

Apport de la tribologie pour l'étude du contact pneu/chaussée

Véronique Cerezo

*Laboratoire
Environnement, Aménagement, Sécurité et
Ecoconception
www.ease.ifsttar.fr*



IFSTTAR

Introduction

- **Tribologie = science du frottement (nov. 1965)**
- **Etude des surfaces en contact et en mouvement relatif**
 - Lubrification
 - Frottement
 - Usure
- **Deux grands domaines**
 - Contacts lubrifiés par des fluides
 - Contacts en frottement sec



Introduction

1. Quelques notions de base

- Contacts lubrifiés

2. Le contact pneu/chaussée

- La texture des surfaces
- Mécanismes de génération des forces de frottement
- Modélisation en conditions « mouillées »
- La contamination par des particules

3. Le polissage des chaussées



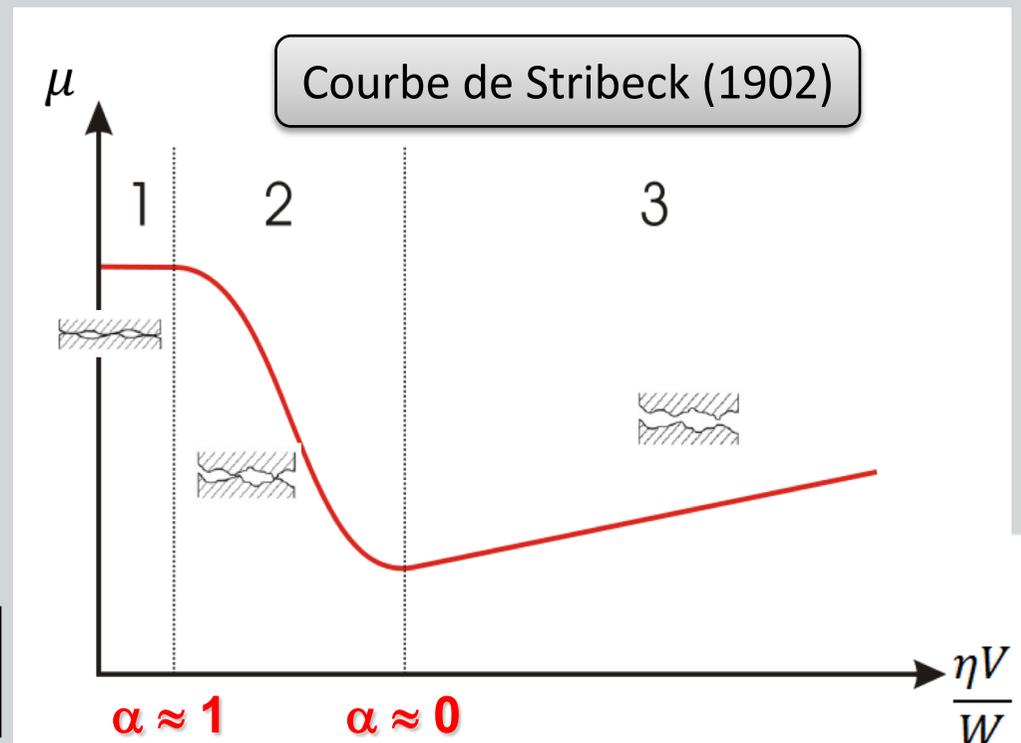
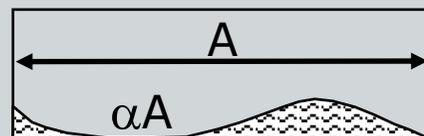
Quelques notions de base

- **Contacts lubrifiés**

- Contacts surfaciques (pression dans le film faible) – ex: joints d'étanchéité, butées hydrodynamiques et hydrostatiques
- Contacts hertziens (déformation élastique des surfaces, pression élevée dans le film) – ex: roulements à billes et à rouleaux, engrenages

