

# LES PLÉNIÈRES 2010 DU LCPC

Sciences et techniques  
du **Génie Civil**

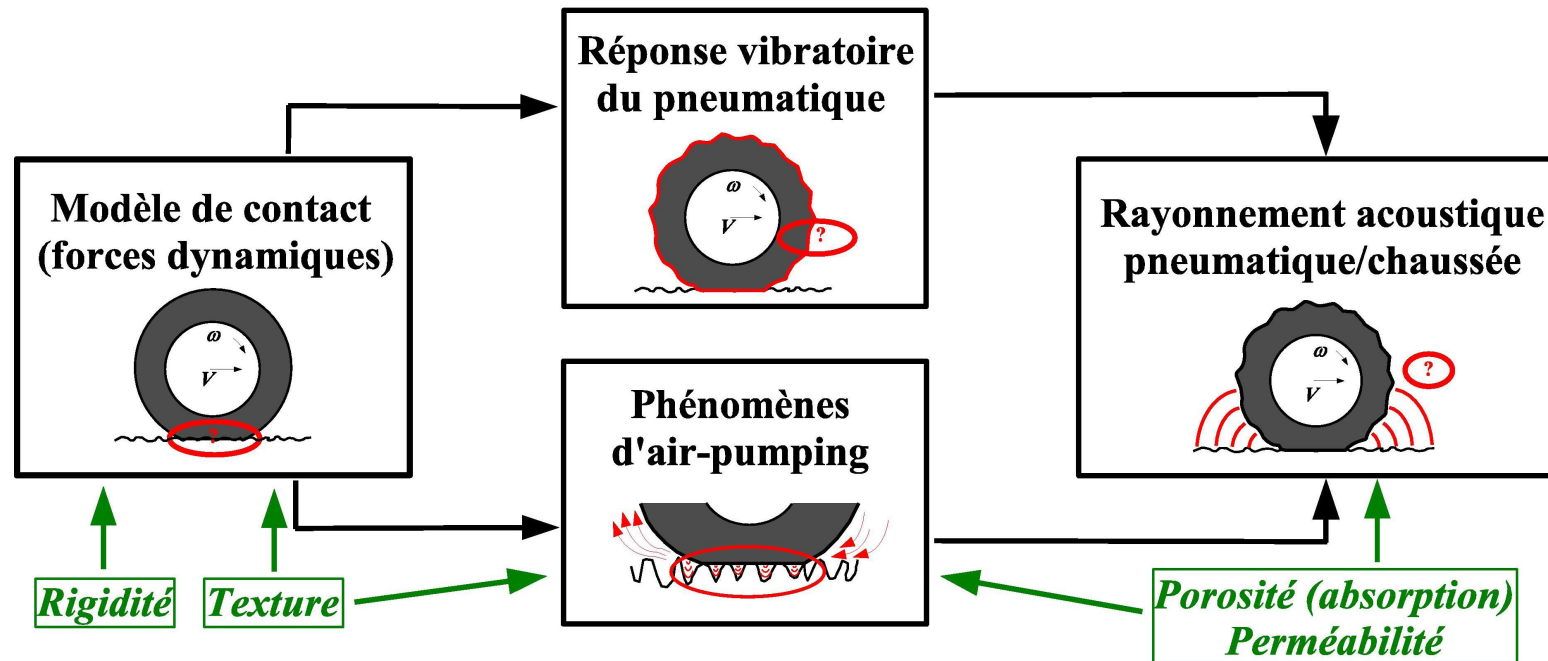
## JOURNÉES ACOUSTIQUE

Wissembourg – 2 et 3 JUIN 2010

# Identification d'aspérités de chaussée pour la prévision du bruit de roulement

Julien CESBRON – LCPC, IM, EASE

## Contexte : prévoir le bruit de contact pneu/chaussée



Le revêtement de chaussée influence fortement le bruit émis  
Paramètres : **texture**, porosité, perméabilité et rigidité

## Modèle de contact pneu/chaussée multi-aspérités

### Hypothèses :

- **Surface de chaussée** :  $N$  aspérités rigides de surface  $\Sigma_k$  composées des points  $(x_k, y_k, z_k)$  et de sommets  $(x_{sk}, y_{sk}, z_{sk})$
- **Pneu** : massif semi-infini élastique  $(E, \nu)$

