

# Mesure et appréciation de l'adhérence

## C'est tout un art !

**Alain Jacot**

Ing. dipl. EPF / Erhaltungsmanager TBA Kt. Zürich



# Mesure et appréciation de l'adhérence

## C'est tout un art !

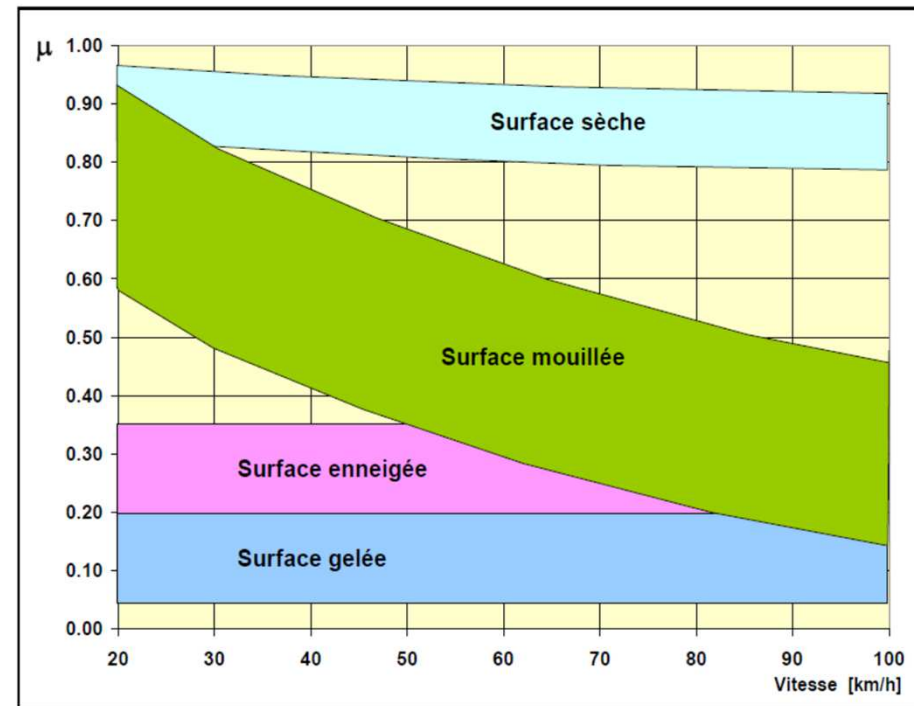


# Sommaire

- **Introduction**
- **Les mécanismes de l'adhérence sur route**
- **Facteurs d'influence sur l'adhérence**
- **La macrotexture et la microtexture**
- **Les mesures d'adhérence (méthodes et appareils)**
- **L'appréciation des mesures d'adhérence**
- **Les spécificités concernant les marquages routiers**
- **Conclusion et recommandations**

# Introduction

- L'adhérence dépend foncièrement de l'état de la surface de roulement
- Le niveau d'adhérence ne dépend pas de la vitesse, **sauf sur surface mouillée!**
- Par conséquence, toutes les mesures d'adhérence s'effectuent avec **un film d'eau d'épaisseur définie**



## Mécanismes d'adhérence

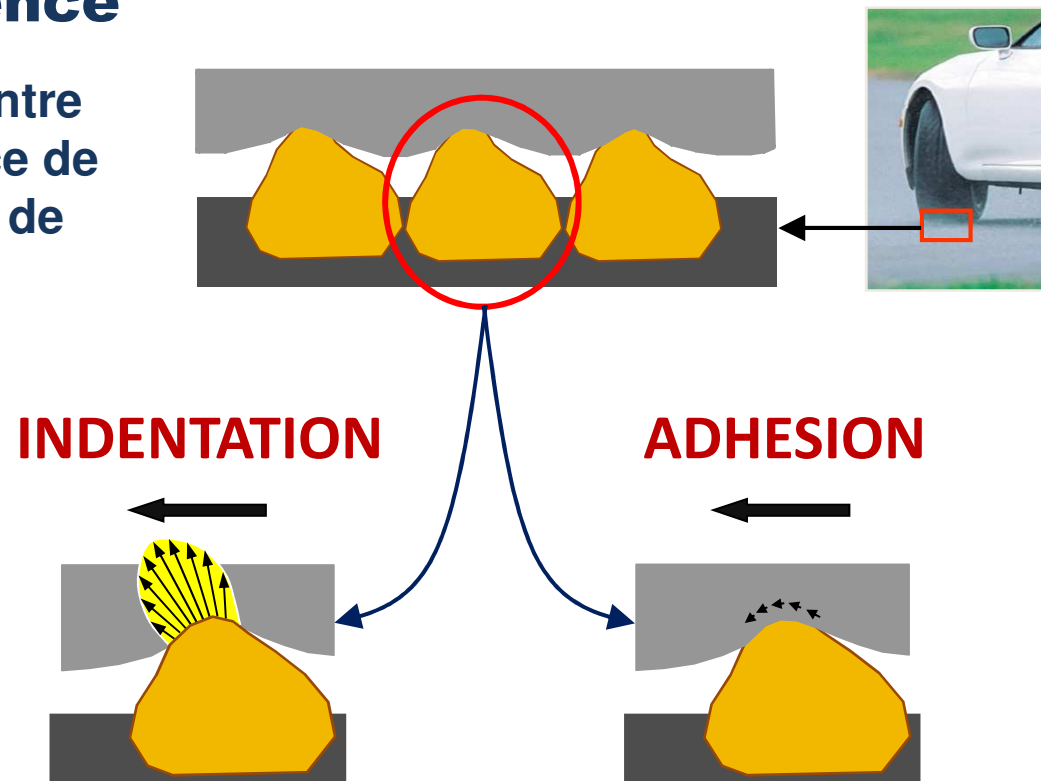
Phénomènes liés au contact entre un pneumatique et une surface de chaussée générant des forces de frottement à leur interface :