- **Les régimes de lubrification**

1. Limite (ou extrême pression)
2. Mixte
3. Elastohydrodynamique

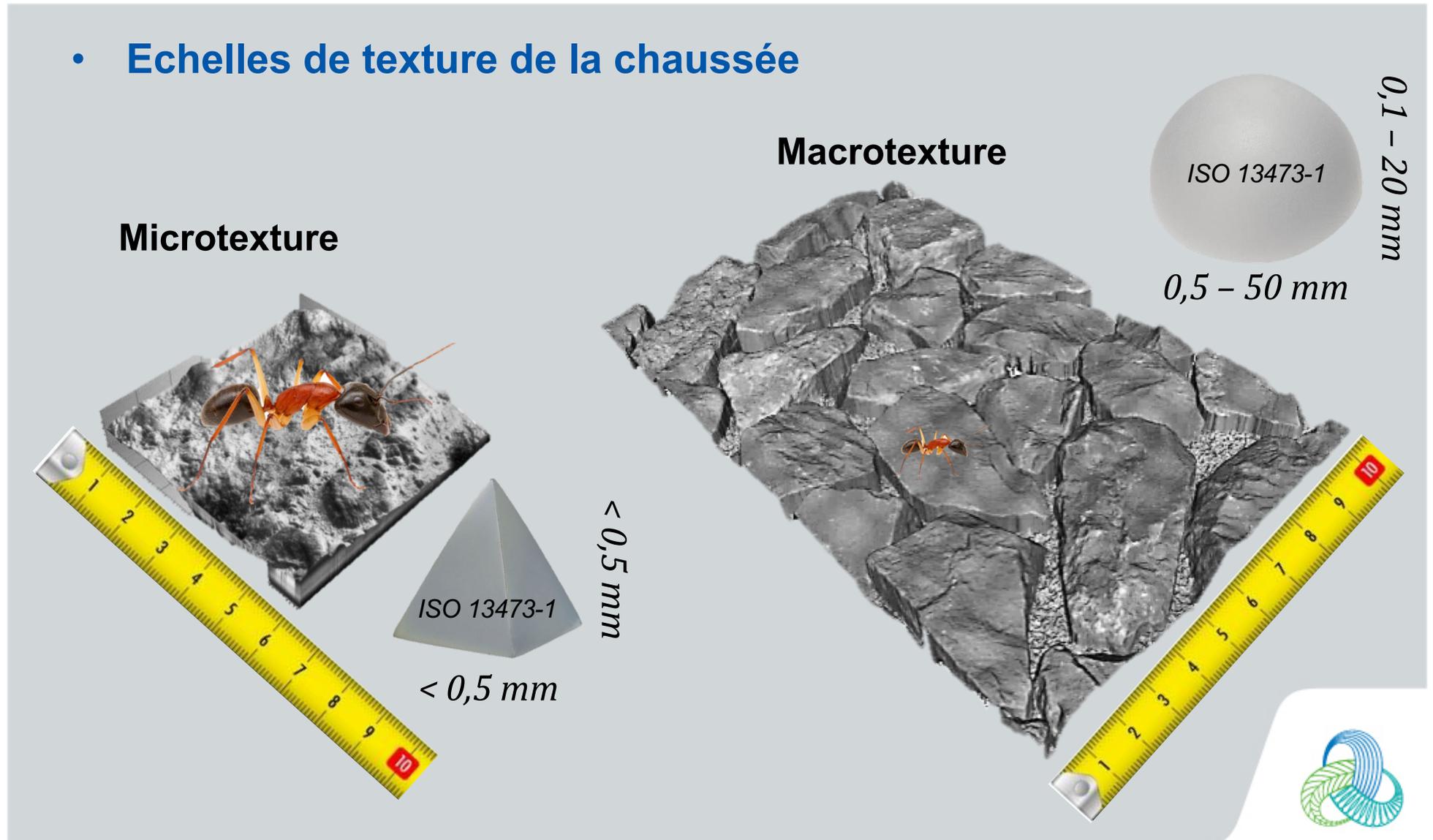


Lien avec le contact pneu/chaussée?



Contact pneu/chaussée

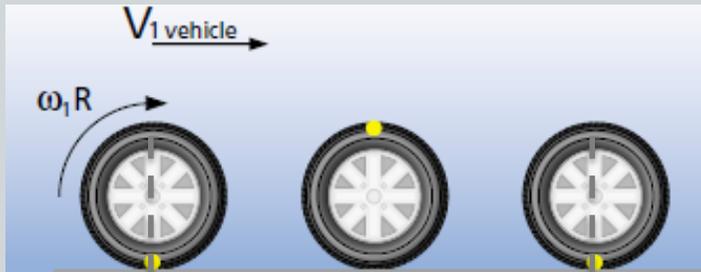
- Echelles de texture de la chaussée



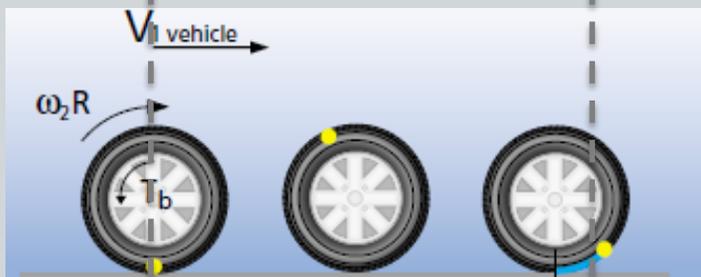
Contact pneu/chaussée

- Pour frotter, il faut glisser...

