

# Développements expérimentaux en laboratoire pour évaluer le comportement mécanique des matériaux pour les couches de roulement

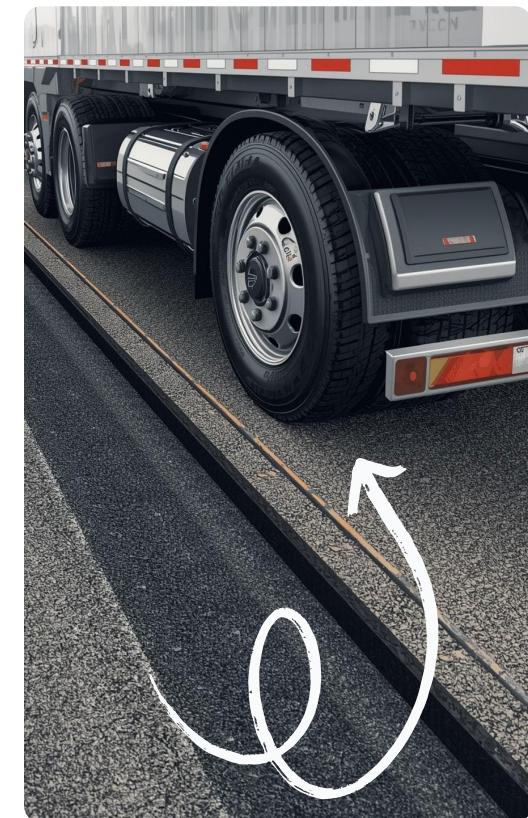
**Ferhat HAMMOUM**  
Université Gustave Eiffel

# ANR BINARY : Programme WP 3



Pour une meilleure prise en compte de l'agressivité des chargements routiers sur les couches de roulement des chaussées

- **Contexte général**
- **Matériaux étudiés**
- **Expérimentation N°1 : Etude de l'interface en condition roulement libre**
  - Effet de la température
  - Effet de la Vitesse de charge
  - Comparatif entre les matériaux
  - Réponse mécanique d'un bicouche: comportement de l'interface
- **Expérimentation N°2 : condition roue bloquée**
  - Influence de la composition sur l'arrachement
- **Conclusions & perspectives**



## Matériaux étudiés

- une formule de Béton Bitumineux Mince de type a (BBMa) 0/10;
- une formule de Béton Bitumineux Semi-Grenu (BBSG) 0/10.

Composition (%)	6/10	2/6	0/2	filler	TL (%)	Nature du liant
BBMa 0/10	62,01	0,0	30,0	2,3	5,7	BmP Colflex N
BBSG 0/10	45,4	17,0	31,0	1,0	5,6	Pure 35/50

Les deux formules sont réalisées suivant les spécifications techniques de la norme EN 13108-1.

- ✓ **Aptitude au compactage - OK**
- ✓ **Comportement vis à vis de l'orniérage - OK**
- ✓ **Résistance vis-à-vis de la fissuration (à froid) – Bonne**
- ✓ **Sensibilité vis à vis de l'eau - OK**

# Problématique scientifique



- 1. Dégradation progressive des performances mécaniques et fonctionnelles**
- 2. Interaction complexe trafic – matériau avec son interface – environnement**
- 3. Limites des essais normatifs isolés**
- 4. Nécessité d'une approche mécanistique intégrée**

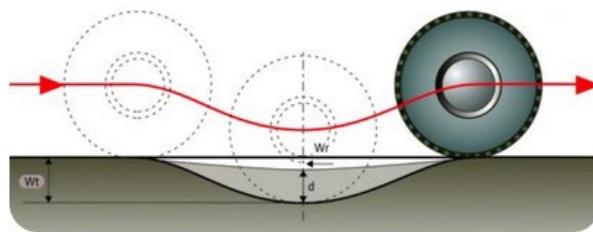
# Problématique scientifique



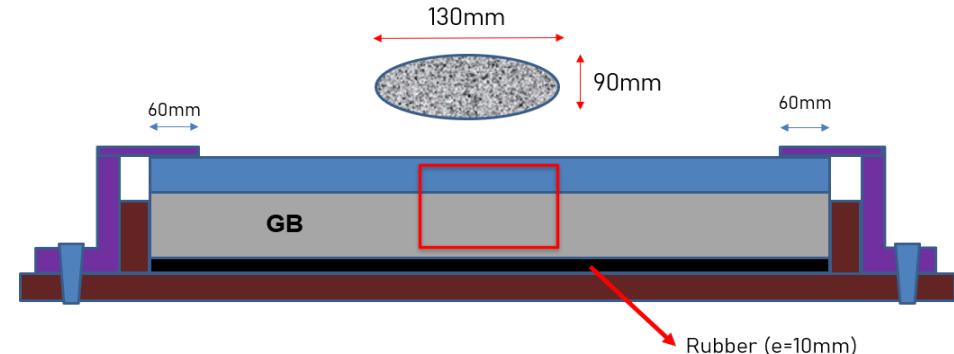
**Développement d'une expérimentation  
pour étudier l'interface**

# Comportement mécanique de l'interface

## Chaussée en vraie grandeur



## Représentation en laboratoire



### Appareil : orniéreur mlpc + Caméra embarquée 5k\*5k + éclairage LED

Charge appliquée sur la roue : 5000N

Pression de gonflage du pneumatique : 6 bars

Températures d'essai ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) : ambiante ( $20^{\circ}\text{C}$ ),  $40^{\circ}\text{C}$  et  $50^{\circ}\text{C}$