- **INDENTATION**

☞ Forces viscoélastiques

- **ADHESION**

☞ Interactions moléculaires



## Mécanismes d'adhérence

**L'ADHESION** dépend de la surface de contact mobilisée entre le pneumatique et la chaussée, **mais ne fonctionne pas si la surface est mouillée ou sale**

**L'HYSTERESE (indentation)** dépend de la présence d'aspérités de chaussée pour déformer les éléments de gomme du pneumatique, **mais fonctionne mal ou pas si les aspérités de chaussée sont plus ou moins noyées**



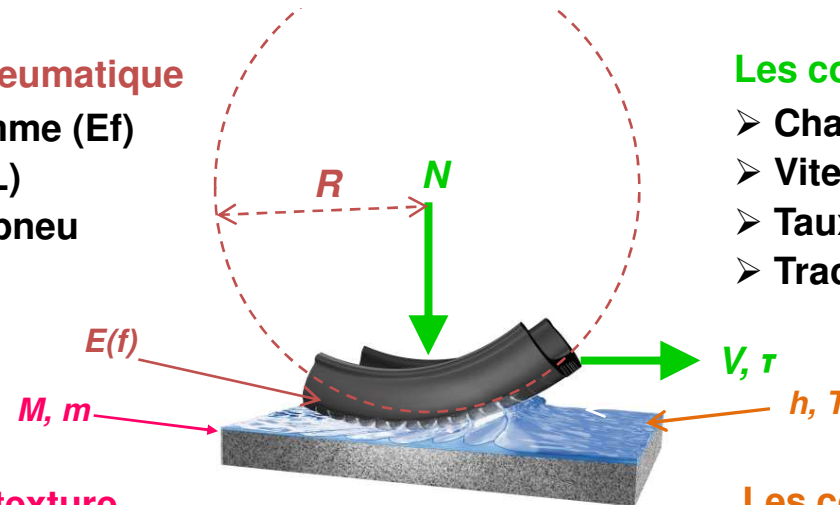
## Facteurs d'influence sur l'adhérence

### Les caractéristiques du pneumatique

- Viscoélasticité de la gomme ( $E_f$ )
- Géométrie du pneu ( $R$ ,  $L$ )
- Profondeur de profil du pneu

### Les caractéristiques de la texture

- Macrotexture ( $M$ )
- Microtexture ( $m$ )
- Texture positive ou négative



### Les conditions de contact

- Charge normale ( $N$ )
- Vitesse longitudinale ( $V$ )
- Taux de glissement ( $\tau$ )
- Tracé, dévers