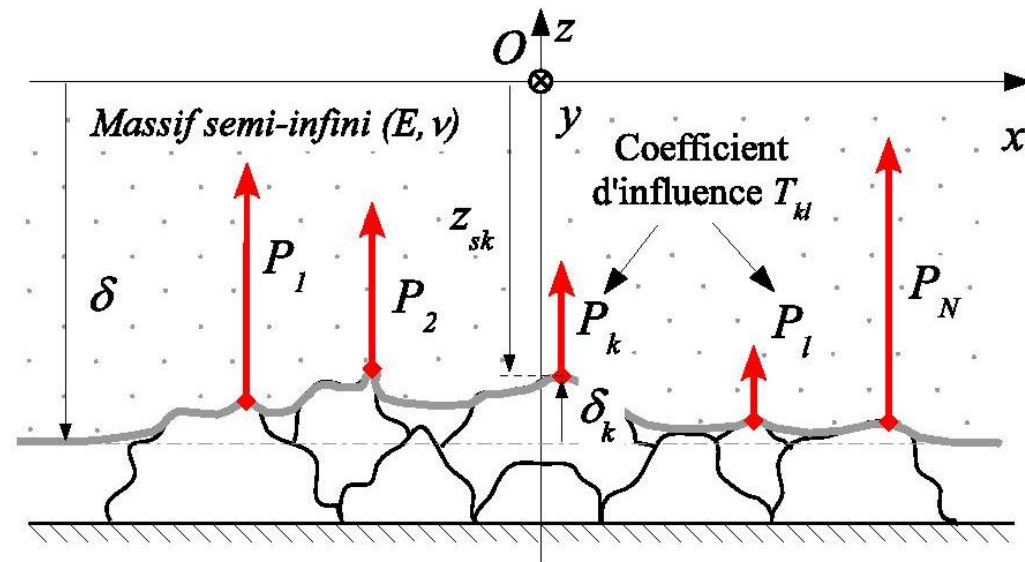
### Lois de contact locales :

$$P_k = \begin{cases} C_k E^* \delta_k^{\gamma_k} & \text{si } \delta_k > 0 \\ 0 & \text{si } \delta_k \leq 0 \end{cases}$$

où

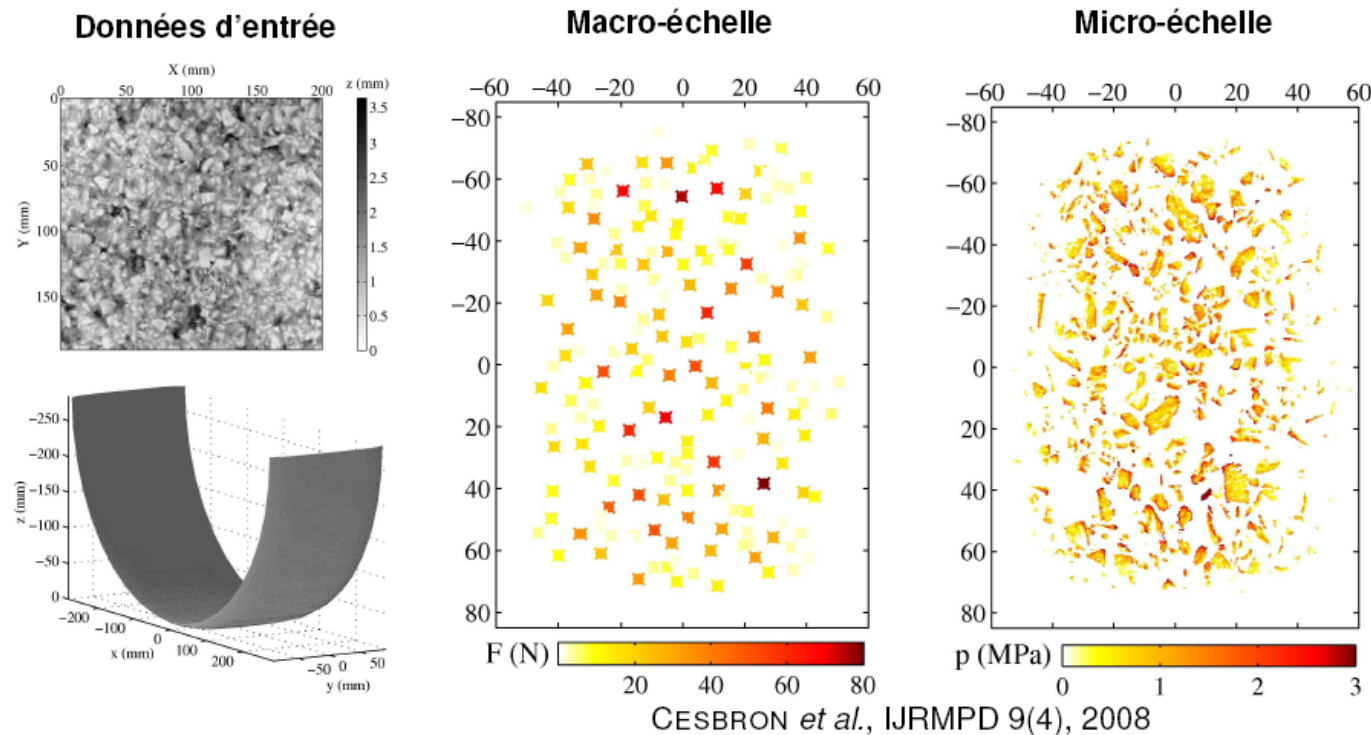
$$\delta_k = z_{sk} - \delta - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^N T_{kl} P_l$$

avec  $T_{kl} = 1/(\pi E^* r_{kl})$



## Exemple de résultat du modèle en statique

Revêtement BBSG 0/10 en contact avec un pneumatique lisse



**Le modèle donne de bons résultats en statique  
et se compare favorablement à l'expérience**

## Objectifs de l'étude

1. Identifier les aspérités et les paramètres de contact associés à partir d'une texture de chaussée réelle mesurée en 3D
2. Étudier la relation entre les paramètres de contact identifiés et le bruit de contact pneumatique/chaussée mesuré