Roulement $V_1 = \omega_1 \cdot R$

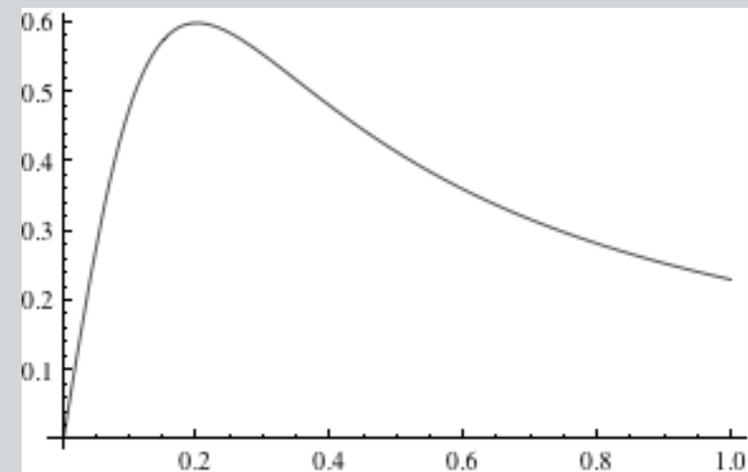


Freinage $\omega_2 < \omega_1$



Glissement

Coefficient de frottement



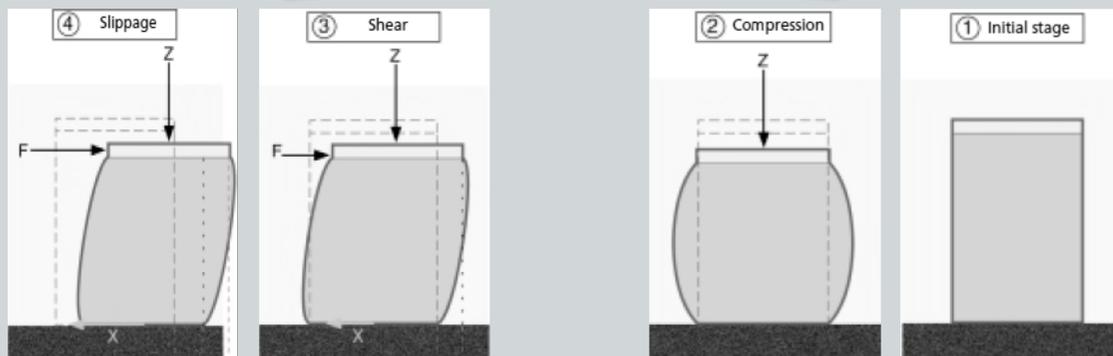
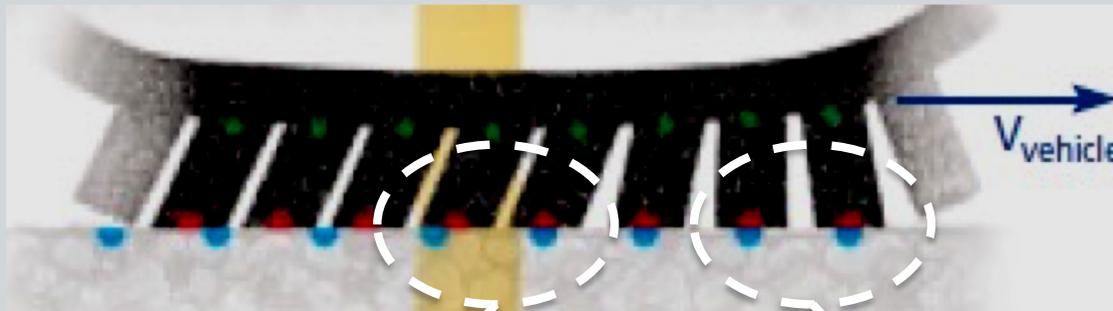
Taux de glissement $G = \frac{V - \omega R}{V}$