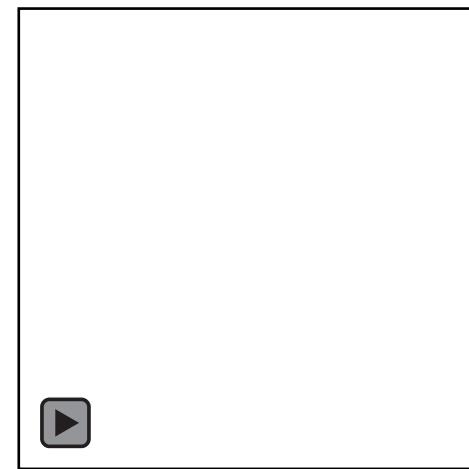
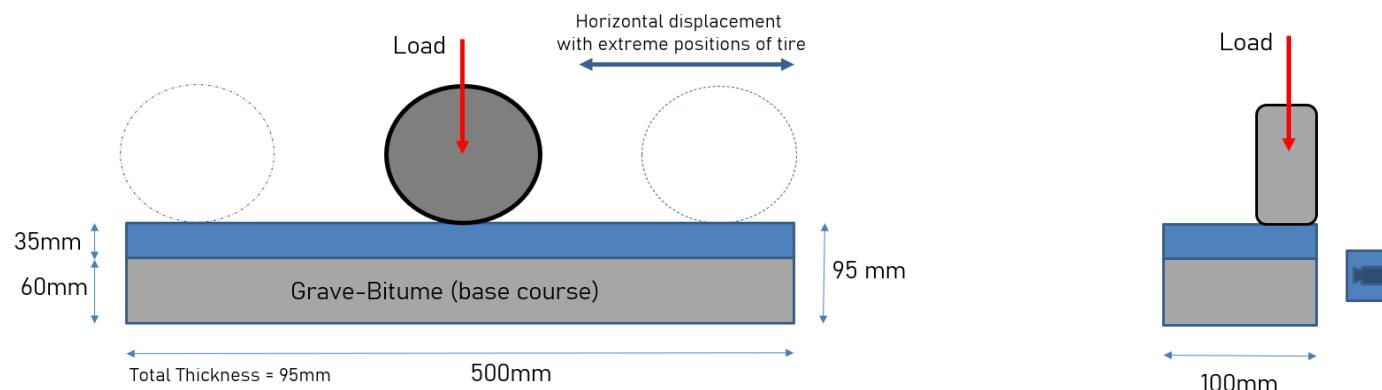
Temps de conditionnement de l'éprouvette avant essai : 5 heures

Vitesse de passage : 7 km/h (1Hz), 3,5 km/h (0,5 Hz) et 0,7 km/h (0,1Hz)

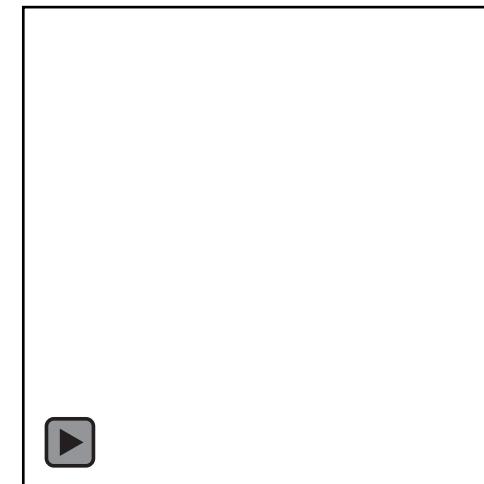
## Campagne d'essai pour étudier l'interface

Echantillon bi-couche	Désignation
BBSG-GB-WTC	BBSG collée sur un support GB
BBSG-GB-WOTC	BBSG non-collée sur un support GB
BBMa-GB-WTC	BBMa collée sur un support GB
BBMa-GB-WOTC	BBMa non-collée sur un support GB

# Comportement mécanique de l'interface

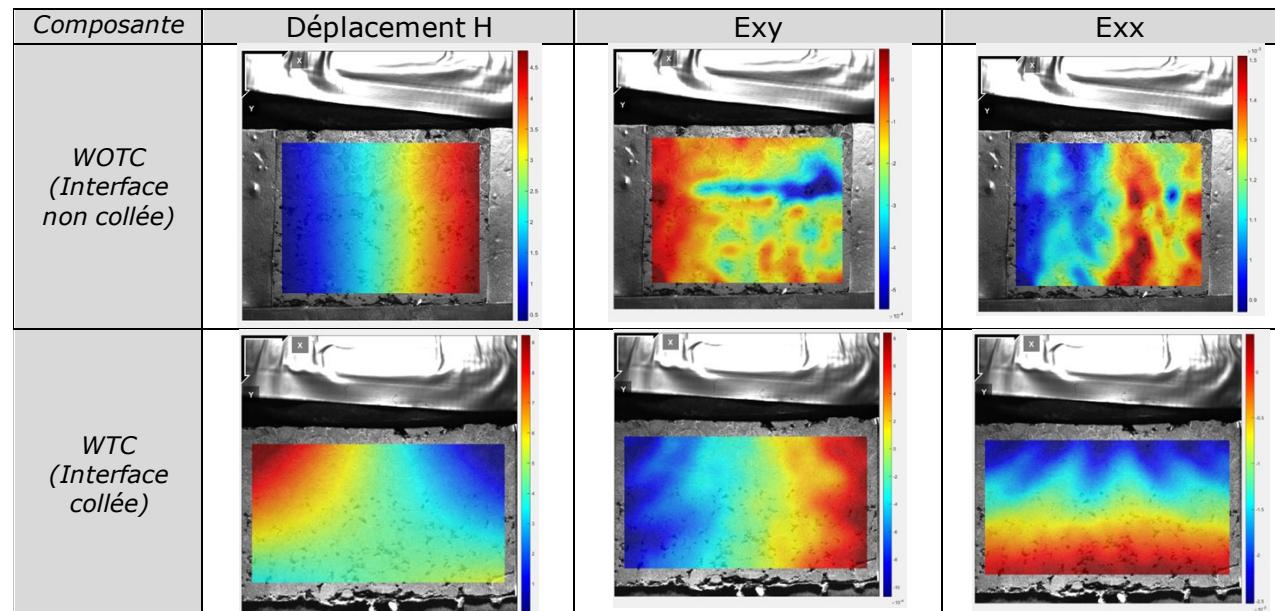
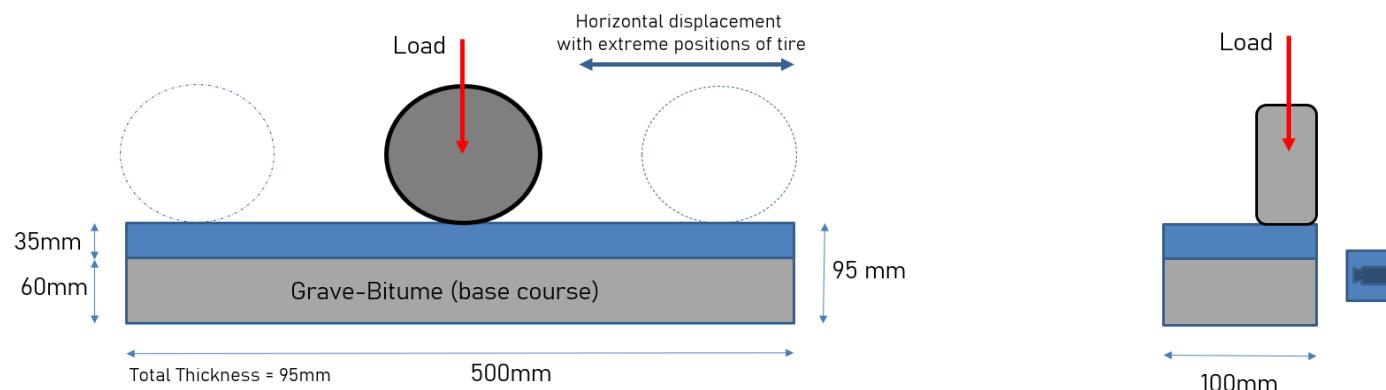