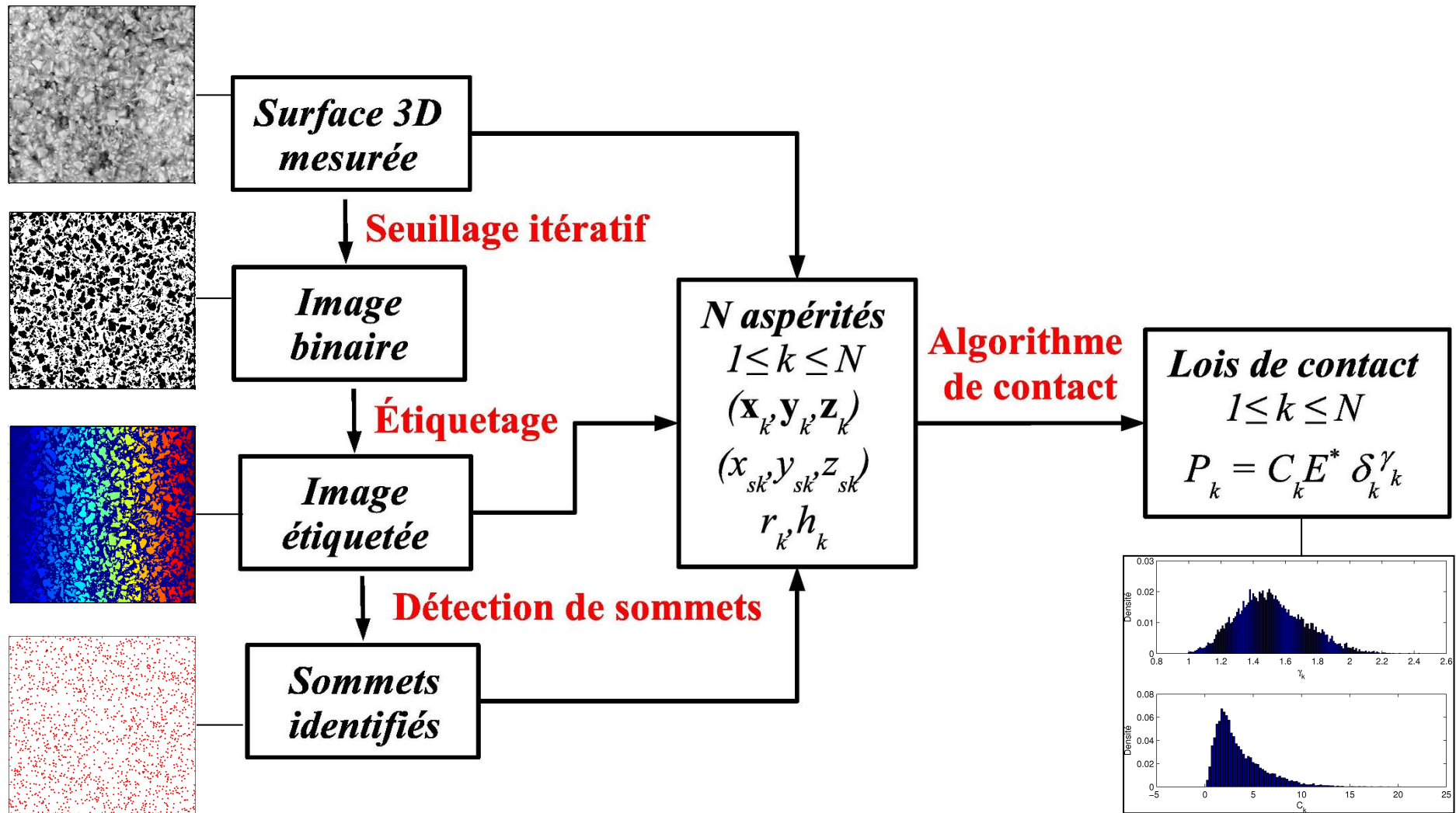
## Paramètres de contact étudiés

### Quatre paramètres de contact sur une aspérité :

- $C_k$  et  $\gamma_k$  : constantes descriptives de la loi de contact
- $r_k$  : distance moyenne entre le sommet de l'aspérité  $k$  et ses plus proches voisins
- $h_k$  : hauteur relative moyenne entre le sommet de l'aspérité  $k$  et ses plus proches voisins

