

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 :**

- Rocade 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

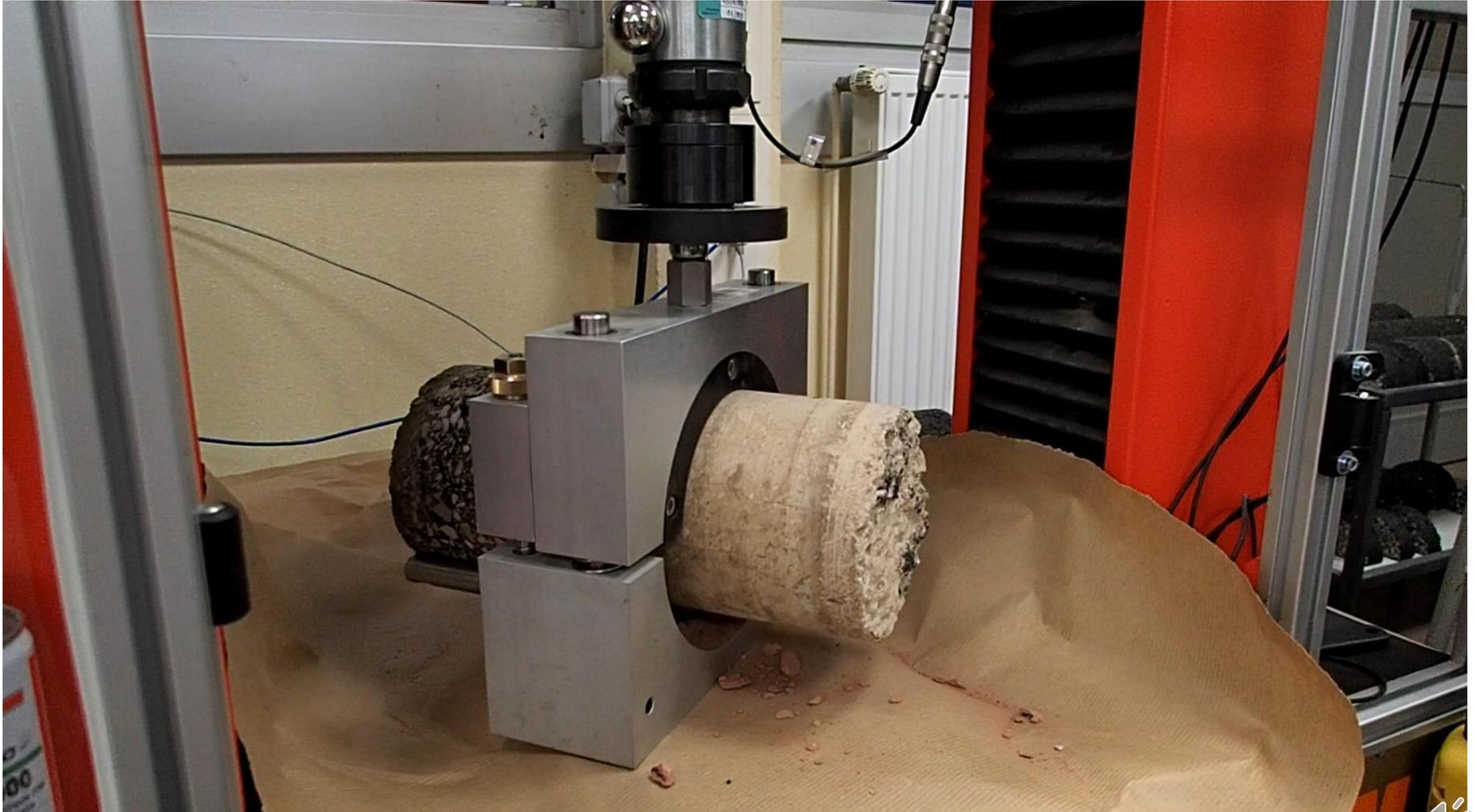
Déc 2018/ Jan 2019

- **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 :