Déplacement vertical



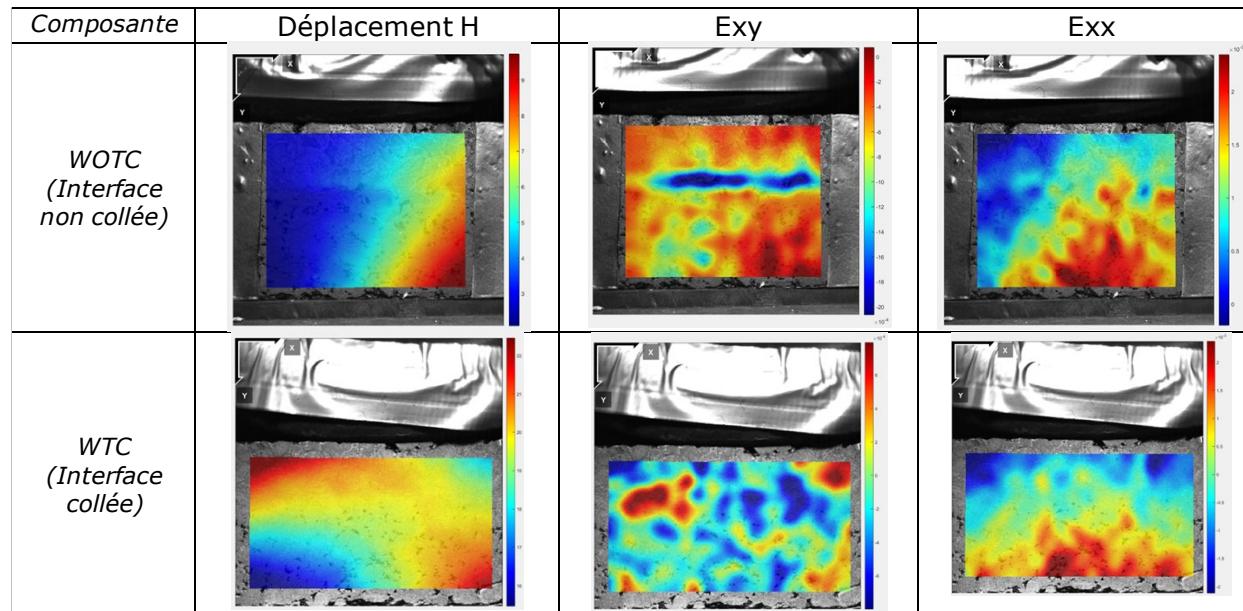
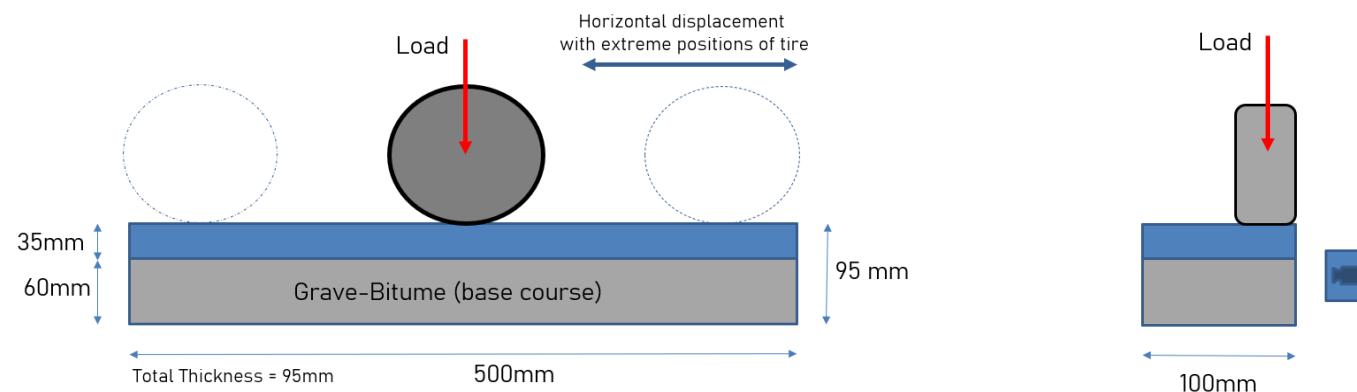
Composante Exy