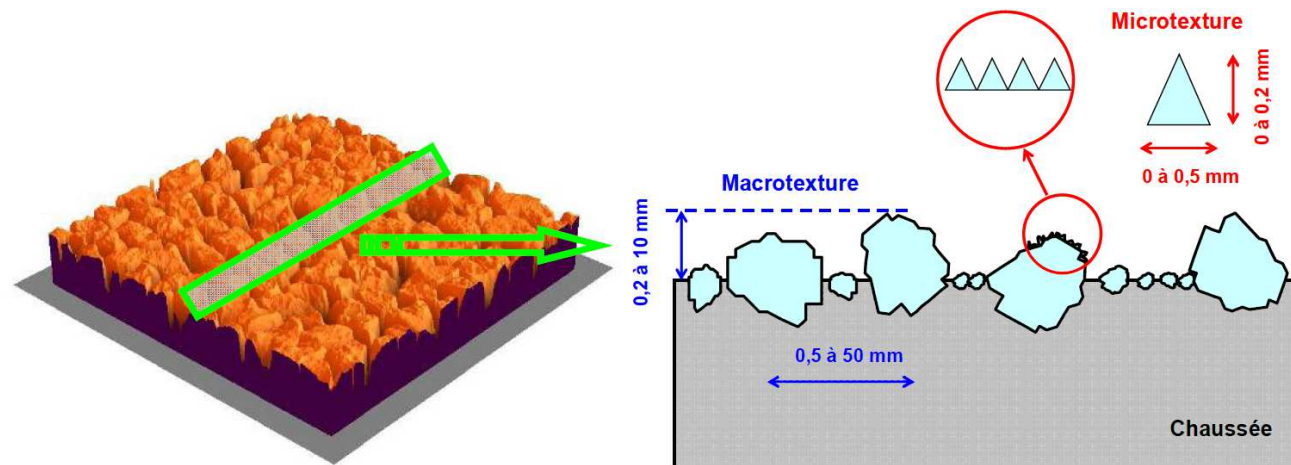
### Les conditions ambiantes

- Hauteur d'eau ( $h$ )
- Température ( $T$ )
- Neige, verglas
- Saletés, polluants



# Macrotexture et microtexture

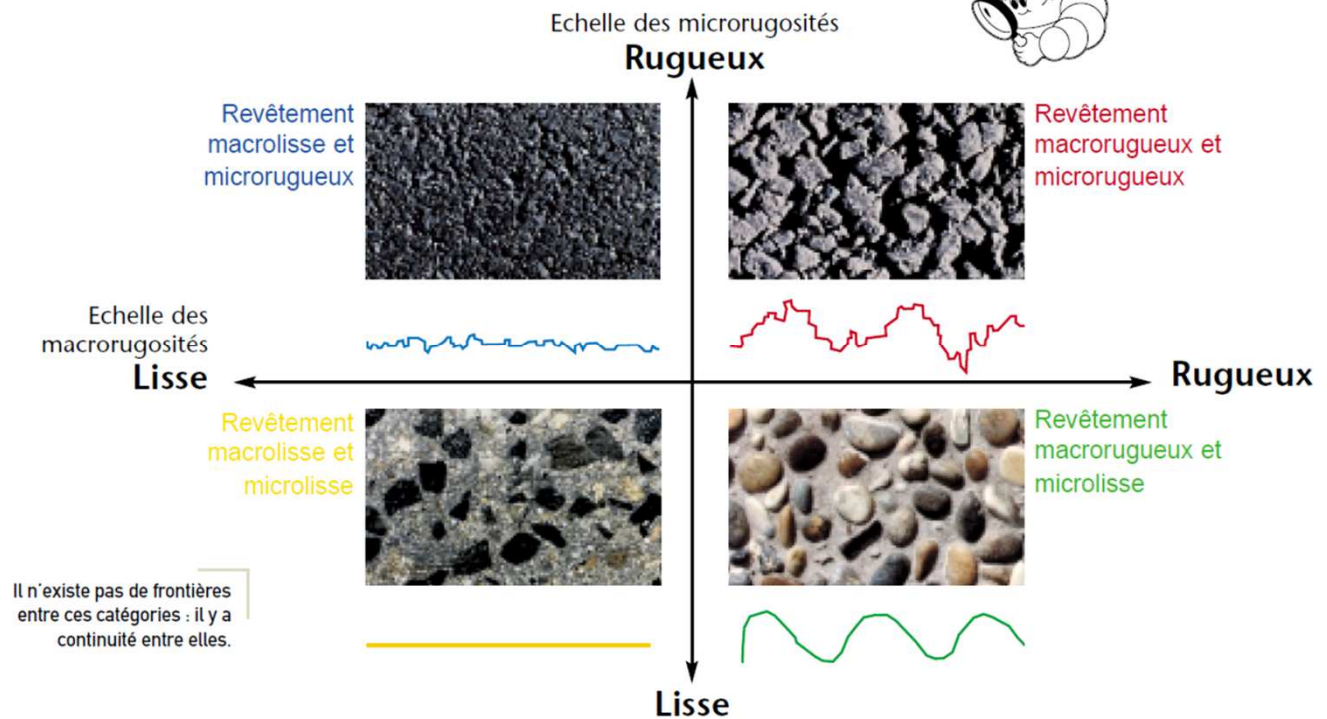
- **MACROTEXTURE** : dépend de la **surface du revêtement**
- **MICROTEXTURE** : dépend de la **surface des granulats**