(Michelin, The tyre - Grip, 2001)



Contact pneu/chaussée

- A l'échelle du pain de gomme du pneumatique



Cisaillement sans et avec glissement

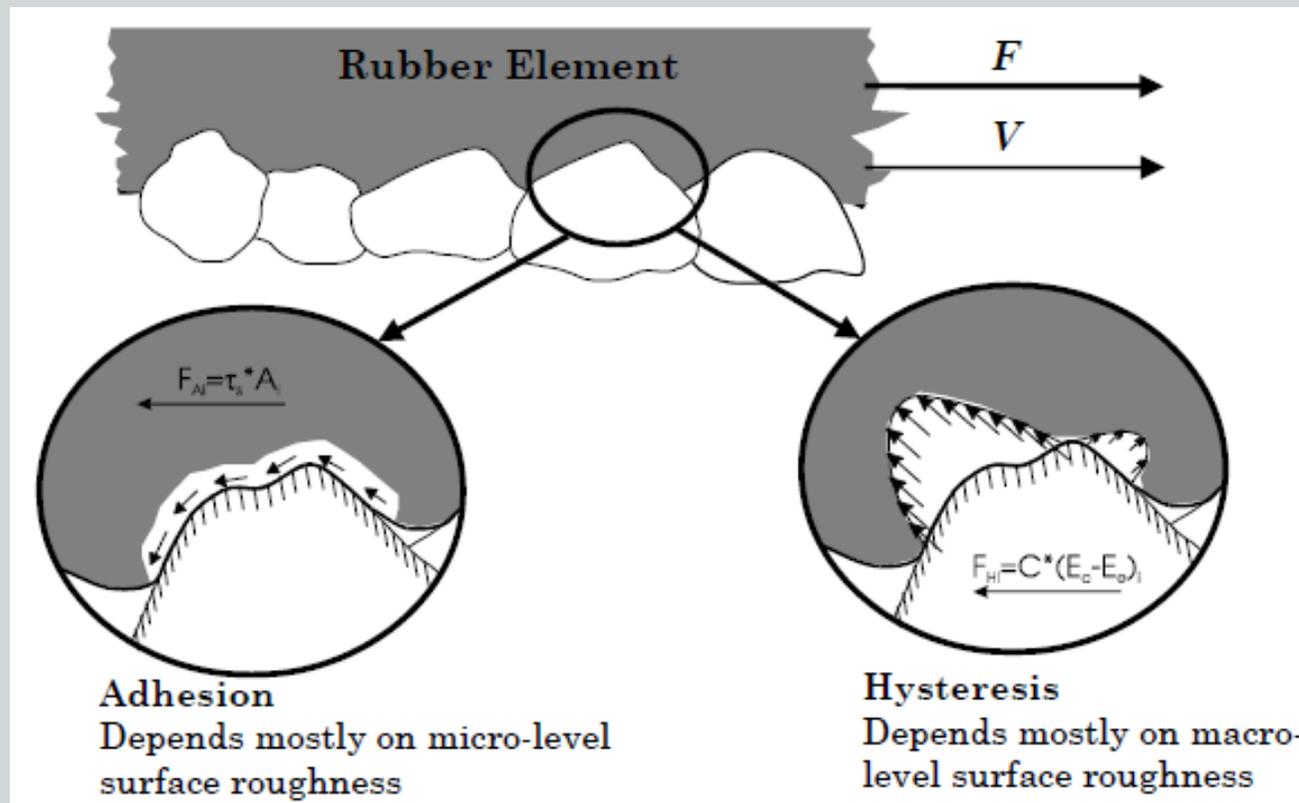
Déformation

(Michelin, The tyre – Grip, 2001)



