

**GC2D**

Laboratoire de Génie Civil, Diagnostic & Durabilité



**jtR** JOURNEES  
TECHNIQUES  
ROUTE 2022

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**



# Etude du contact pneu-chaussée par approche tribologique

**Philippe REYNAUD, Benoit PICOUX, Christophe PETIT**  
**Laboratoire GC2D, Université de Limoges**

# Pourquoi la tribologie sur la chaussée ?

- **Problèmes de surface et de sub-surface (5 cm) : coût 15 milliards euros / an (réparation)**
- **Répondre scientifiquement et concrètement aux pathologies de la surface (pas abordable avec méthodes actuelles ou outils de calculs très lourds)**

**Top Down Cracking (TDC) ; Orniérage**

- **Réalisme du contact pneu-chaussée - meilleure qualité mécanique en conception et réparation**

**Multiplication des points singuliers ; Diminution de l'épaisseur des couches ; Matériaux (nouvelles formulations)**

- **Tribologie (science du contact, du frottement, de l'usure et de la lubrification ...)**

**Roulement tractif, freinage, virage ne sont pas pris en compte**

**Calcul rapide et accessible aux industriels**

# Nos Objectifs

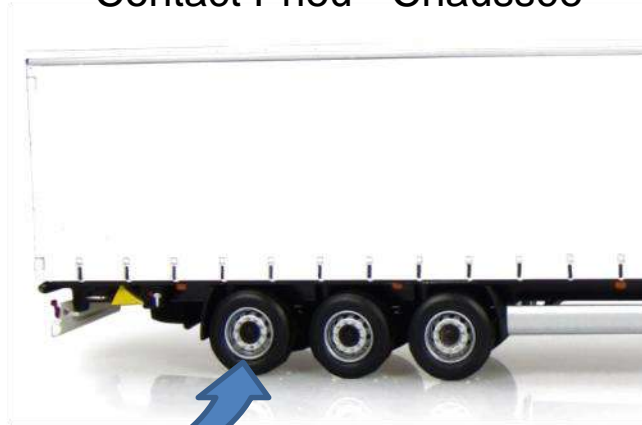
- **APPROCHER AU MIEUX LA REALITE DU CONTACT EN SURFACE**
- **CALCULER LES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS EN SURFACE DE CHAUSSEE**