# Macrotexture et microtexture

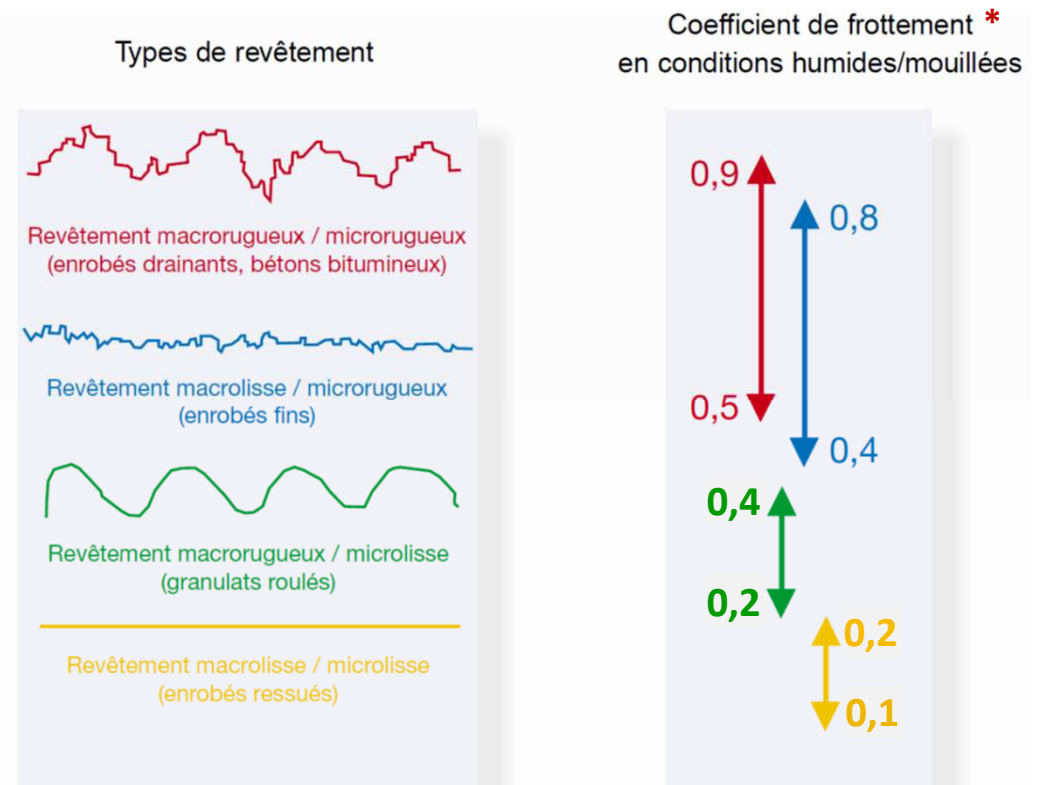
- **Macrorugueux**
- **Macrolisse**
- **Microrugueux**
- **Microlisse**



# Fonctions texture

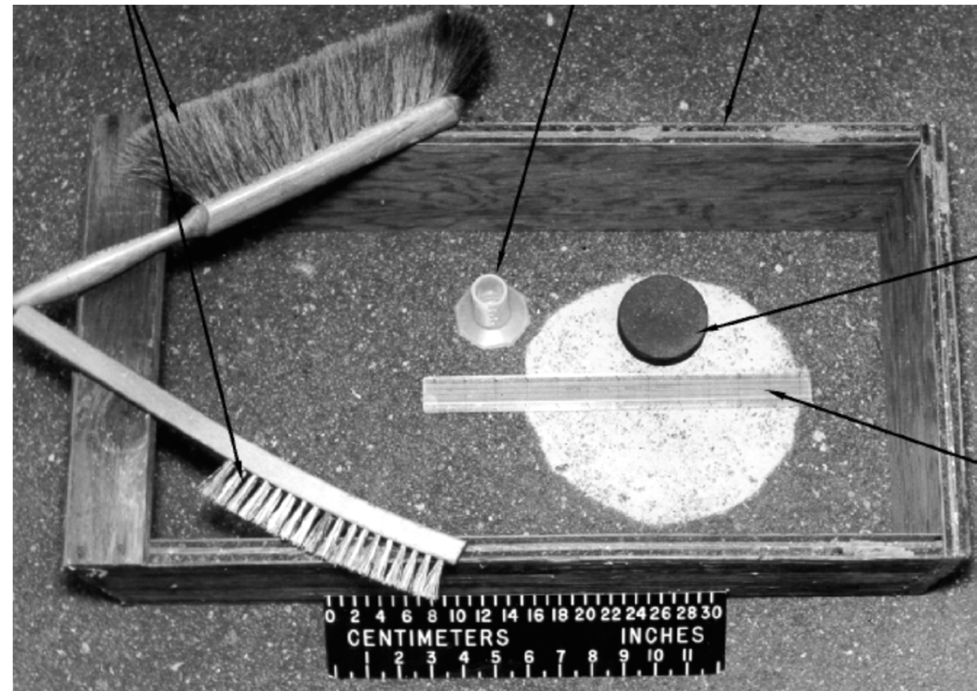
- La **macrorugosité** joue un rôle de drainage et de stockage, mais ne parvient pas à transpercer le film d'eau résiduel
- La **microrugosité**, en créant des pressions locales élevées entre le pneu et le revêtement, aide à transpercer le film d'eau