Contact pneu/chaussée

- Forces de frottement sur chaussée sèche



Liaisons moléculaires entre la gomme et la surface des revêtements

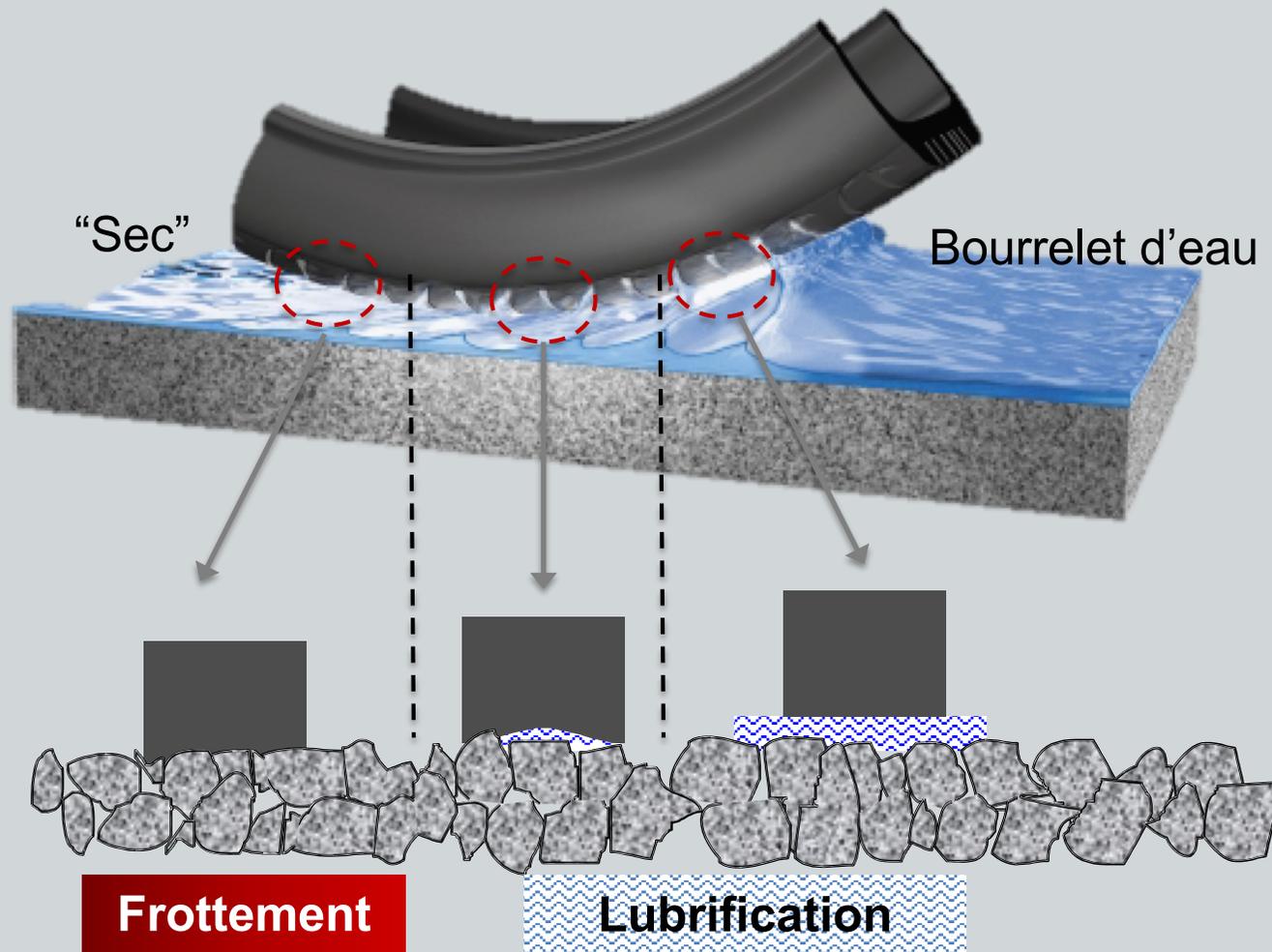
Déformation viscoélastique de la gomme

(Hall et al., 2009)