Contact Bille - Bague



Calcul semi-analytique  
du contact depuis  
1990

Contact Pneu - Chaussée



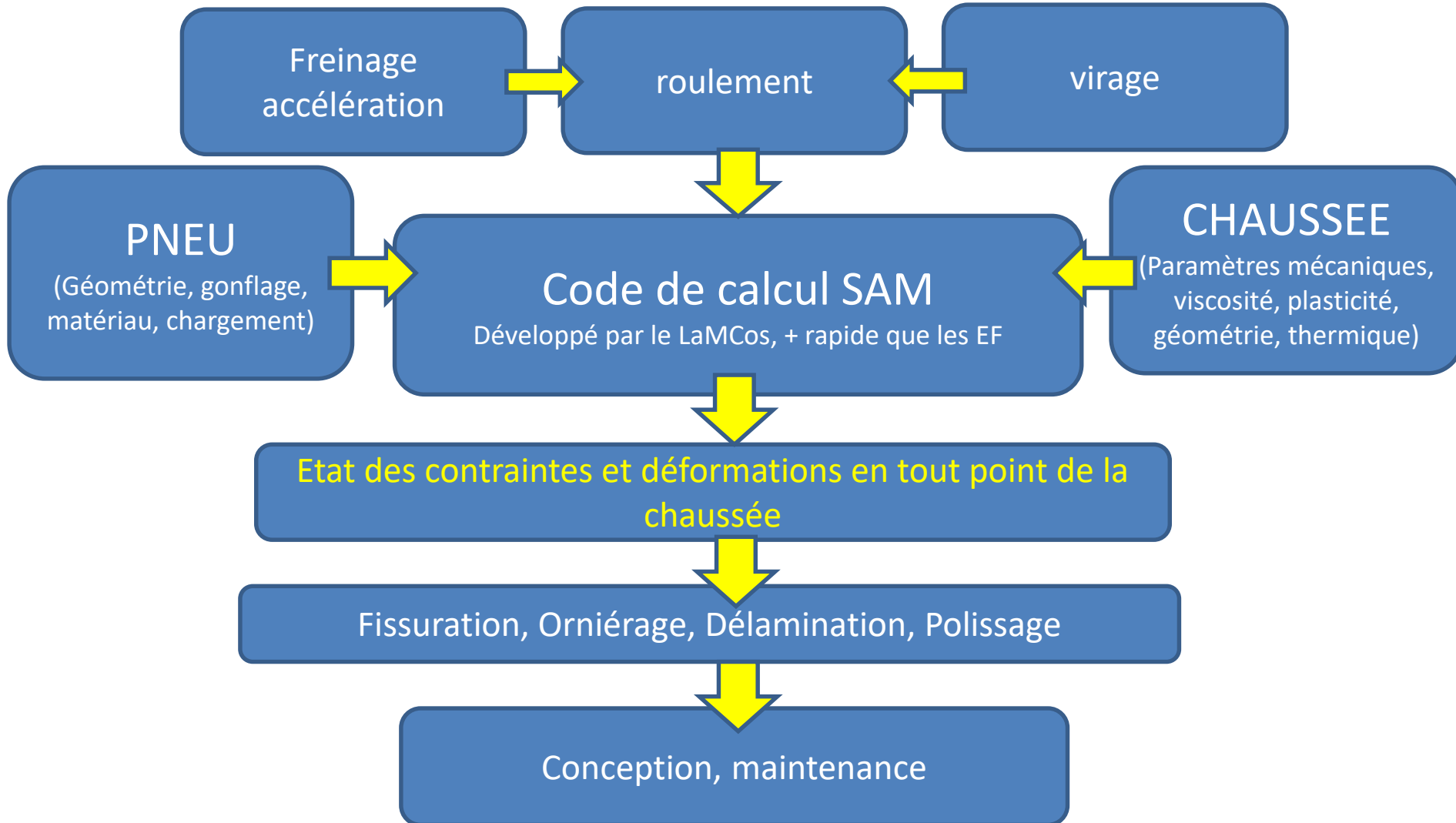
Similitude du problème de contact  
(seuls les matériaux et les dimensions  
changent)

Géométrie  
Cinématique  
Chargement  
Matériaux  
Frottement

Calcul des Contraintes et  
des déformations en tout  
point

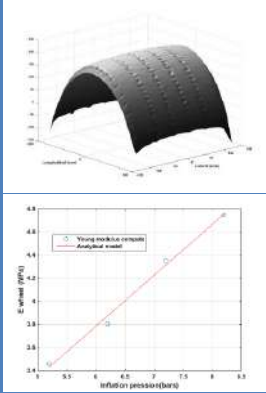
**NOTRE DEMARCHE : ADAPTER LE CODE DE CALCUL DES ROULEMENTS (SAM) AU CONTACT PNEU-CHAUSSEE**