\* Lorsqu'ils sont secs, tous les revêtements routiers présentent un coefficient d'adhérence entre 1.0 et 1.3 (si surface de contact suffisante !)



## Mesure **volumétrique** de la macrotexture

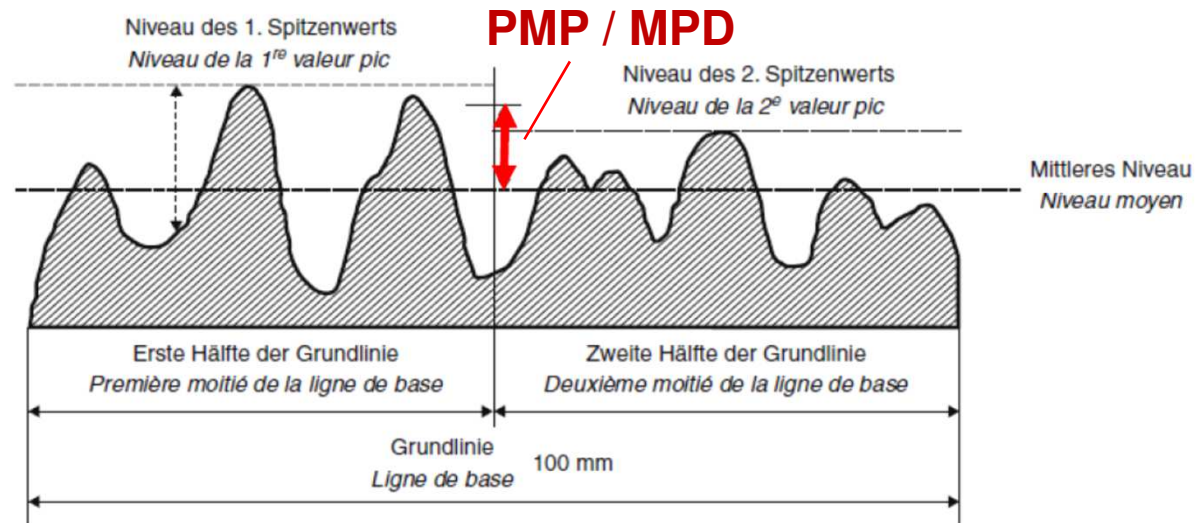
- «Tache au sable»
- Billes de verre calibrées
- Local (0 km/h)
- VSS 40 511a & EN 13036-1
- PMP  $\geq 0.25$  mm
- **Profondeur moyenne de texture PMT =  $4 \cdot V / \pi \cdot D^2$**