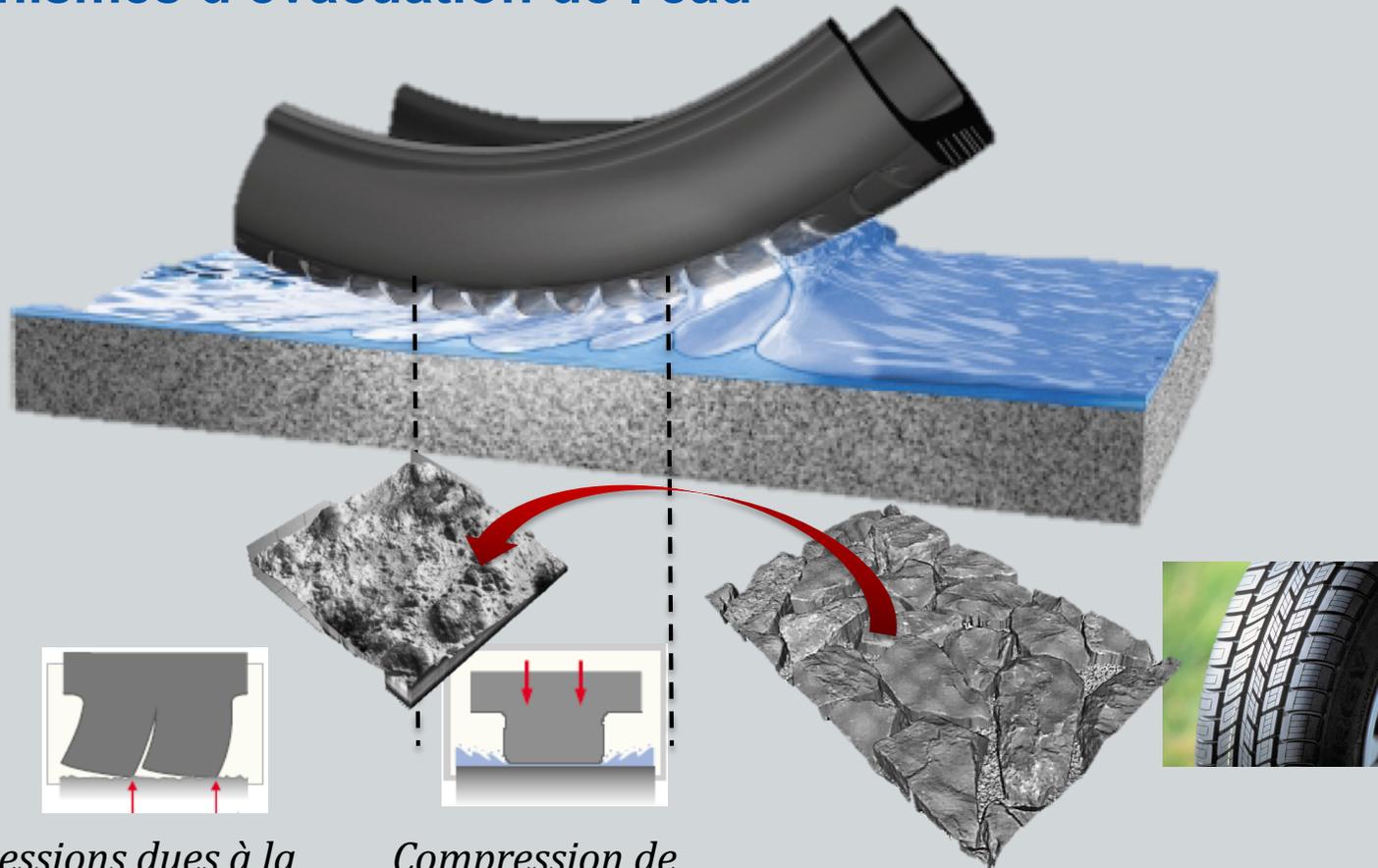
Contact pneu/chaussée

- Forces de frottement sur chaussée humide



Contact pneu/chaussée

- Mécanismes d'évacuation de l'eau



*Fortes pressions dues à la **microtexture**, cisaillement des pains de gomme*

Compression de l'eau par les pains de gomme

*Drainage par les sculptures et la **macrotexture***



