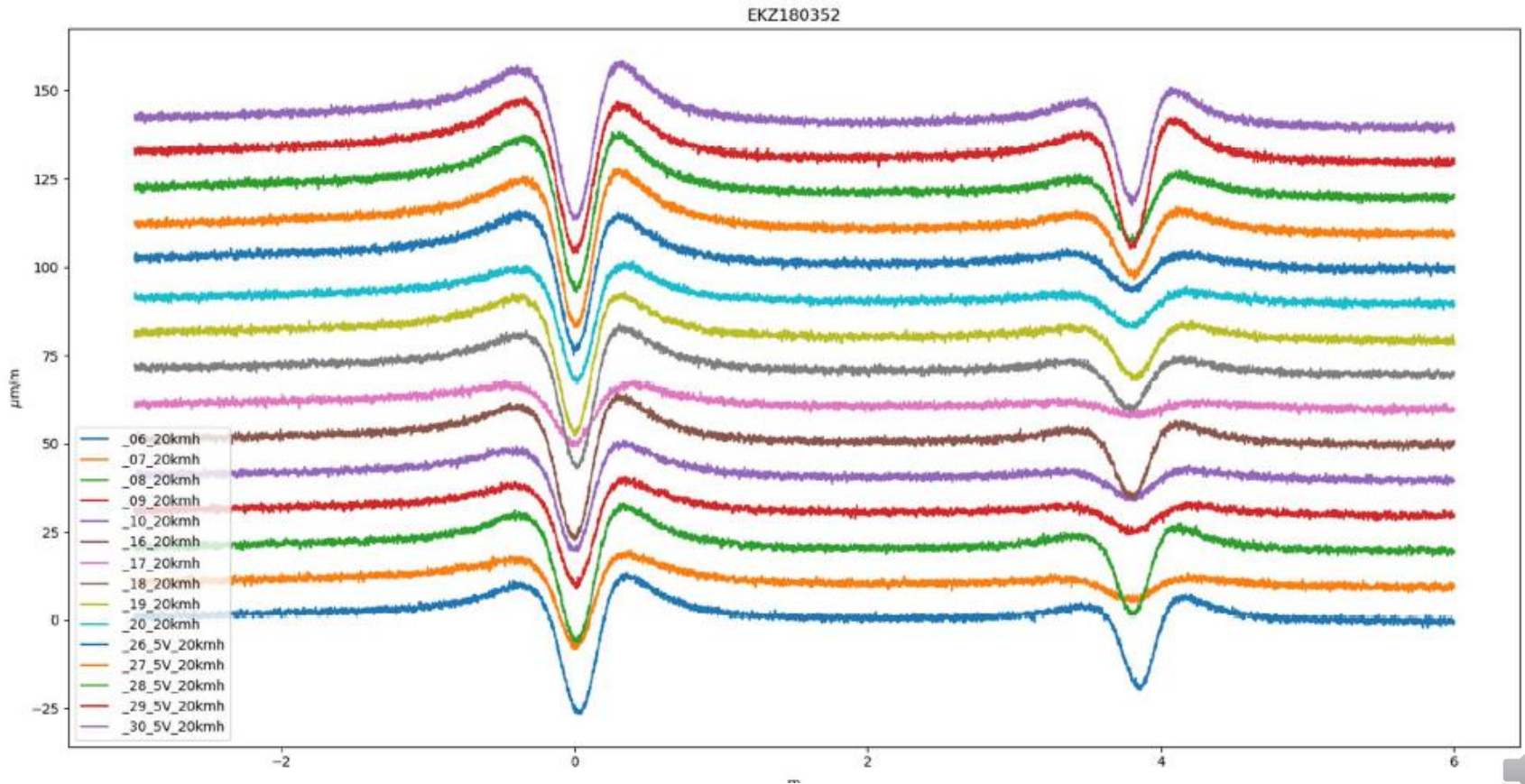
# Résultats

- **Planche expérimentale :**
- **Présentation des résultats de collage de couche** (valeurs  $\varepsilon_X$  et  $\varepsilon_Y$  de par et d'autre de chaque interface)
- **Comparaison des mesures de capteurs** par rapport à des **simulations Alizé** avec des hypothèses de collage différentes pour **l'interface GB/Fondation** et **Fondation/Couche de forme**



# Résultats

- Exemple de signaux mesurés



# Résultats

Interface GB/Fondation :		collé		1/2 collé		glissant		Mesures	
Interface Fondation/CDF :		collé		1/2 collé		glissant			
GB		$\epsilon_X$	$\epsilon_Y$	$\epsilon_X$	$\epsilon_Y$	$\epsilon_X$	$\epsilon_Y$	$\epsilon_X$	$\epsilon_Y$
		bas	-7	19	-34	13	-61	7	-22
Fondation	haut	-9	14	14	12	37	10	-8	11
	bas	-5	0	-21	-12	-37	-23	-15	-6
CDFsup	haut	-5	-2	15	13	35	28	-5	0
	bas		-8		-5		-2		-2
CDFinf	haut		-9		-8		-7		-2
	bas		-16		-25		-34		-2
PST	haut		-24		-24		-24		





# Résultats

- **Planche expérimentale :**
  - comportement des interfaces **GB/STLH** et **STLH/CDF** entre l'hypothèse « **collé** » et « **1/2 collé** »
  - comportement des interfaces **CDFsup/CDFinf** et **CDF/PST** proches de l'hypothèse « **collé** »



# CONCLUSION

- Importance du **cloutage** et de l'**enduit gravillonné** pour la qualité de collage de l'interface avec des couches de sol traité
- Des conditions de collage **entre les cas « collé » et « 1/2 collé »** de la norme NF P98-086
- Des conséquences à évaluer sur le dimensionnement, notamment à cause :
  - du calcul en 2 temps de la structure mixte (avec des effets inverses des hypothèses de collage suivant le cas)
  - de l'hypothèse de modélisation de la CDF



# Merci de votre attention

**Thibaut Lambert**

**Cerema**

**11, rue Jean Mentelin - BP 9 -  
67035 Strasbourg Cedex 2**

**Tél.: +33(0)3 88 77 46 14**

**Mel : thibaut.lambert@cerema.fr**

**Thomas Lenoir**

**Université Gustave Eiffel**

**Allée des Ponts et Chaussées  
Route de Bouaye - CS 5004**

**44344 Bouguenais Cedex**

**Tél.: +33(0)2 40 84 57 85**

**Mel : thomas.lenoir@univ-eiffel.fr**

**Marc Jabiri**

**Cerema**

**11, rue Jean Mentelin - BP 9 -  
67035 Strasbourg Cedex 2**

**Tél.: +33(0)3 88 77 46 14**

**Mel : marc.jabiri@cerema.fr**