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

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

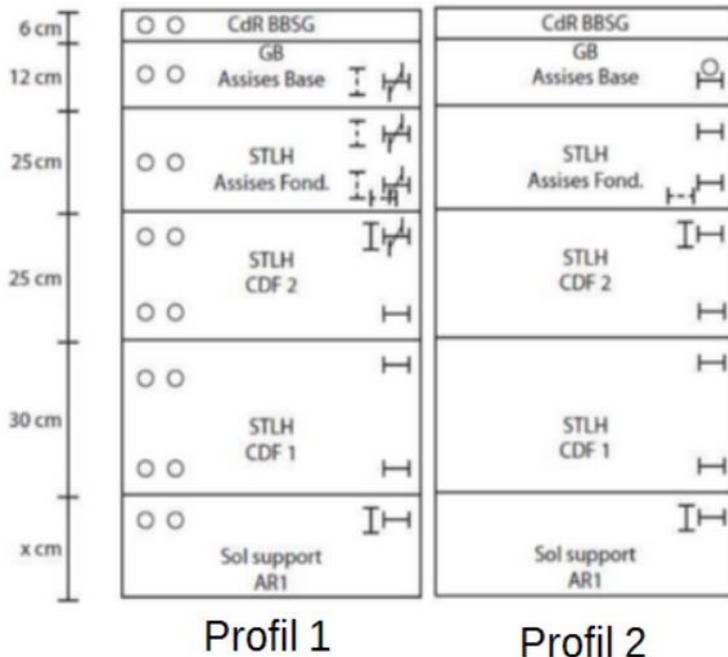
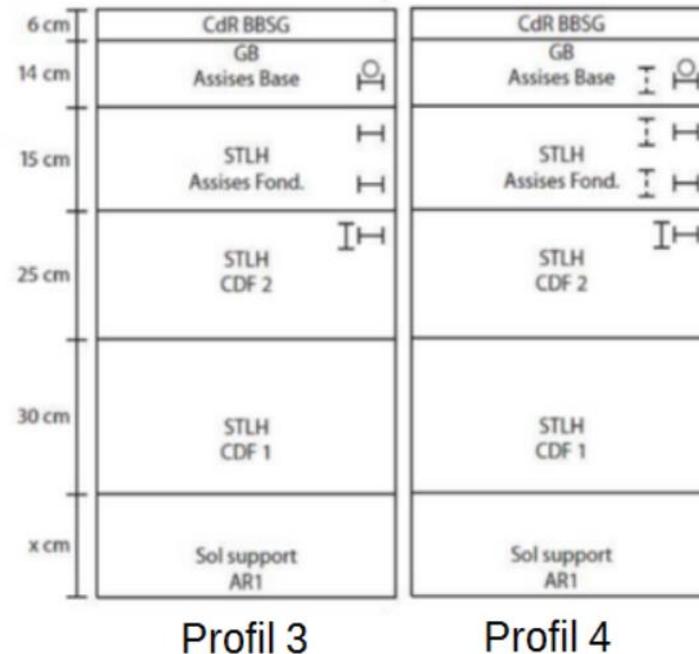


Planche 2



Protocole expérimental



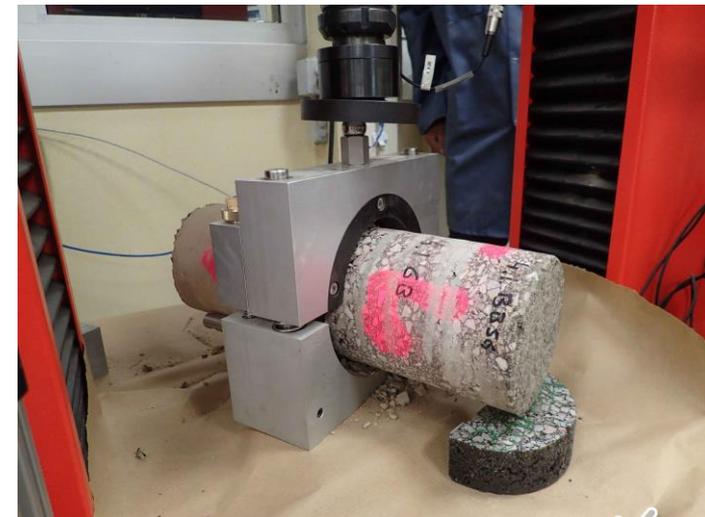
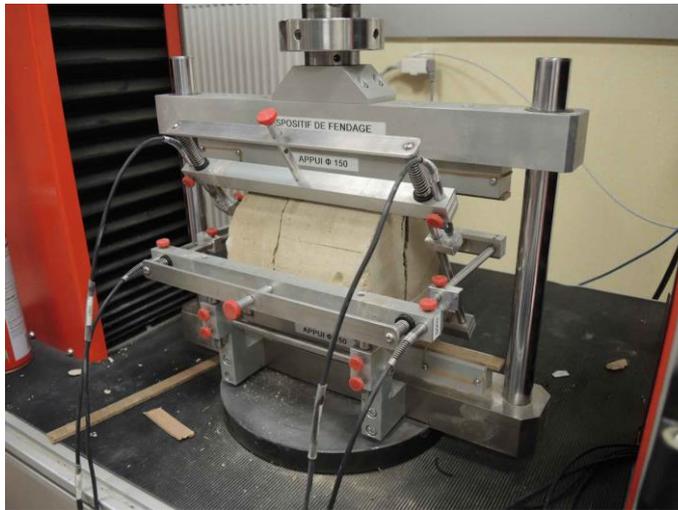
- T. Lenoir, J.P. David, M. Jabiri, T. Lambert, L. Thomas, C. Civallero, L. Simon, M. Khaloua