Modélisation du frottement

- Formulation

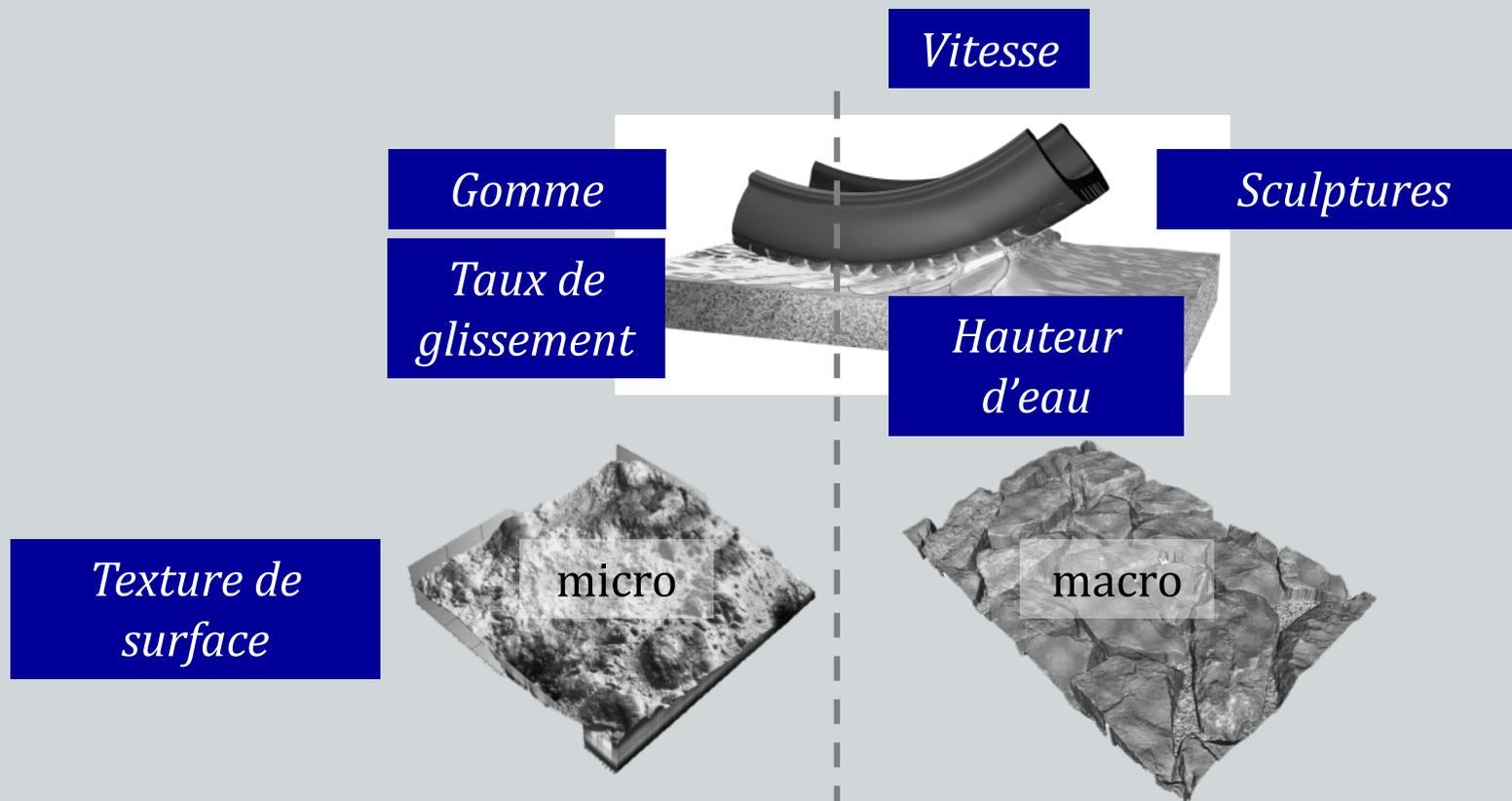


$$\mu = \mu_{sec} \cdot (1 - F_{lubrification})$$



Modélisation du frottement

- Facteurs d'influence



$$\mu = \mu_{sec} \cdot (1 - F_{lubrication})$$



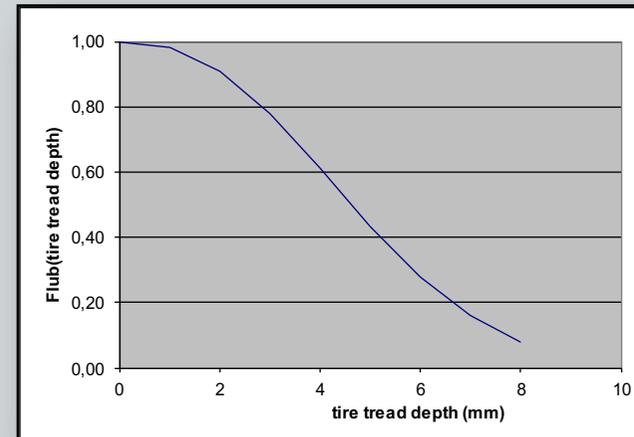
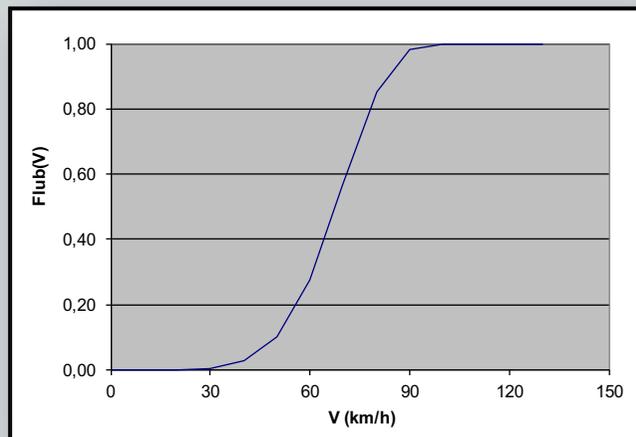
Modélisation du frottement