# Fonctionnement de SAM

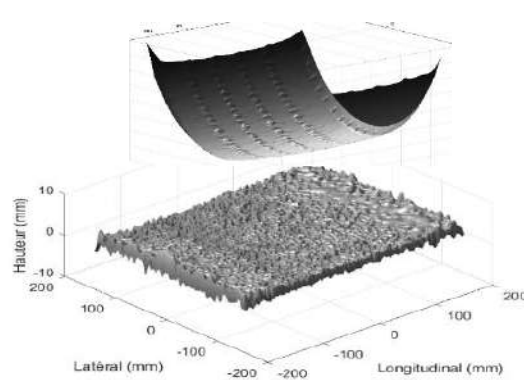


# Fonctionnement de SAM

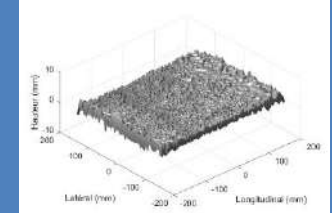
## PNEU



## CONTACT

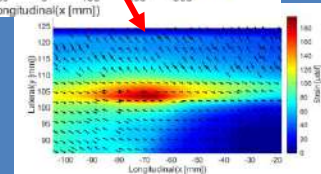
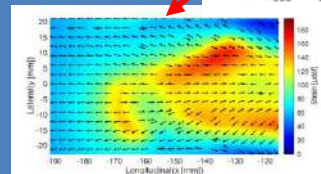
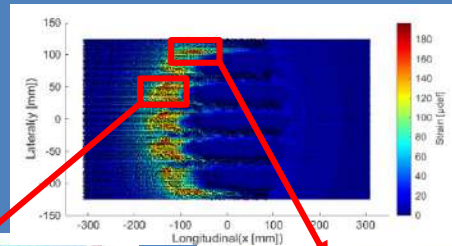
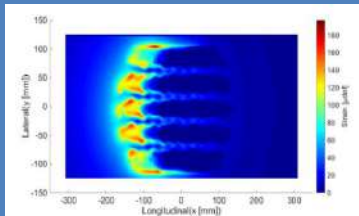
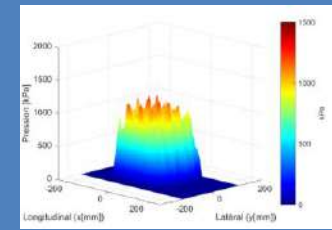


## CHAUSSEE

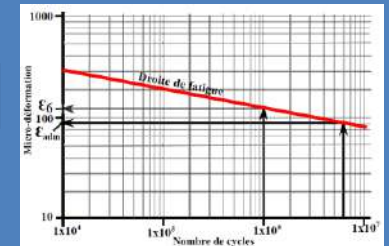


Effort normal $N$	32 kN
Effort tangentiel longitudinal $F_x$	[-10, 10] kN
Effort tangentiel latéral $F_y$	10 kN
Module d'Young du pneu $E_p$	2.92 MPa
Coefficient de Poisson du pneu $\nu$	0.20
Pression de gonflage du pneu $p$	820 kPa
Module d'Young du BBSG (15 °C, 10 Hz) $E_s$	5 400 MPa
Coefficient de Poisson du BBSG $\nu_s$	0.35
Coefficient de frottement $\mu$	0.7