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	0,00		
STLH/STLH avec 2h d'attente	0,28	Interface CDFinf/CDFsup	0,35
SLTH/ STLH + enduit gravillonné	0,15		
STLH/STLH + cloutage + enduit	0,19	Interface CDFsup/FOND	0,17
STLH au coeur du matériau	0,62	CDFinf à coeur du matériau	0,64
		CDFsup à coeur du matériau	1,49
		FOND à coeur du matériau	0,92
STLH/GB sans liaison	0,01		
STLH/GB + enduit gravillonné	0,24		
STLH/GB + cloutage 6/14 + enduit	0,23	Interface FOND/GB	0,69
STLH/GB + cloutage 10/14 + enduit	0,11		



Résultats

Constats :

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



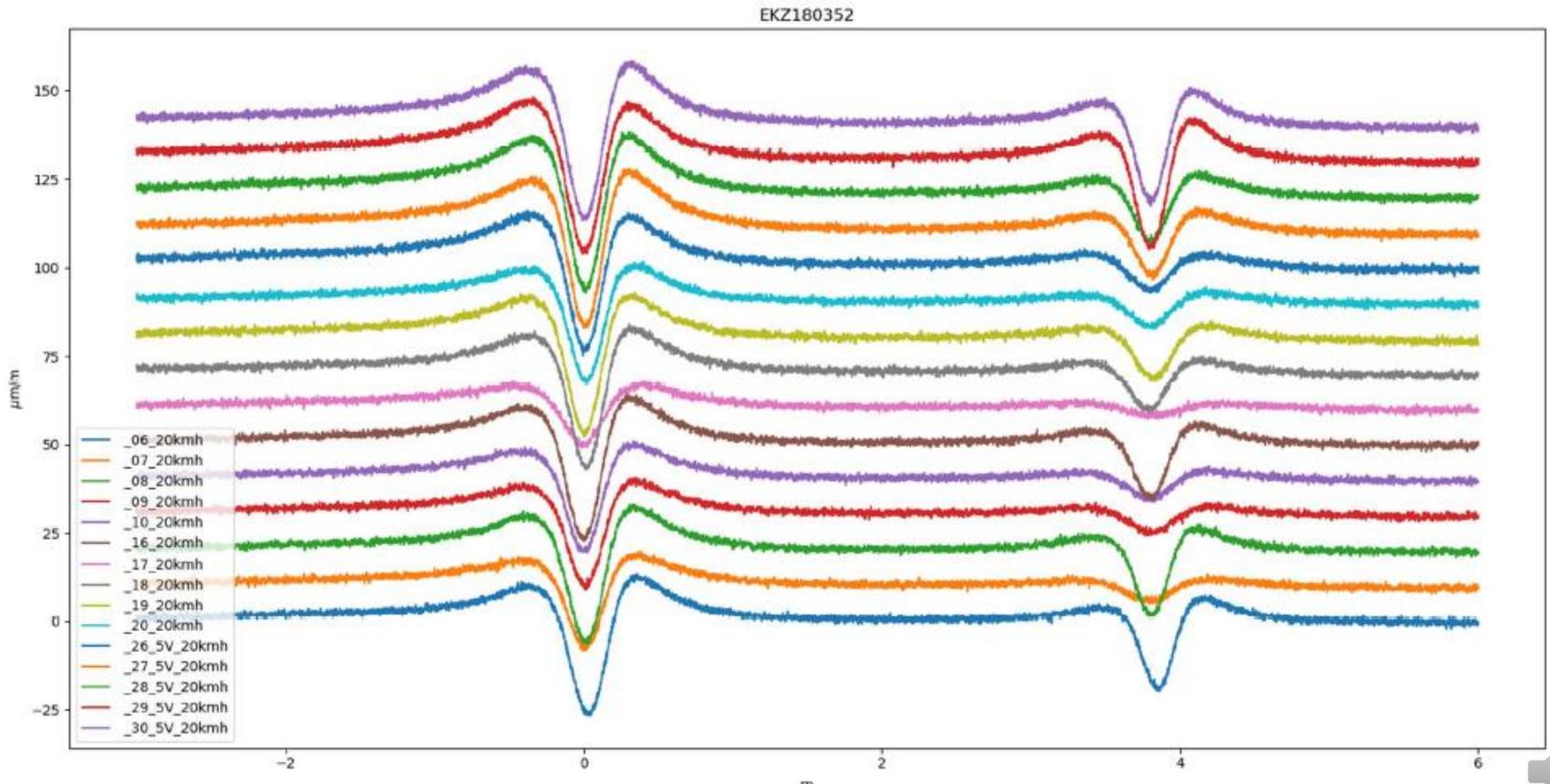
Résultats

- **Planche expérimentale :**
- **Présentation des résultats de collage de couche** (valeurs ε_X et ε_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		ϵ_X	ϵ_Y	ϵ_X	ϵ_Y	ϵ_X	ϵ_Y	ϵ_X	ϵ_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

