

Tuteur Lafarge : Mohsen ECH

Tuteur INSA: Stéphane RAYNAUD



les matériaux au cœur de la *vie*™

Projet d'Innovation et de Développement

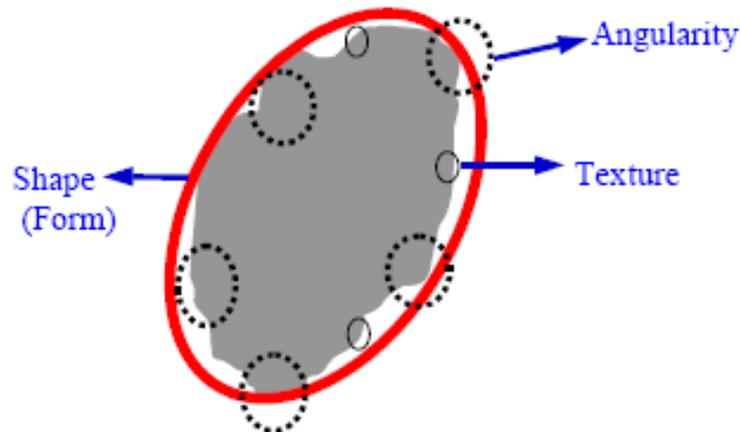
Evaluation de la texture des granulats
par des méthodes fines

26 juin 2009

Pierre GARCIA

Définitions

- Granulat
 - Le granulat est un fragment de roche, d'une taille inférieure à 125 mm, destiné à entrer dans la composition des matériaux destinés à la fabrication d'ouvrages d'arts et de routes.
 - Obtenu à partir de roches massives ou de dépôts alluvionnaires.
- Texture
 - Etat de surface du granulat



Etat de l'art

- Aujourd'hui, les entreprises suivent les normes en application et définissent les granulats par leurs :
 - Caractéristiques de fabrication (granularité, aplatissement, angularité, qualité et quantité des fines,...)
 - Caractéristiques intrinsèques (résistance à l'usure, à la fragmentation, au polissage, au gel-dégel,...)

La texture n'est pas encore un critère de choix normalisé

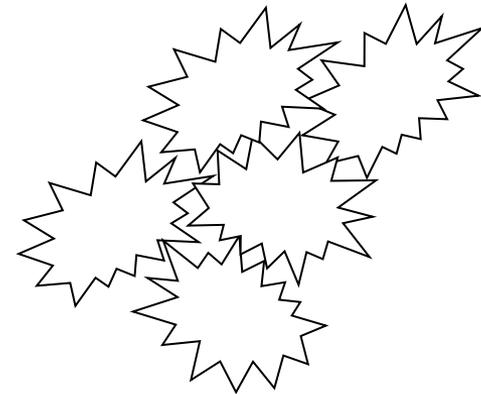
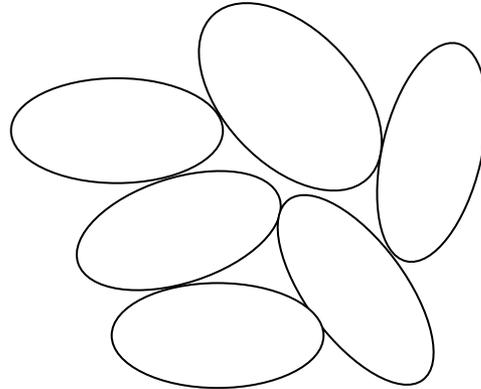
Objectifs du projet

- Recherche bibliographique sur l'influence de la texture des granulats sur les performances à l'échelle :
 - de l'interface liant / granulat et contact inter-granulats (bétons hydrauliques, enrobés bitumineux, couches d'assise des routes : granulats non traités)
 - du contact pneumatique / chaussée (adhérence des routes)

- Etude expérimentale
 - Comparaison des moyens de mesure
 - Analyse du traitement des mesures
 - Définition du meilleur compromis mesure / traitement

Synthèse bibliographique

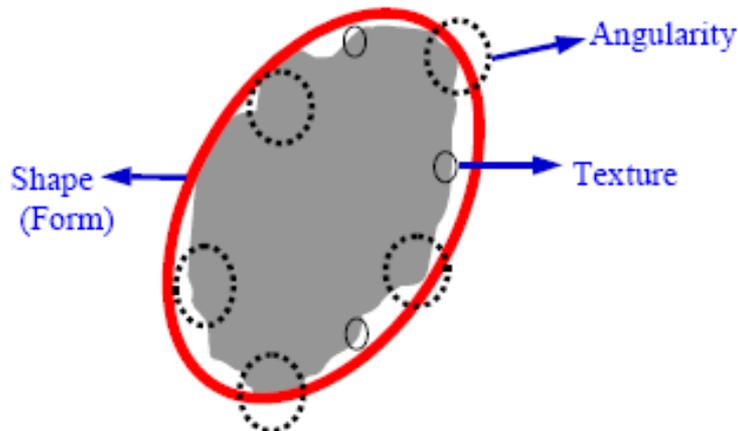
- Contact inter-granulats & Liant / granulats
 - La texture influence les caractéristiques des chaussées:
 - Module de résilience
 - Ouvrabilité
 - Fissuration
 - Orniérage
 - Une texture forte augmente la friction entre les granulats



- Les granulats rugueux ont besoin de plus d'eau que les granulats lisses, ce qui joue sur l'ouvrabilité du béton hydraulique par exemple.