# Comportement mécanique de l'interface



Résultats des mesures réalisées sur un bicouche BBMa-GB à 20°C et 3,5 km/h

# Comportement mécanique de l'interface



Résultats des mesures réalisées sur un bicouche BBMa-GB à 40°C et 3,5 km/h

# Problématique scientifique



## Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

Résistance des enrobés bitumineux de surface vis à vis des efforts tangentiels

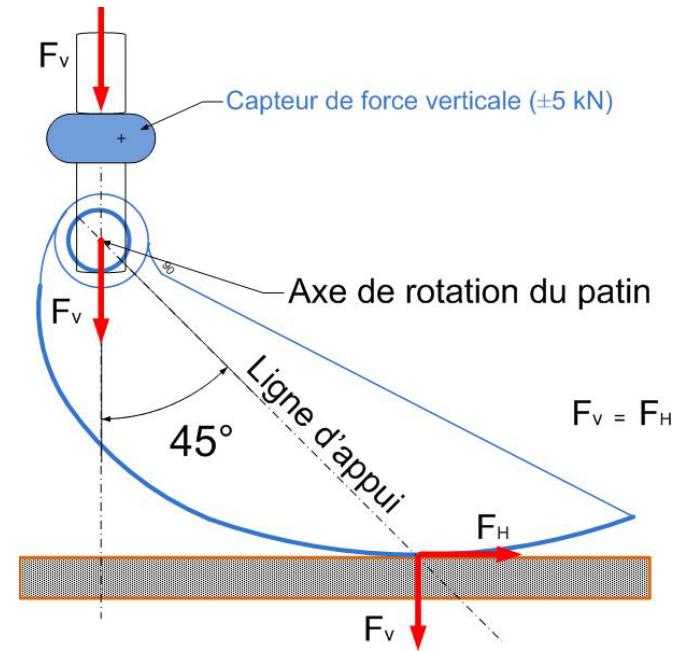
**Contact pneumatique-chaussée => glissement du pneumatique avec la charge appliquée !**



**Tribomètre T2R (principe)**  
Stefani C., 2000

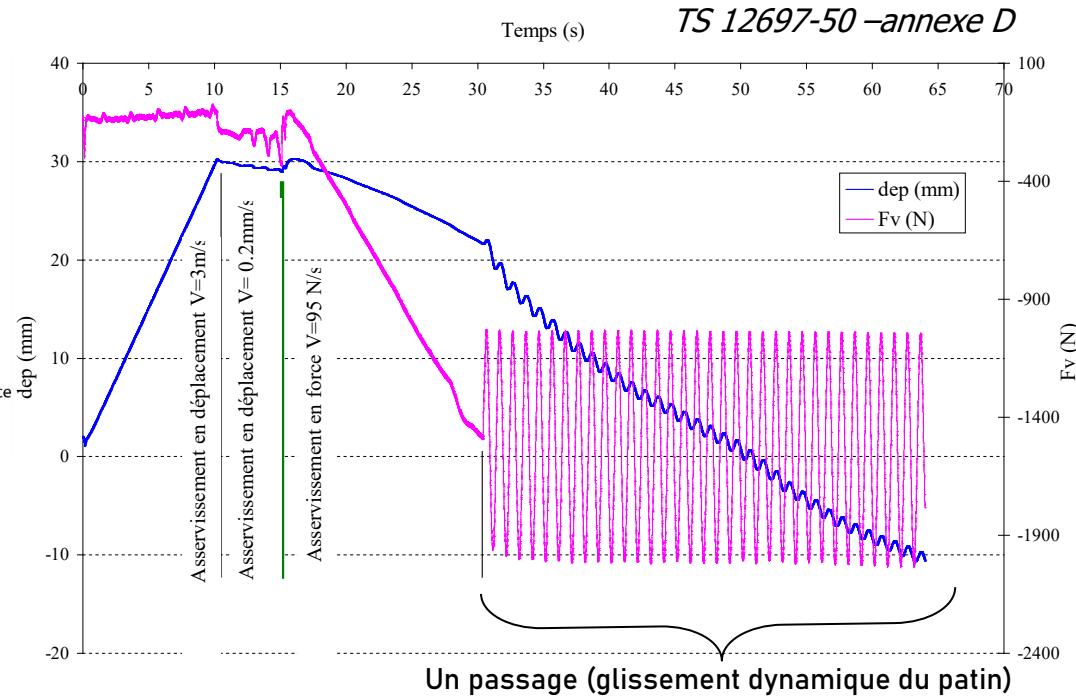
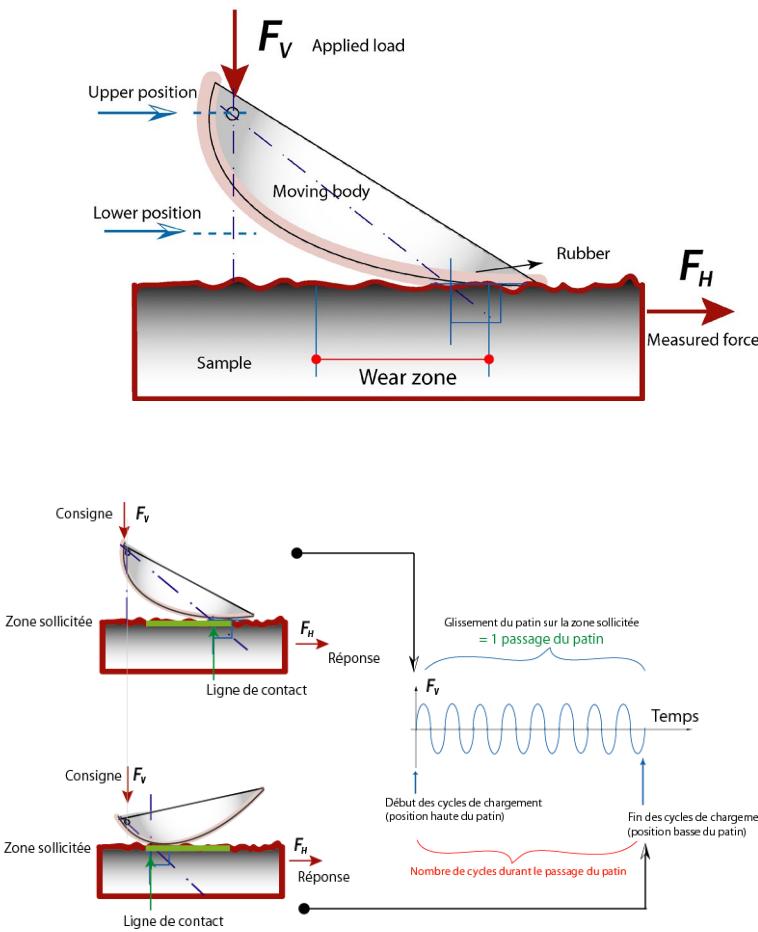
PhD report, S. Hamlat, 2007