# Mesure profilométrique de la macrotexture

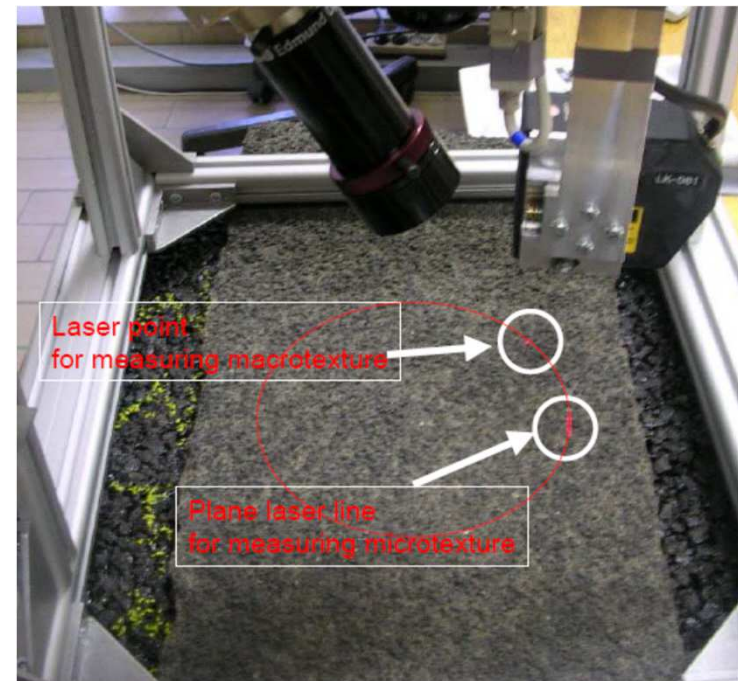
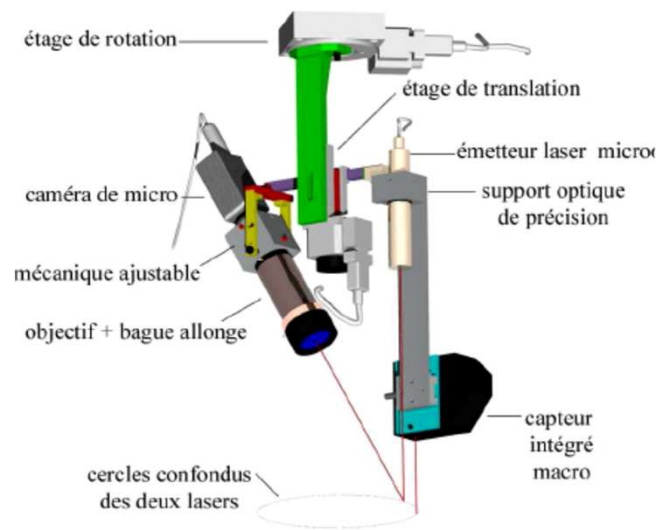
- Laser spécial
- En continu
- 0 à 100 km/h
- VSS 40 511a & EN ISO 13473-1
- **PMP = Profondeur moyenne de profil**

$$\text{Mittlere Profiltiefe MPD / Profondeur moyenne du profil PMP} = \frac{1. \text{ Spitzenwert / 1}^{\text{re}} \text{ valeur pic} + 2. \text{ Spitzenwert / 2}^{\text{e}} \text{ valeur pic}}{2} - \text{mittleres Niveau / niveau moyen [mm]}$$



# Mesure de texture en laboratoire (Recherche)

- Macro et **microtexture** (exemple CRRB)
- Mesure dure plusieurs heures





# Mesure indirecte de la microtexture

## Pendule SRT

Au vu de la faible vitesse de mesure ( $V = 12 \text{ km/h}$ ), ce sont **les effets de la microtexture** qui influencent principalement les valeurs du pendule SRT

En cas de mauvaises valeurs :  
Mesures dynamiques longitudinales  
à  $V \geq 40 \text{ km/h}$  (avec macrotexture !)

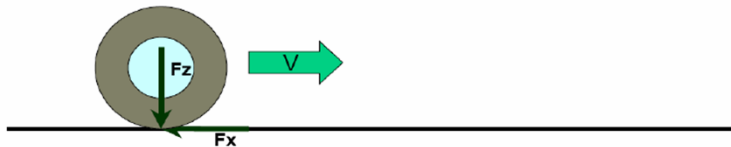


# Méthodes de mesure de l'adhérence

- **Mesure longitudinale à taux de freinage constant (ou variable)**
- **Mesure transversale sur la base d'un angle d'envirage**

Coefficient de frottement longitudinal  $\mu$  **CFL**

$$\mu = F_x / F_z$$



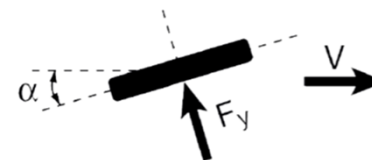
$$F_x = M_B / R$$

$$F_x = \text{Force freinage [kN]} \quad M_B = F_x * R = \text{Moment freinage [kN*m]}$$

$$F_z = \text{Force normale [kN]} \quad V = \text{Vitesse de mesure [m/s]}$$

$$R = \text{Distance entre le moyeu et la surface de contact [m]}$$

Coefficient de frottement latéral  $\mu_y$  **CFT**



$$\mu_y = \frac{F_y}{F_z}$$

$F_y$  = Force latérale [kN]

$F_z$  = Force normale [kN]

$V$  = Vitesse de mesure [m/s]

$\alpha$  = Angle d'envirage [°]