## RESULTATS

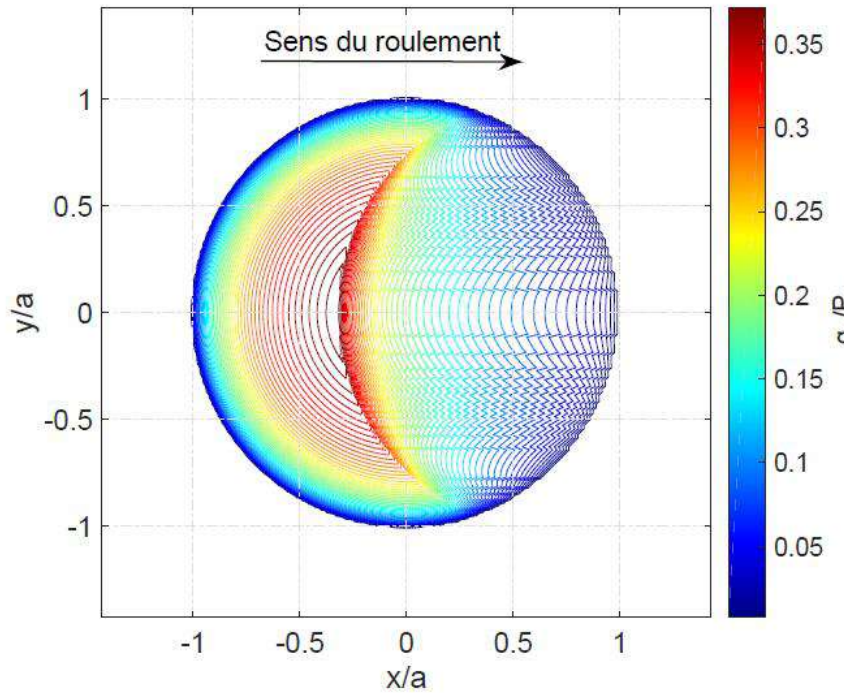


## CRITERE

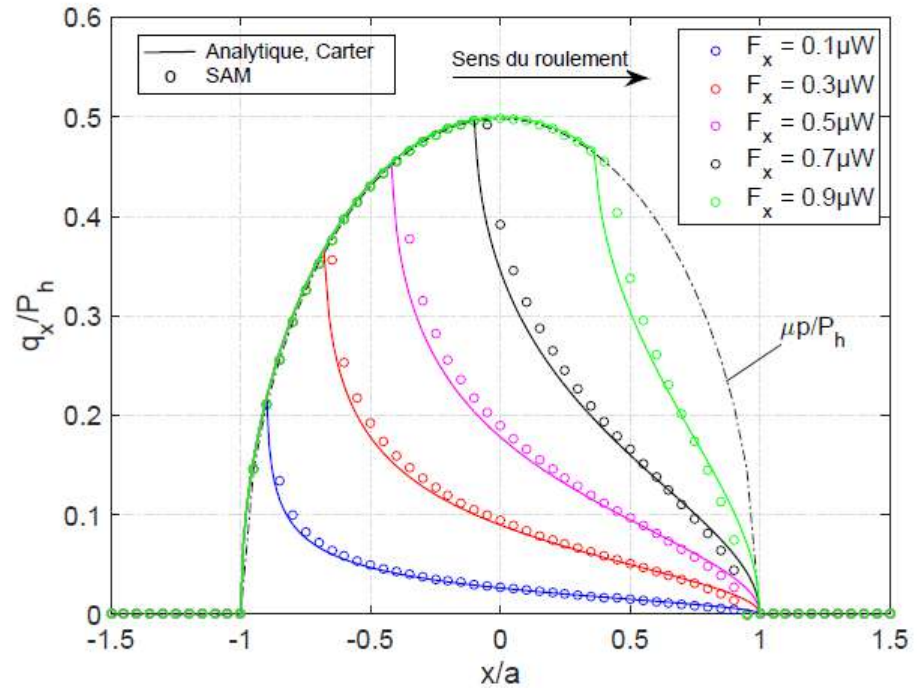


**NECESSITE DE RESULTATS  
DE FATIGUE SUR  
COUCHES DE SURFACE  
CONCEPTION**

# Résultats numériques


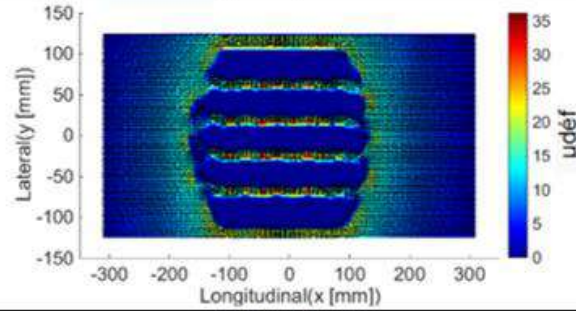

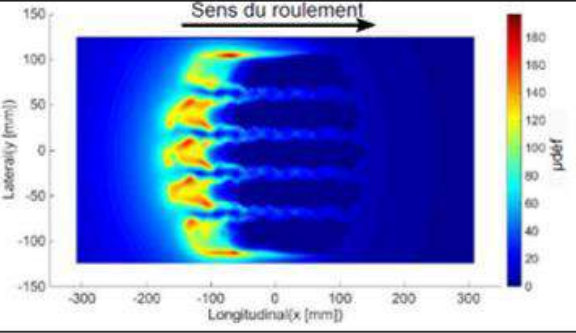

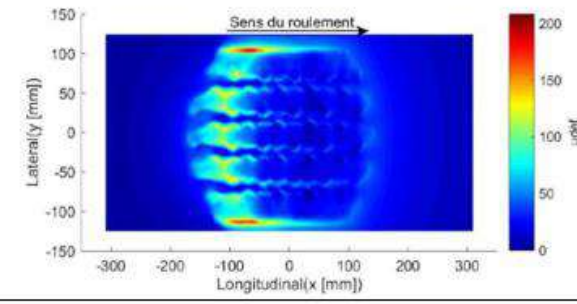


Contact bille/plan en roulement pur  
 Adhérence à l'avant du contact  
 Glissement à l'arrière