TS 12697-50 annex D



# Contact roue bloquée: Résistance aux efforts tangentiels

- **Tribomètre T2R**



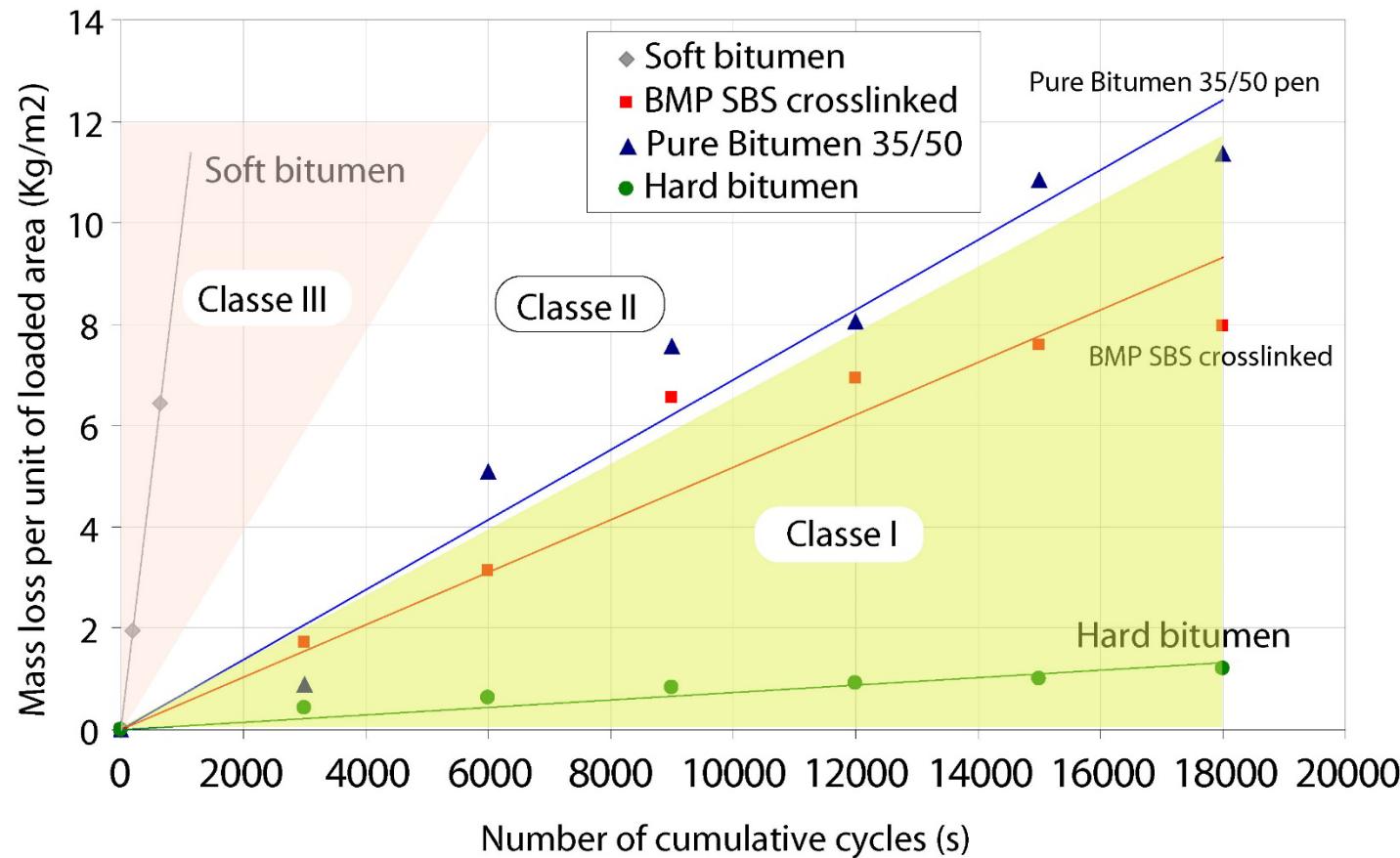
## Description

Gomme du patin avec sculpture (65° Shore)  
Force moyenne 2600 N / amplitude 800 N  
Température = ambient (20°C)  
Dimensions de l'échantillon: 170 x 170 x 60 mm