**Densité  $D$**  : nombre d'aspérités par unité de surface

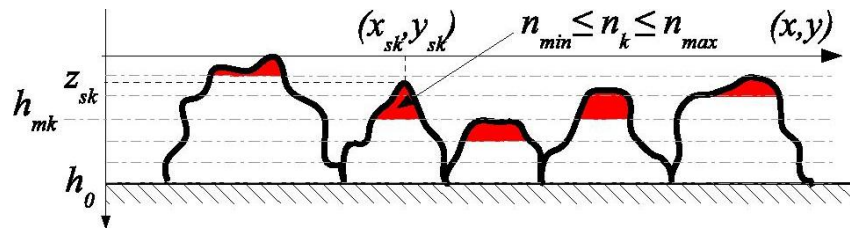
## Méthode d'identification d'aspérités de chaussée



## Algorithme de seuillage itératif

Une aspérité  $k$  est définie par un ensemble de points connexes dont le nombre  $n_k$  est compris entre  $n_{min}$  et  $n_{max}$

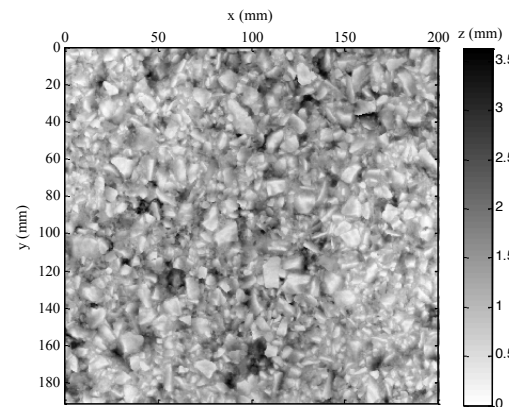
### Schéma de principe



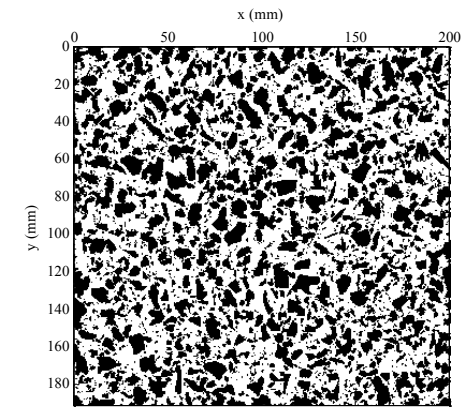
4 paramètres d'entrée :  
 $h_0, dh, n_{min}, n_{max}$