Effet du coefficient de frottement sur le  
 cisaillement en surface

# Résultats numériques (section droite)

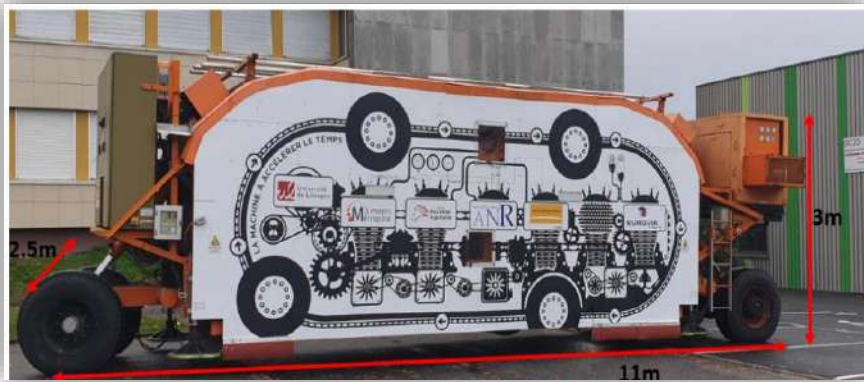
	Application des efforts	Déformations principales et directions principales d'extension	$\epsilon_6 \text{ max}$ ( $\mu\text{déf}$ )
ROULEMENT PUR			35
ROULEMENT TRACTIF			200
ROULEMENT FREINAGE			200

# Résultats numériques (courbe)

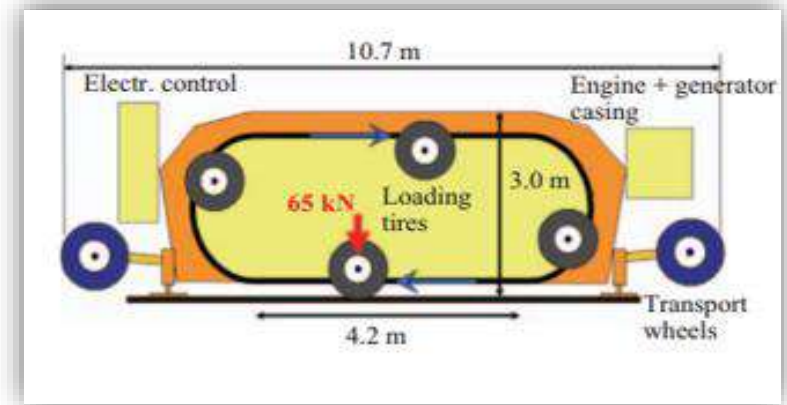
	Application des efforts	Déformations principales et directions principales d'extension	$\epsilon_6$ max ( $\mu\text{def}$ )
VIRAGE PUR			250
VIRAGE TRACTIF			280
VIRAGE PNEU INCLINE			360



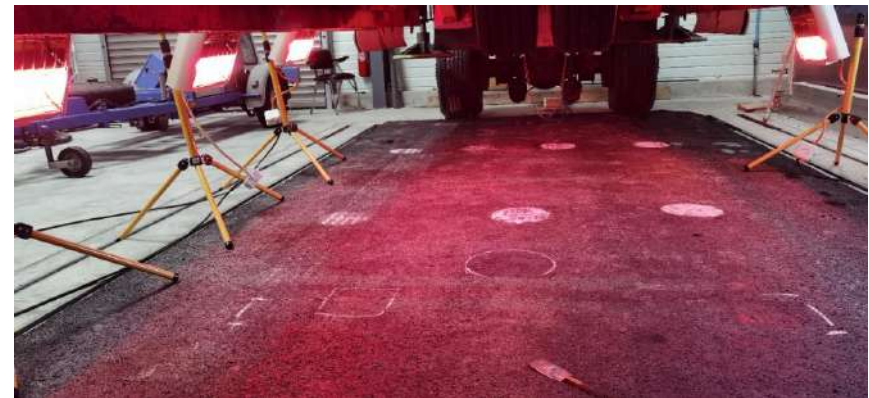
# Simulateur de trafic MLS10 & contrôle thermique