- Fonctions généralisées de lubrification

$$F_{lub} = F_{lub}(\text{hauteur d'eau}) \cdot F_{lub}(\text{vitesse}) \cdot F_{lub}(\text{sculptures}) \cdot F_{lub}(\text{macrotexture})$$

↗ Eau

↘ Eau

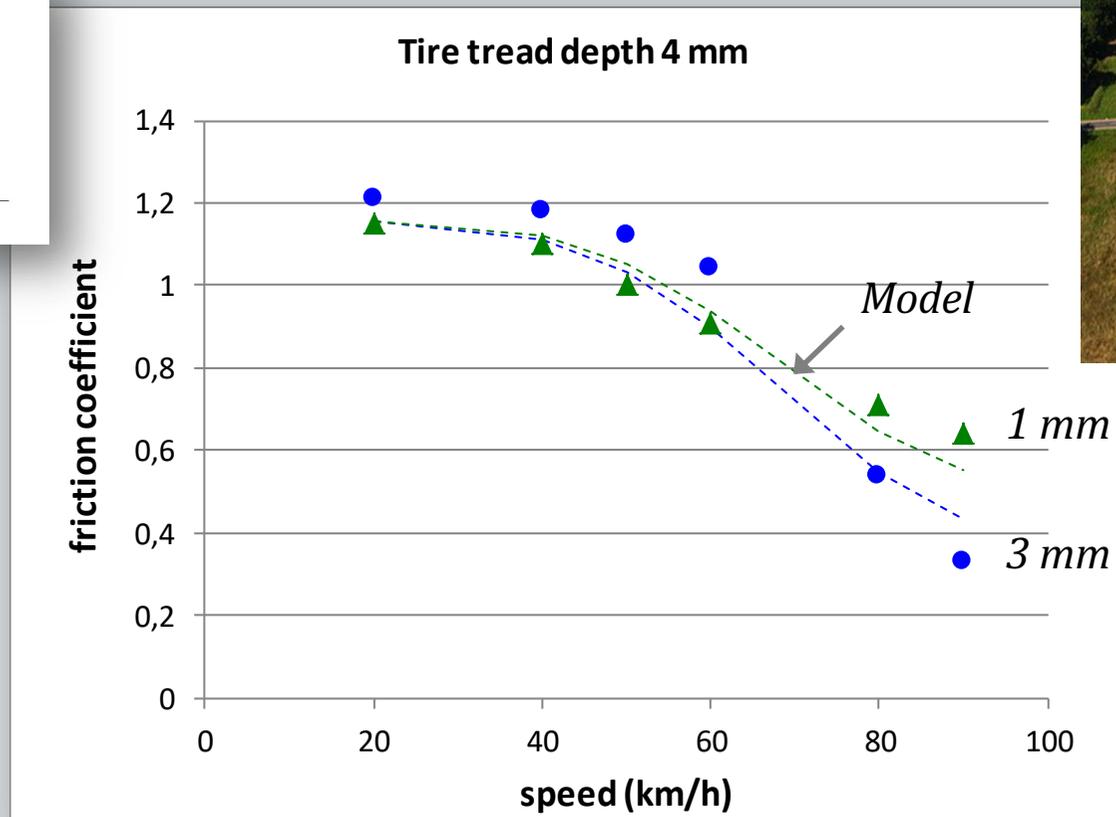
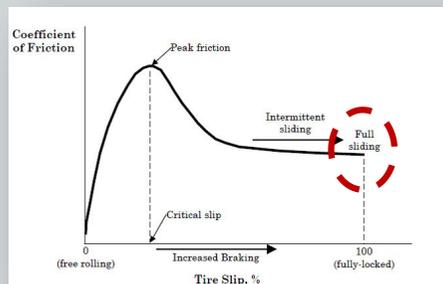


(Cerezo et al, J. Engineering Tribology 228(11), 2014)



Modélisation du frottement

- Validation – Resultats



(Do et al., MAIREPAV 8 Conference 2016)



Modélisation du frottement

- Formulation



$$\mu = \mu_{sec} \cdot (1 - F_{lubrification})$$