### Exemple pour un BBSG 0/10

#### Surface mesurée



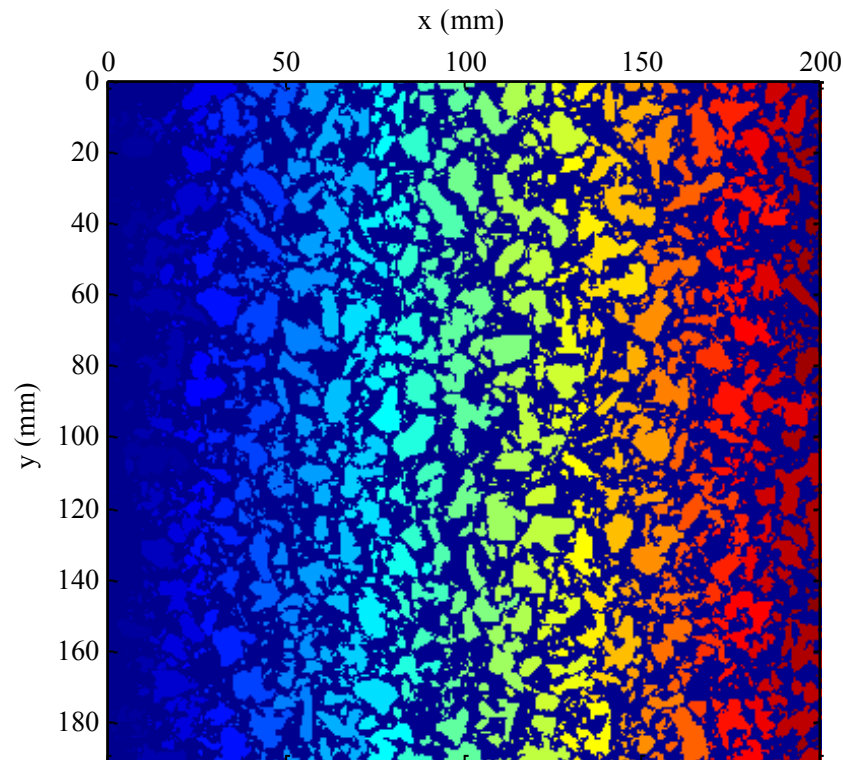
#### Image binaire





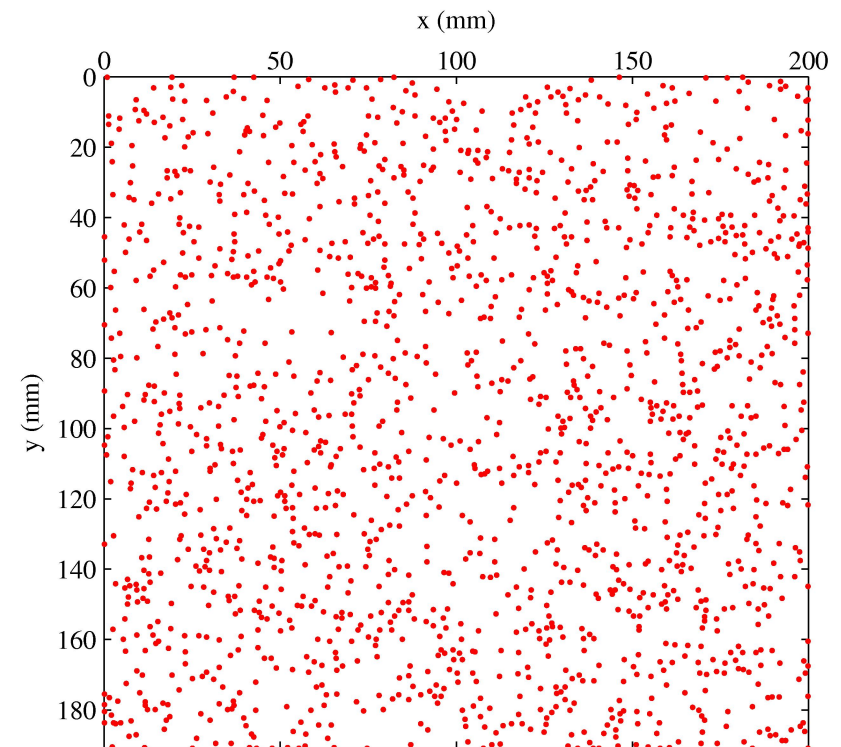
## 2 étapes « rapides » à partir de l'image binaire

Segmentation de l'image binaire



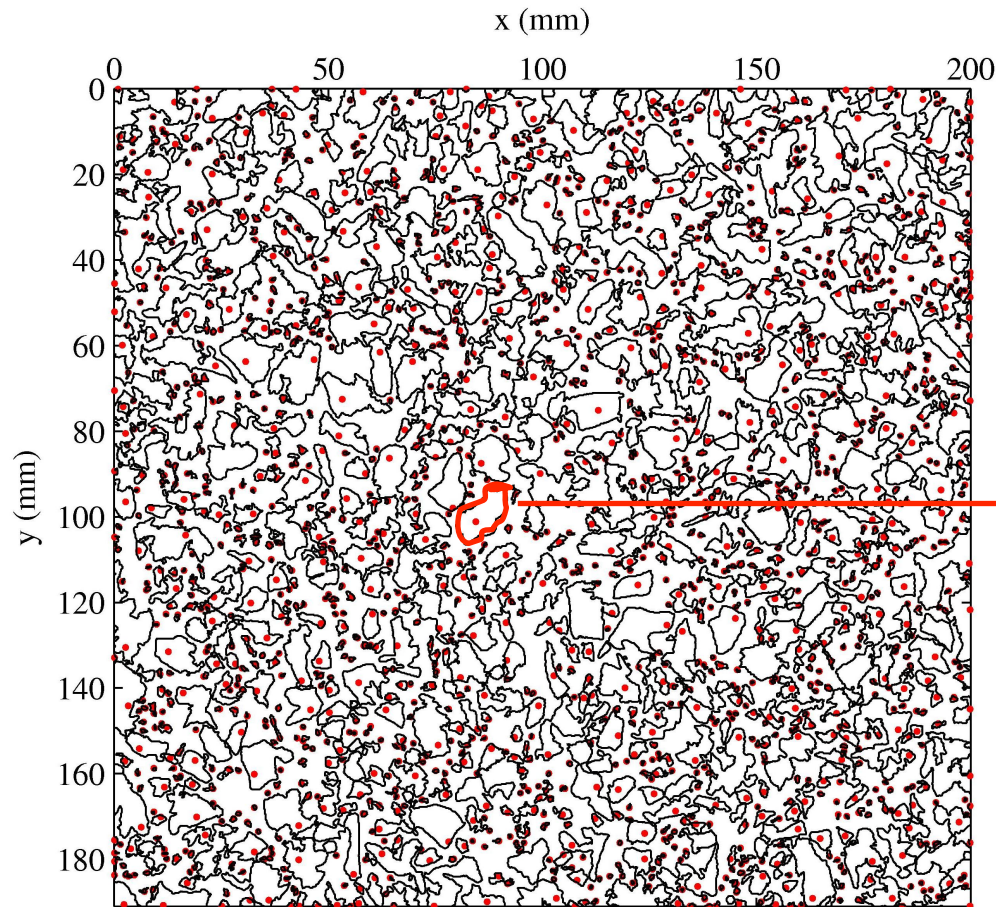
Même nombre entier  $k$  attribué à  
un groupe de pixels connexes