Véhicule autonome 32 tonnes



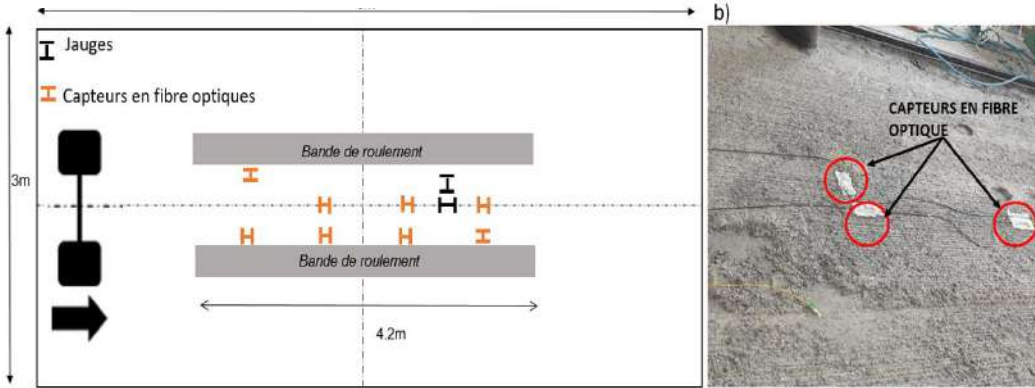
Charge sur un jumelage : de 0,5 à 35KN  
Vitesse de 5 à 20 km/h  
Longueur de piste : 4,2 m  
Températures : de 15 à 45 °C  
Balayage : +/- 30 cm