# Appareils pour la mesure **longitudinale**

- Skiddomètre BV11 (Suisse)
- RoadStar (Autriche)



- GripTester





# Appareils pour la mesure **transversale**

- **SKM = SeitenKraftMessgerät** (Allemagne & Suisse)
- **SCRIM** (Angleterre & UE)



**Mesure transversale sensible  
principalement à la microtexture**

**Mesure en virage de faible rayon  
problématique sur ce principe !**



# Facteurs d'influence des mesures

- 1 Pneu d'une voiture (dimension moyenne)**
- 2 Pneu AIPCR strié (RoadStar, Skiddomètre BV8)**
- 3 Pneu ASTM lisse (Skiddomètre BV11, GripTester)**
- 4 Pneu lisse pour SKM et SCRIM**



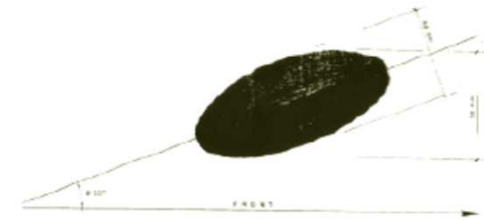
1



2



3



4

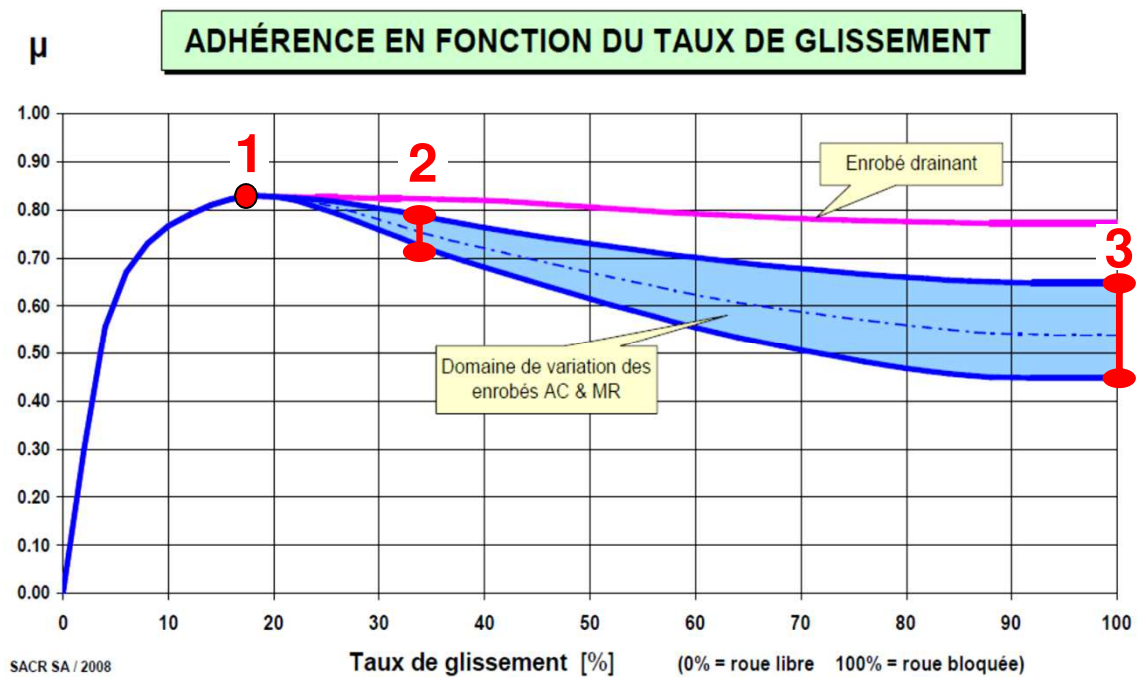
# Facteurs d'influence des mesures

## TAUX DE GLISSEMENT

**1 18 % Skiddomètre**

**2 34 % SKM & SCRIM**

**3 100 % (roue bloquée)**



# Appréciation des mesures d'adhérence

- Norme VSS 40 525
- Appareils de mesure dynamiques en Suisse
- Valeurs de réception et valeurs de seuil

Abnahmewerte und Schwellenwerte der dynamischen Messsysteme der Griffigkeit <i>Valeurs de réception et valeurs seuil des appareils de mesure dynamiques de l'adhérence</i>						
Anforderung an die Griffigkeit <i>Exigence pour l'adhérence</i>	Abnahmewerte $\mu$ <i>Valeurs de réception <math>\mu</math></i>			Schwellenwerte $\mu$ <i>Valeurs seuil <math>\mu</math></i>		
Dynamische Messverfahren <i>Systèmes dynamiques</i>	40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Skiddometer BV 8 (gebremstes Messrad) <i>Skiddomètre BV 8 (roue freinée)</i>	0,70	0,58	0,49	0,60	0,48	0,38
SKM & SCRIM (schräg gestelltes Messrad) <i>SKM &amp; SCRIM (roue oblique)</i>	0,58	0,48	0,42	0,48	0,39	0,32