Identification des  
sommets des aspérités

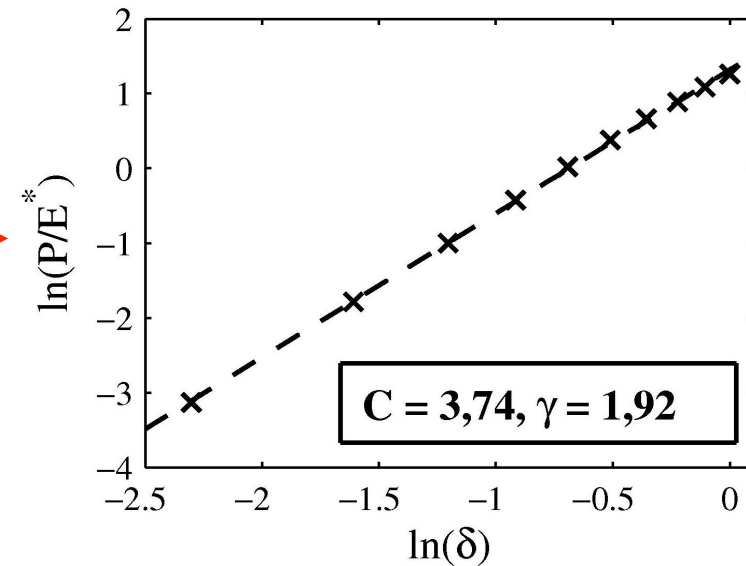


A partir de l'image segmentée  
et de la surface mesurée

## Calcul numérique de la loi de contact sur chaque aspérité



Loi de contact sur  
l'aspérité  $k$  :  $P_k = C_k E^* \delta^{\gamma_k}$



## Étude sur 6 revêtements de la piste du LCPC

**A – ES 8/10**



**C – ES 0,8/1,5**



**E2 – BBSG 0/10**



**F – Colgrip 1/3**



**L2 – SE 0/4**



**M1 – BBTM 0/10**



Mesures de texture 3D (Bast et Müller-BBM, stéréovision, L = 2,30 m) dans le cadre du projet Deufrako P2RN

# Identification d'aspérités à partir des textures 3D

Exemple de résultats pour la surface E2 – BBSG 0/10

## Algorithme d'identification

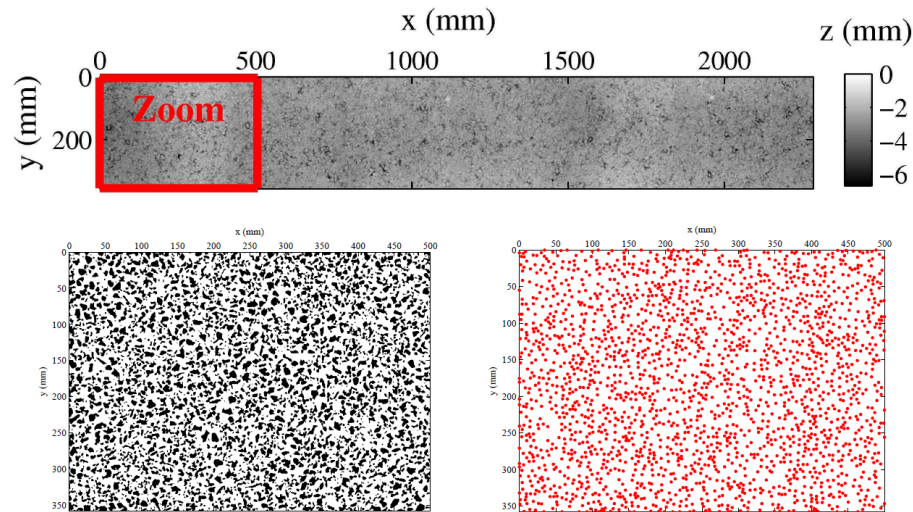
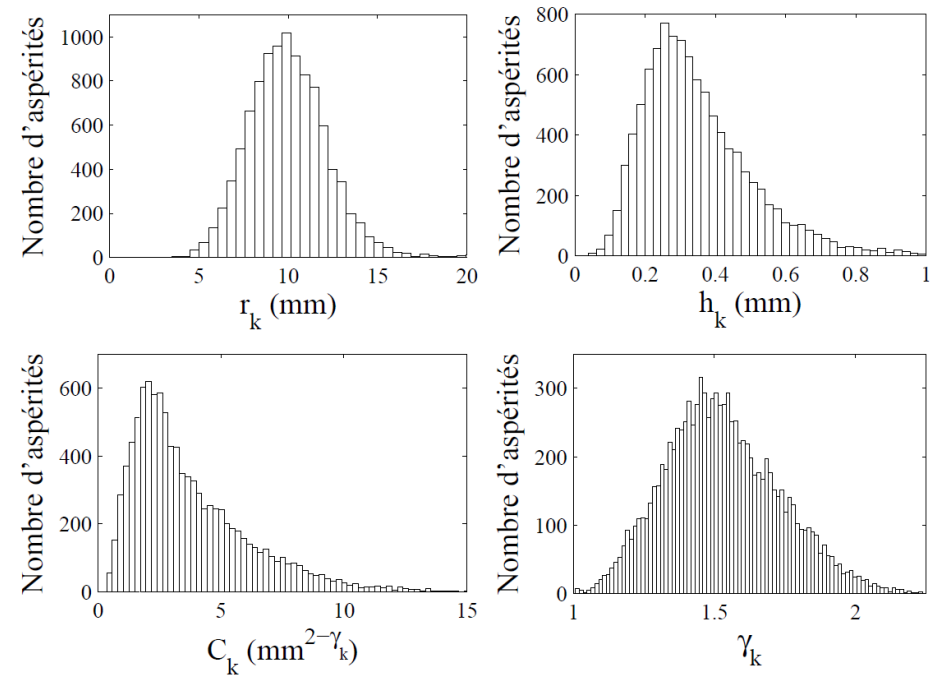