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

Base de donnée : plus de 50 formules d'enrobé

TS 12697-50 –annexe D



Classification des principaux liants suivant la résistance aux arrachements

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels



**BBSG 0/10**  
**Bitume pur 35/50**

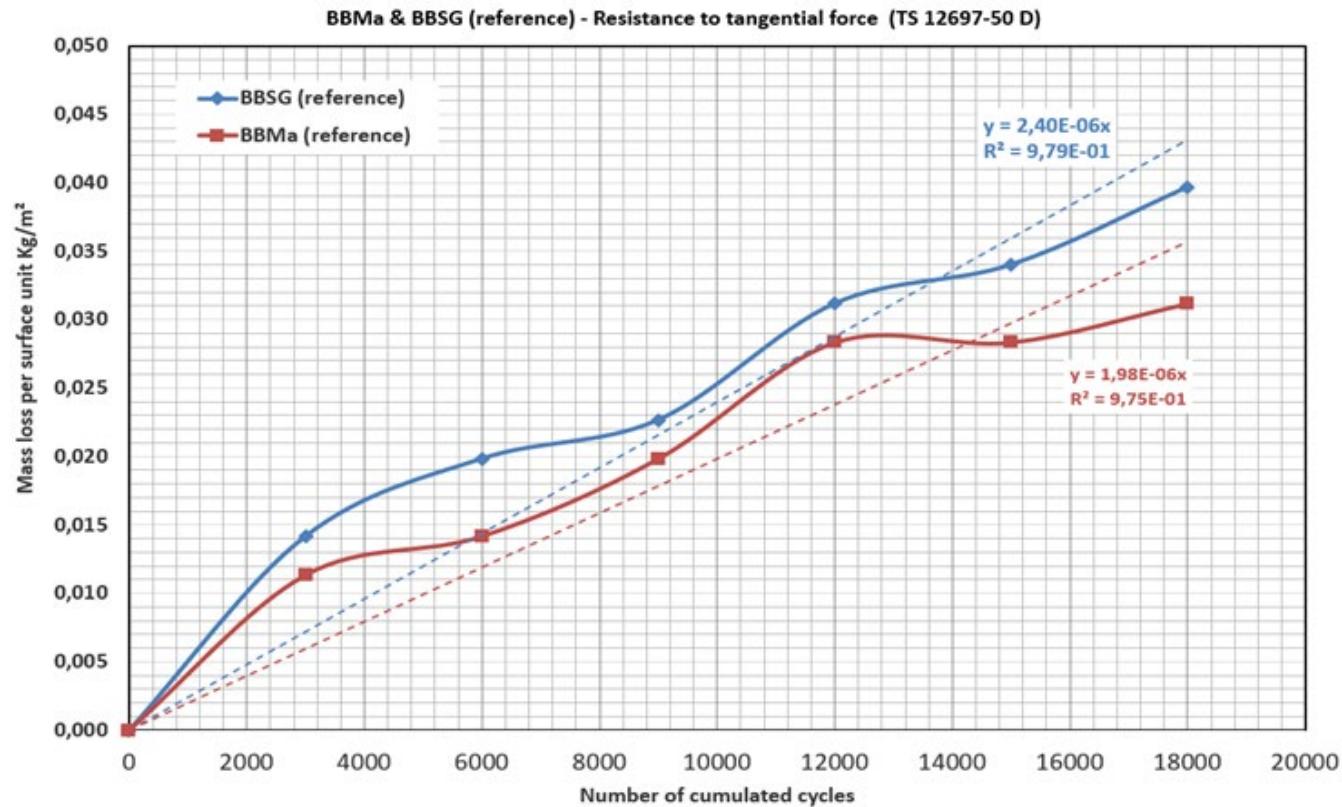
**BBMa 0/10**  
**Colflex N ( SBS)**



<b>Formule</b>	<b>Désignation</b>
BBSG-Ref	Béton Bitumineux Semi-grenu avec 5,6% de liant pur 35/50 Composition indiquée dans le paragraphe 3
BBSG-TL-1	Béton Bitumineux Semi-grenu avec 4,6% de liant pur 35/50 Les autres proportions restent inchangées
BBSG-0Sable	Béton Bitumineux Semi-grenu sans la fraction sableuse (-31%) Les autres proportions restent inchangées
BBMa-Ref	Béton Bitumineux Mince type a avec 5,7 % de liant Colflex N Composition indiquée dans le paragraphe 3
BBMa-TL-1	Béton Bitumineux mince type a avec 4,7% de liant Colflex N Les autres proportions restent inchangées
BBMa-0Sable	Béton Bitumineux mince type a sans la fraction sableuse (-30%) Les autres proportions restent inchangées

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

- BBMa - Béton Bitumineux Mince type a / bitume Colflex N => [Reference](#)
- BBSG - Béton Bitumineux Semi-grenu / bitume pur => [Reference](#)



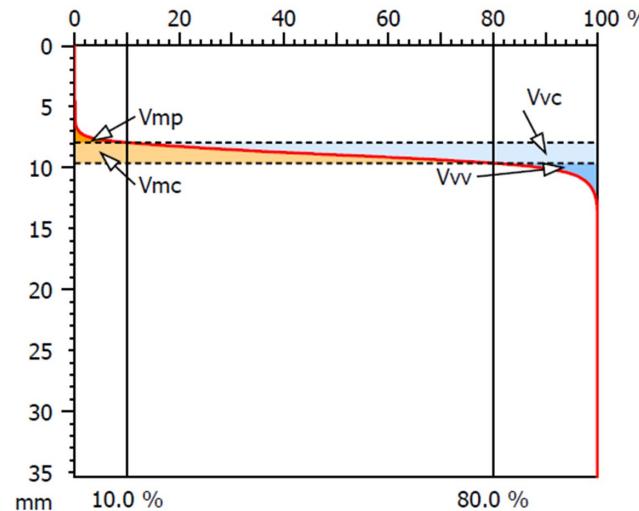
**BBSG avec bitume 35/50 et BBMa avec Colflex N (excellente résistance)**

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

## Analyse de la surface 3D



**BBMa2 Etat initial**



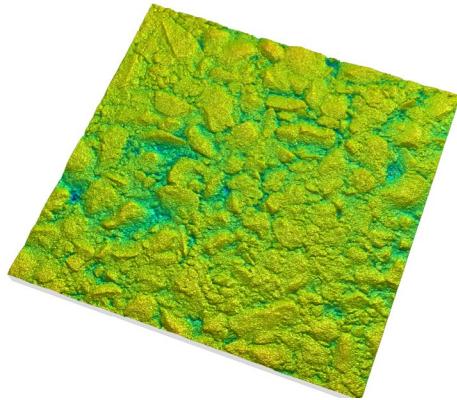
**BBMa2 après 18000 cycles**

Paramètres	Valeur	Unité	
Vmp	0.0352	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	
Vmc	0.7321	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	
Vvc	0.9632	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	
Vvv	0.1321	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	

Paramètres	Valeur	Unité	
Vmp	0.03823	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	<b>+8.6%</b>
Vmc	0.7049	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	<b>-3.7%</b>
Vvc	0.9677	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	<b>+0.5%</b>
Vvv	0.1191	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	<b>-9.8%</b>