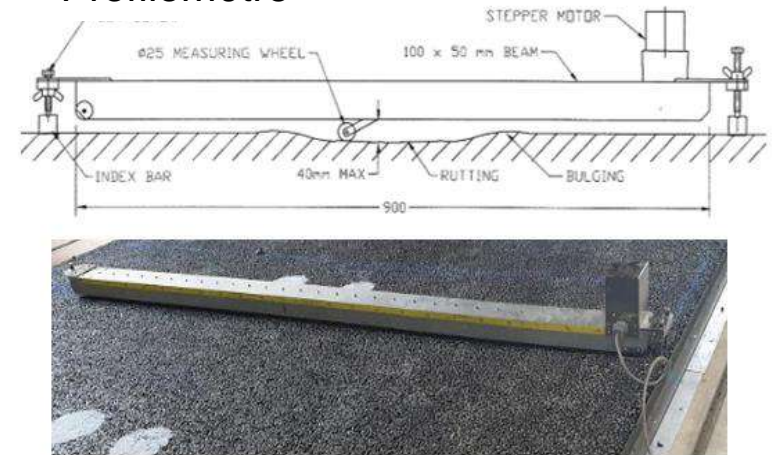
Chauffage infra-rouge de la chaussée

# Capteurs et mesures

## Jauges et fibre optique



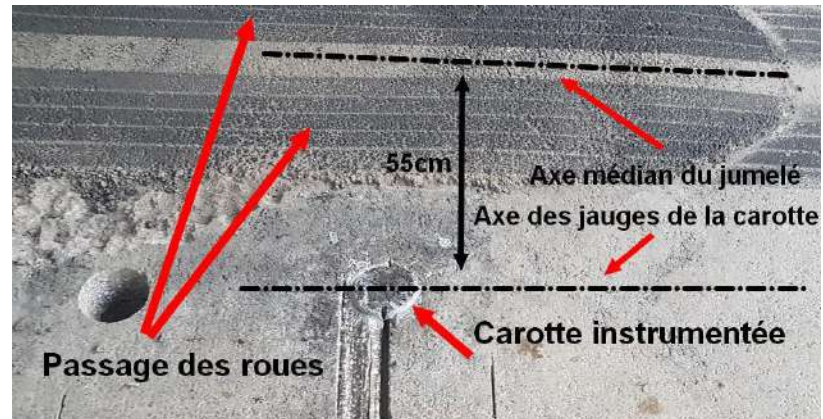
## Profilomètre



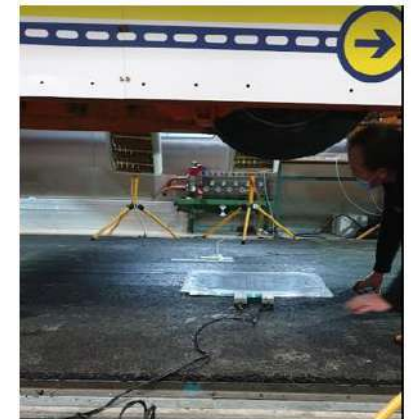
## FWD



## Développement de capteurs sur carotte

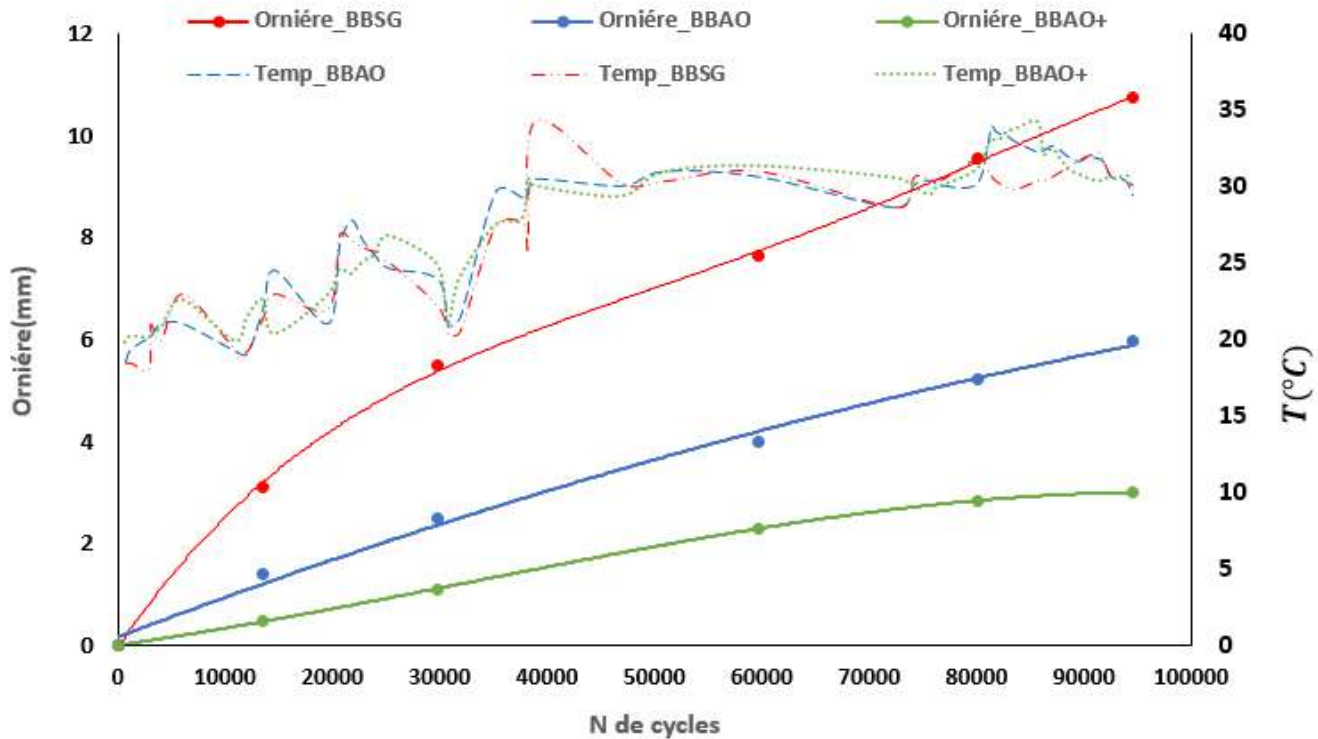


## Pression - TekScan



# Résultats expérimentaux – mesures d'ornières

Courbes d'orniérage jusqu'à 100.000 cycles



4 couches de surface testées :

- BBSG
- BBAO+
- BBAO
- Agreco

## Conclusion et perspectives

- Outil de calcul Semi-Analytique (SAM) rapide
- Accès à  $\varepsilon_6$  en roulement tractif, freinage et virage
- Prise en compte d'un contact réel pneu-chaussée (macro-texture de chaussée réelle, sculpture et stries des pneumatiques)
- Apport d'une loi d'orniérage empirique à deux paramètres (température et nombre de passages)
- Développement de l'aspect élasto-plastique et visco-élastique (en cours au LamCos) du revêtement pour aborder les problèmes d'orniérage
- Construction (en cours) d'un simulateur (MACADAM) reproduisant le freinage, l'accélération et les virages en ambiances contrôlées (0 à 45°C)
- Évolution de l'outil SAM vers des aspects probabilistes (coefficient de risque)

# Merci de votre attention

Philippe Reynaud  
Laboratoire GC2D  
Boulevard J. Derche, 19300 Egletons  
[philippe.reynaud@unilim.fr](mailto:philippe.reynaud@unilim.fr)

Prototype MACADAM