Image binaire

Sommets des aspérités

## Histogrammes des paramètres de contact



## Paramètres de contact moyens pour les 6 revêtements

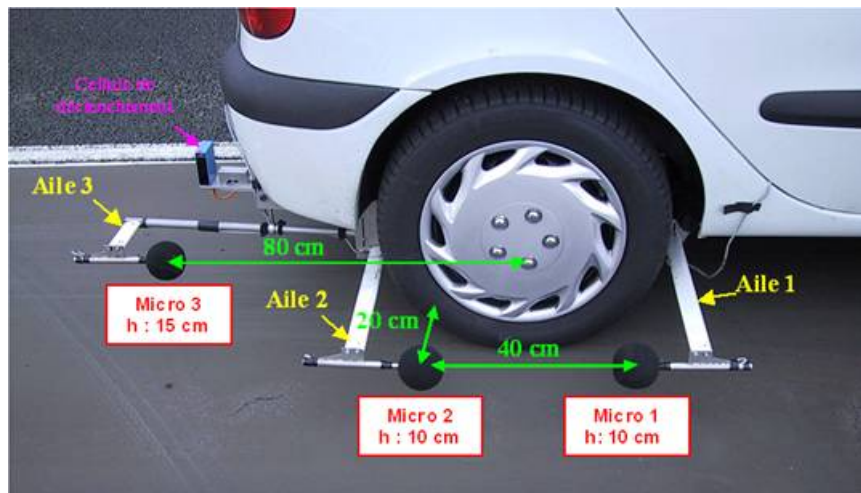
### Définitions

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{r} = \langle r_k \rangle_{k \in [1, N]} \\ \bar{h} = \langle h_k \rangle_{k \in [1, N]} \\ \bar{C} = \langle C_k \rangle_{k \in [1, N]} \\ \bar{\gamma} = \langle \gamma_k \rangle_{k \in [1, N]} \\ D = N / (L_x L_y) \end{array} \right.$$

	A	C	E2	F	L2	M1
$\bar{r}$	25,1	6,0	10,1	6,8	6,7	12,1
$\pm \sqrt{\sigma_r}$	10,0	1,3	2,7	1,4	1,4	3,2
$h$	1,30	0,15	0,36	0,65	0,23	0,44
$\pm \sqrt{\sigma_h}$	0,58	0,11	0,18	0,33	0,12	0,42
$C$	3,0	1,7	3,8	1,8	2,7	4,8
$\pm \sqrt{\sigma_C}$	0,9	0,8	2,5	0,7	1,5	3,5
$\bar{\gamma}$	1,59	1,28	1,53	1,41	1,46	1,58
$\pm \sqrt{\sigma_\gamma}$	0,13	0,09	0,20	0,12	0,15	0,22
$D$	2301	34444	12542	27100	28250	8888