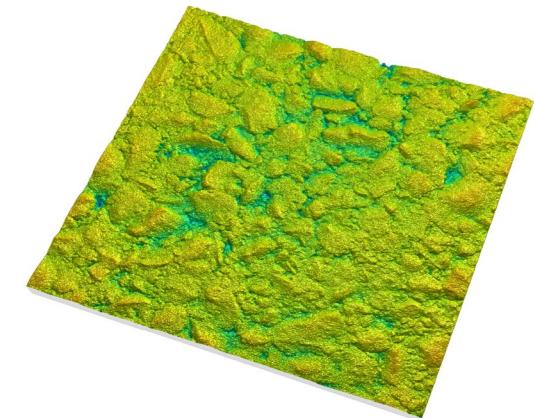
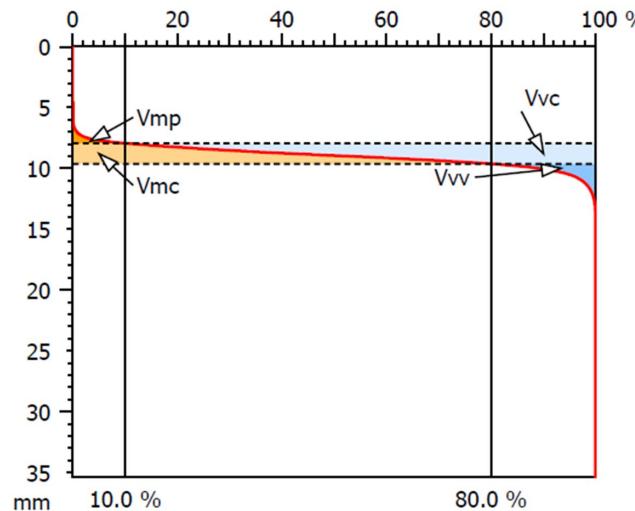
# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

## Analyse de la surface 3D



**BBSG Etat initial**

Paramètres	Valeur	Unité	
Vmp	0.02563	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	
Vmc	0.5308	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	
Vvc	0.6975	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	
Vvv	0.09046	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	

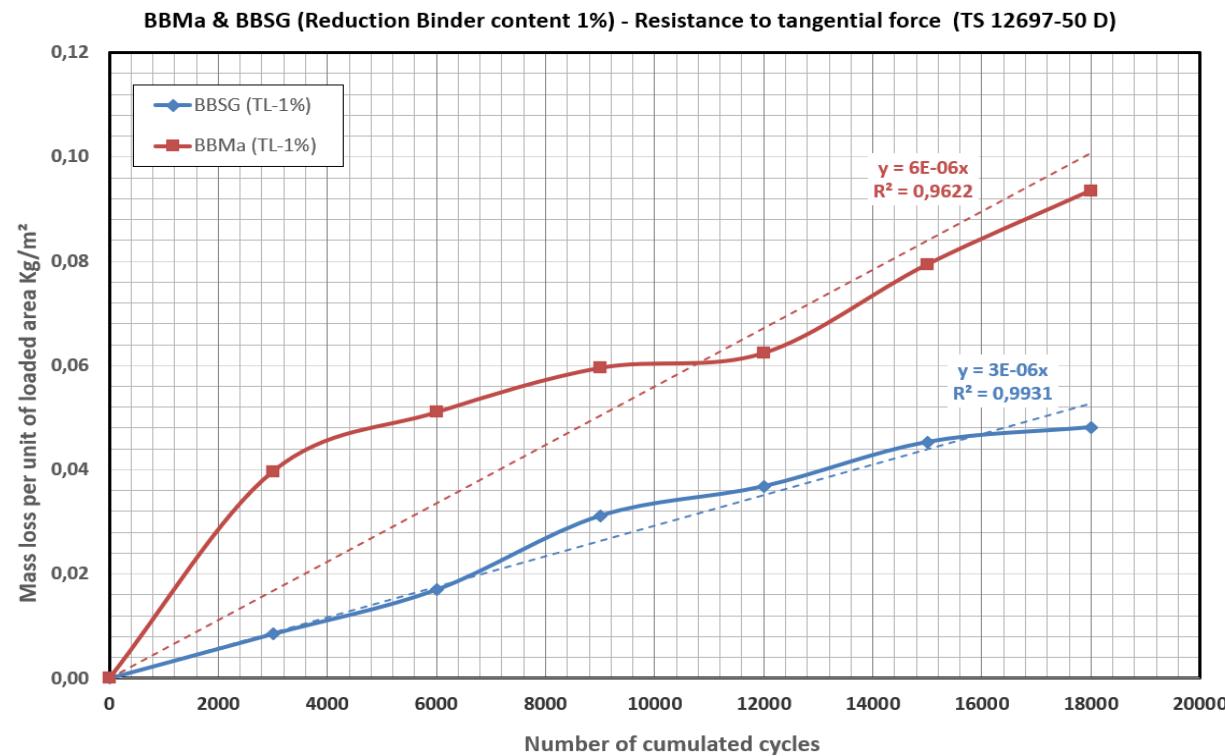


**BBSG après 18000 cycles**

Paramètres	Valeur	Unité	
Vmp	0.02725	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	+6.3%
Vmc	0.5284	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	-0.5%
Vvc	0.7157	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	+2.6%
Vvv	0.08376	$\text{mm}^3/\text{mm}^2$	-7.4%