# Appréciation des mesures d'adhérence

- Norme VSS 40 525
- Méthode combinée SRT / drainomètre
- Valeurs indicatives >> mesure dynamique si insuffisantes

Richtwerte der Griffigkeit bei örtlicher Anwendung der kombinierten Methode SRT-Pendel/Ausflussmesser <i>Valeurs indicatives de l'adhérence relative à l'utilisation locale de la méthode combinée pendule SRT/drainomètre</i>		
Richtwerte der Griffigkeit <i>Valeurs indicatives de l'adhérence</i>	Kombinierte Methode SRT-Pendel/Ausflussmesser <i>Méthode combinée Pendule SRT/drainomètre</i>	
Signalisierte maximale Geschwindigkeit <i>Vitesse maximale signalisée</i> $V_{max}$	SRT-Wert <i>Valeur SRT</i>	Ausflussmesszeit <i>Temps d'écoulement</i> [s]
> 80 km/h (HLS / RGD)	60	50
60...80 km/h (ausserorts / hors localité)	60	50
≤ 50 km/h (innerorts / en localité)	60	50

# Adhérence des marquages routiers

- Norme VSS 40 877 «Marquages – Exigences photométriques, adhérence»  **SRT ≥ 45**
- Norme EN 1436 «Performances des marquages appliqués sur la route»

- **Tableau 8 EN 1436:2018**

Classe	Valeur minimale de SRT
S0	Aucune valeur exigée
S1	SRT ≥ 45
S2	SRT ≥ 50
S3	SRT ≥ 55
S4	SRT ≥ 60
S5	SRT ≥ 65

# Spécificités des marquages routiers

- **Les qualités de rétroréflexion et d'adhérence des marquages routiers sont à priori en concurrence. Il faut trouver un optimum dans le dosage des produits de saupoudrage, c'est-à-dire entre les **microbilles de verre** et les **granulats antidérapants****
- **Les marquages structurés ne peuvent en général pas être mesurés au pendule SRT**
- **Sur les marquages ou les revêtements colorés des bandes polyvalentes, l'adhérence doit avoir le même niveau que sur la chaussée environnante**



# Spécificités des marquages routiers

- **Micro-GripTester: appareil de mesure spécialement conçu pour les petites surfaces et les marquages routiers (pas normalisé)**





## Conclusion et recommandations

- **L'adhérence est un phénomène physique complexe**
- **L'adhérence est influencée par de multiples facteurs**
- **Les différentes méthodes de mesure ne fournissent pas des résultats 100% comparables, mais peuvent se compléter**
- **Les valeurs seuils normalisées sont un premier pas dans l'appréciation du niveau d'adhérence. Il est de cas en cas nécessaire d'avoir recours à d'autres paramètres pour juger de façon globale**

## Conclusion et recommandations

- **En cas d'accident, l'expertise d'un spécialiste est nécessaire**
- **Selon norme VSS 40 525 :**

### *23 Pertinence sécuritaire des valeurs seuil*

L'adhérence n'est qu'un des multiples éléments entrant en ligne de compte lors de l'appréciation des causes d'accident.

Pour les accidents par dérapage ou tamponnement en cas d'humidité, on compte à part l'adhérence plusieurs facteurs d'influence importants tels que la vitesse, le style de conduite, l'état des pneus et du véhicule, la géométrie de la route, la météo et l'état général de la surface de la chaussée. L'influence de tous ces facteurs doit être examinée dans le cadre d'une analyse d'accident.

## Conclusion et recommandations

- **Au vu des multiples paramètres influençant le niveau d'adhérence mobilisable, et au vu des situations locales très variables (tracé, vitesse autorisée, environnement), il est important de porter toute son attention sur l'adéquation entre DEMANDE et OFFRE d'adhérence**
- **Les conditions d'adhérence ne peuvent être critiques que sur chaussée humide ou mouillée, spécialement après une longue période de beau temps (salissures)**

## **Et une question pour finir !**

**Peut-on réduire la résistance au roulement d'un pneumatique sans réduire ses qualités d'adhérence ?**

**Depuis peu,  
oui !**

**Merci pour votre attention**

**Avez-vous d'autres questions ?**