## Corrélations avec le bruit de roulement

### Mesure en continu du bruit de roulement (méthode LPC 63)



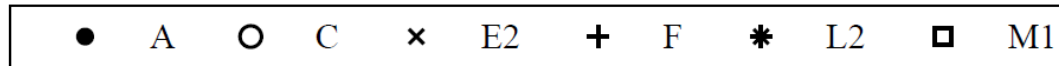
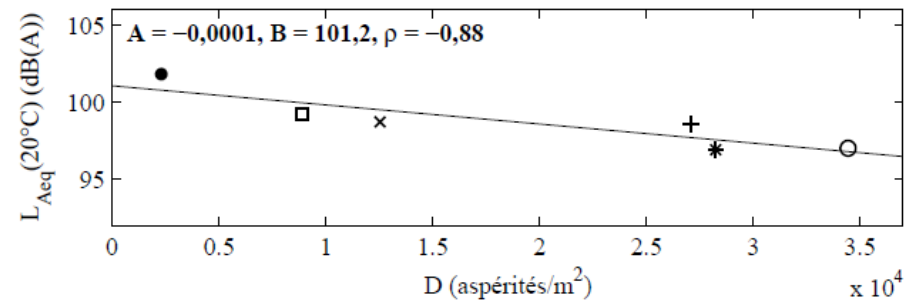
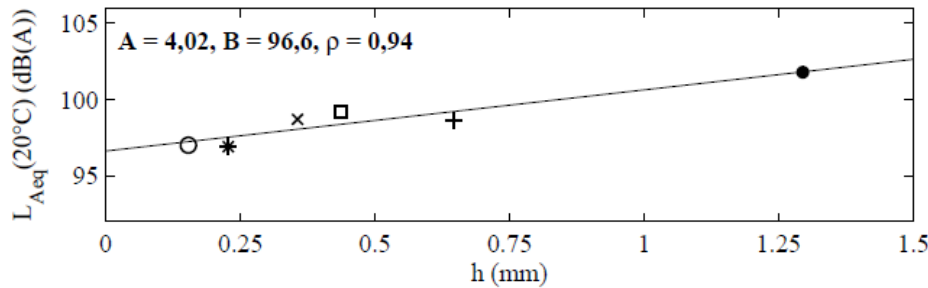
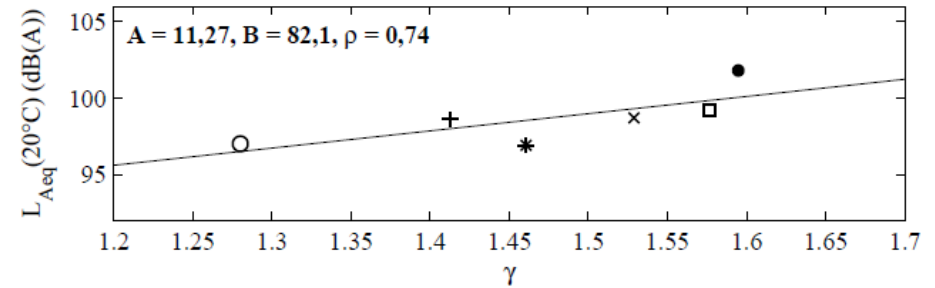
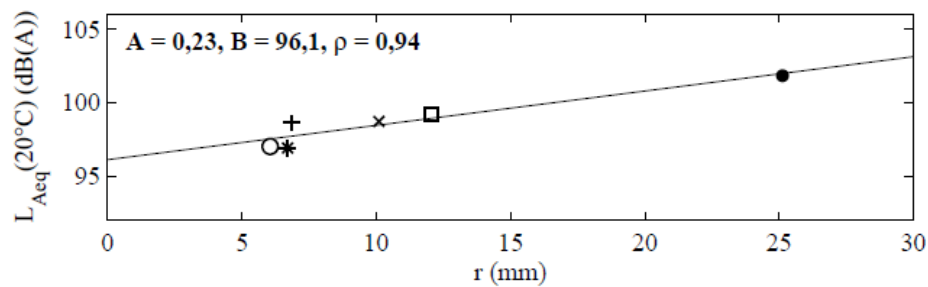
### Procédure pour un revêtement

- Acquisition des niveaux de bruit tous les 2 mètres, puis moyenne arithmétique sur la distance du tronçon testé
- 10 passages à vitesse stabilisée entre 65 km/h et 110 km/h par pas de 5 km/h
- Régression logarithmique du niveau de bruit en fonction de la vitesse

### Niveaux de bruit équivalents en dBA mesurés à $V_{ref} = 90$ km/h

	A	C	E2	F	L2	M1
$L_{Aeq}(20^{\circ}C)$	101,8	97,0	98,7	98,6	96,9	99,2

## Corrélations des paramètres de contact moyens avec les niveaux de bruit mesurés



**Corrélation positive pour  $r$ ,  $h$  et  $\gamma$**   
**Corrélation négative pour  $D$**

## Conclusions et perspectives

### Conclusions :

- Algorithme d'identification d'aspérités validé pour des textures 3D mesurées sur plusieurs mètres de chaussée ;
- Bonne corrélation des paramètres de contact moyens avec les niveaux de bruit mesurés en continu.

### Perspectives

- Calculer les forces de contact dynamiques sur plusieurs mètres de chaussée et les relier au bruit (Thèse de G. Dubois 2009-2012) ;
- Confirmer les corrélations entre les paramètres de contact et le bruit à partir d'un échantillon de mesures plus large ;
- Relier les paramètres de contact aux paramètres de formulation des couches de roulement des surfaces routières.



**Merci de votre attention**