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

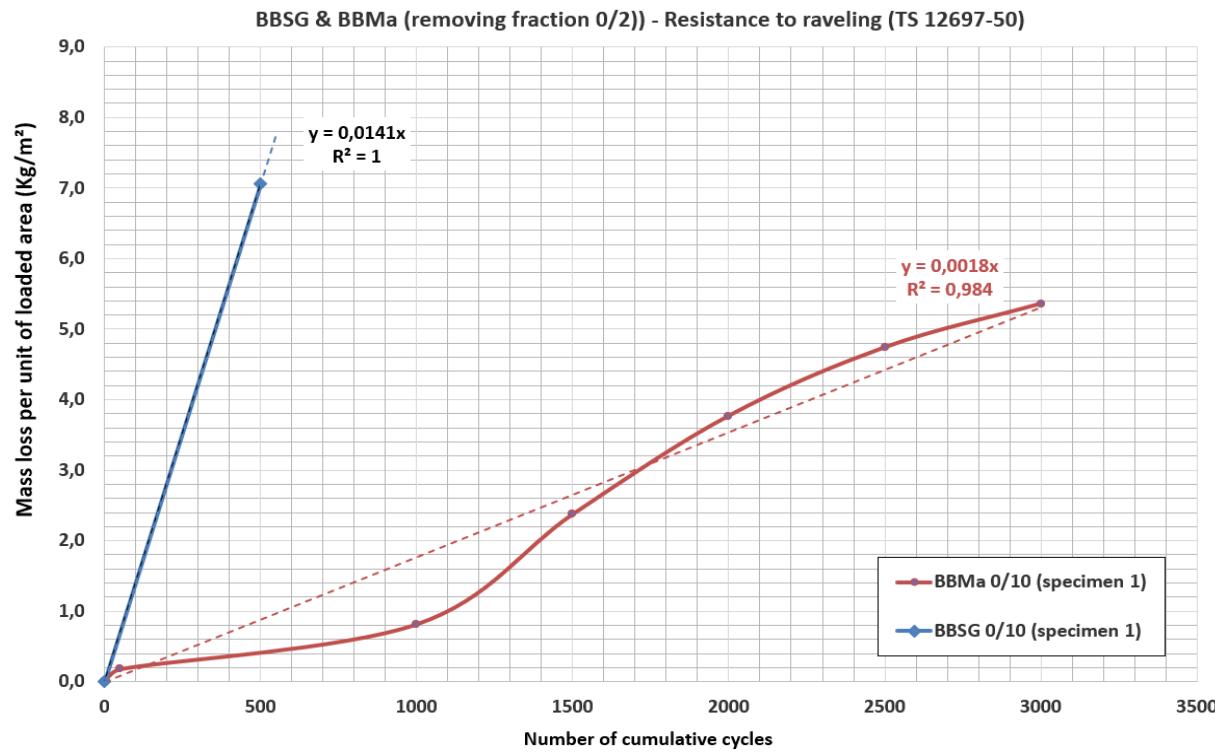
Formule	Perte de masse (g)	Variation relative par rapport à la formule de référence	Pente de la droite de tendance	Variation par rapport à la formule de référence
BBSG-TL-1	0,8	+14%	$3 \cdot 10^{-6}$	X 1,25
BBMa-TL-1	1,7	+183%	$6 \cdot 10^{-6}$	X 3



**BBMa avec Colflex N (plus grande sensibilité avec la TL que le BBSG)**

# Contact roue bloqué : Résistance aux efforts tangentiels

Formule	Perte de masse (g)	Pente de la droite de tendance	Variation par rapport à la formule de référence
BBSG-0Sable	124 g après 500 cycles	0,014	X5800
BBMa-0Sable	95 g après 3000 cycles	0,0018	X900



**BBSG avec bitume pur 35/50 (plus grande sensibilité avec la fraction sableuse)**

# Merci de votre attention

**Ferhat HAMMOUM**

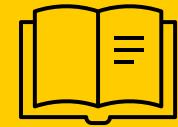
*Département MAST*

*Université Gustave Eiffel*

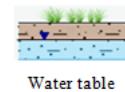
*Allée des ponts et chaussées*

*Email: ferhat.hammoum@univ-eiffel.fr*

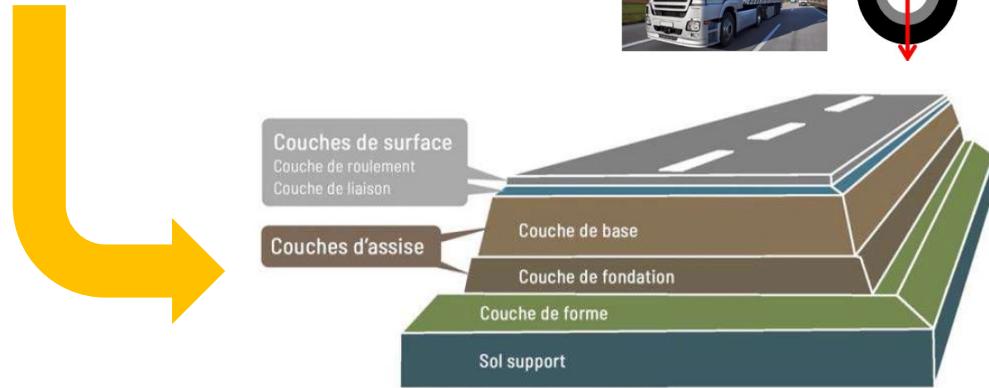
# Contexte général



Climat



Traffic



Réseau routier français (1.1 million km)  
32.2 Million de tonnes d'enrobé bitumineux / an  
1.3 Million of tonnes of bitume / an  
Budget maintenance (RRN) = 900 M€

Travaux d'entretien et de maintenance => couts liés aux fermetures, congestion et impact sur l'économie locale, perturbations du trafic et consommation des ressources



Cracking at low temperature  
Canada, 2015



Mechanical fatigue with longitudinal cracks



Potholes after 3 years  
France 2010



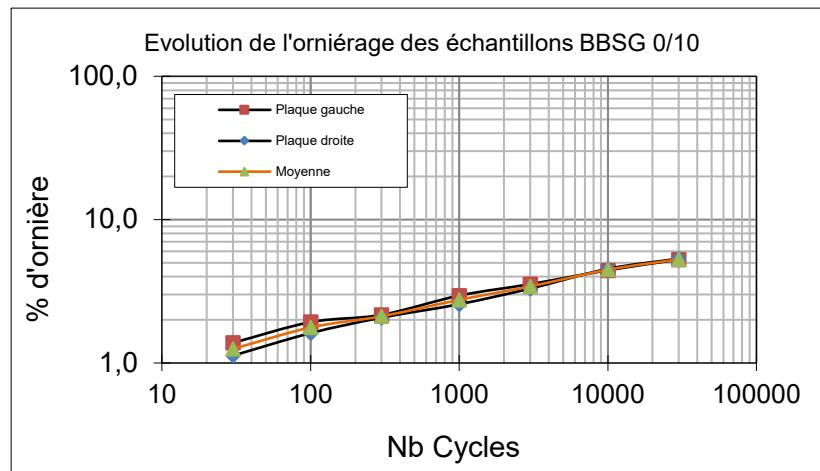
Credits photo: Cerema



Credits photo: BRGM

# Comportement vis-à-vis de l'orniérage

## BBSG 0/10



## BBMa 0/10