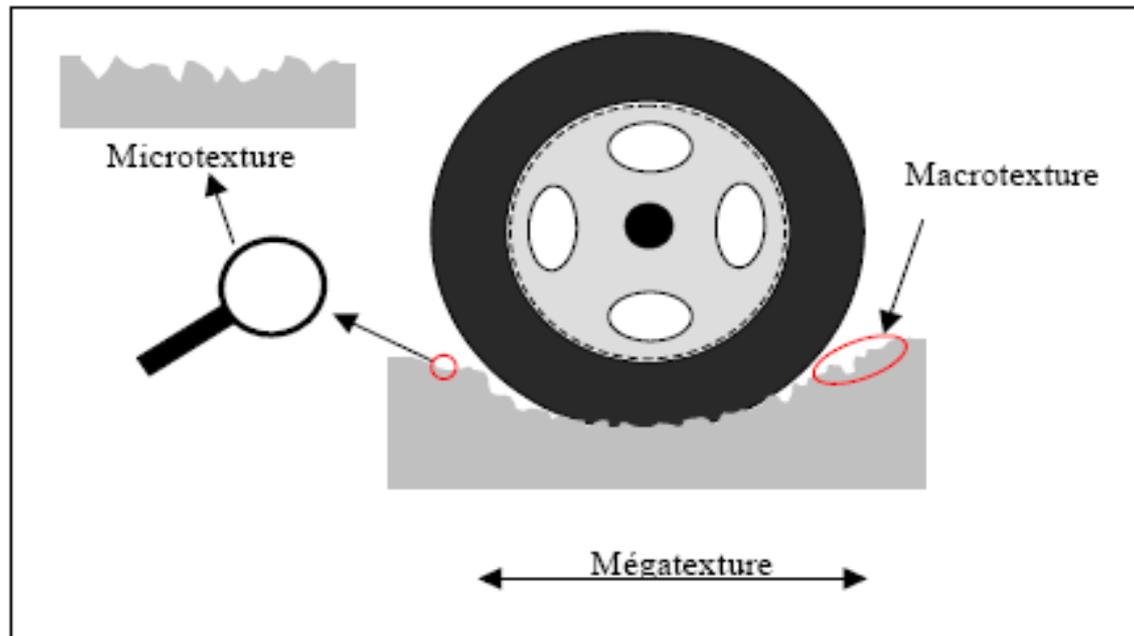
Synthèse bibliographique

- Contact inter-granulats & Liant / granulat
 - Une texture plus importante entraîne de meilleures performances de l'adhésion liant/granulat des bétons hydrauliques et des enrobés bitumineux
 - Problèmes rencontrés :
 - l'influence de la texture est associée à l'angularité du granulat.
 - Il n'y a pas d'échelle de la texture définie précisément



Synthèse bibliographique

- Contact pneumatique / chaussée
 - Macrotexture et performances sont reliées
 - Microtexture nécessaire pour casser le film d'eau entre le pneu et la chaussée (pression très localisée)
 - Une macrotexture trop élevée peut entraîner du bruit
 - Des modèles de corrélations adhérence / texture semi-empiriques existent



Partie expérimentale

- La texture influe sur les performances

- Une évaluation précise de la texture est nécessaire
 - Comparaison des moyens de mesures
 - Comparaison des traitements
 - Calcul des indicateurs

Echantillons utilisés



Granite - Marmagne



Gneiss - Lithonia



Calcaire - Cassis

Systemes de mesure

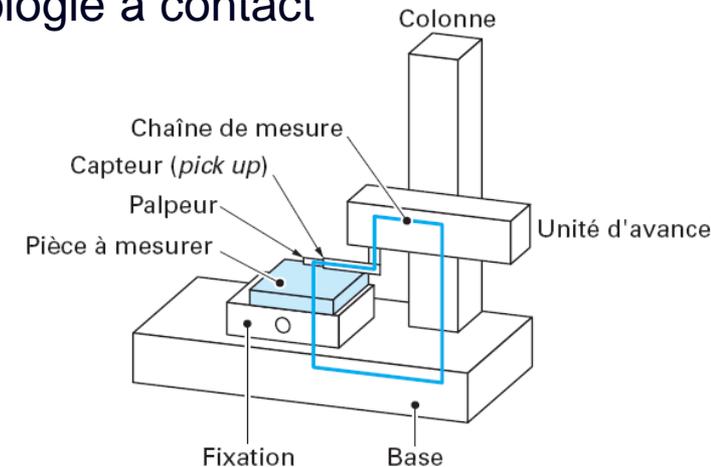
- Micromesure 2 de STIL => Technologie Optique

- Vitesse d'acquisition : 0,3 mm/s
- Résolution verticale : 30 nm
- Pas de mesure : 7 μm
- Amplitude mesurable : 1 mm
- Longueur mesurable : 100 mm



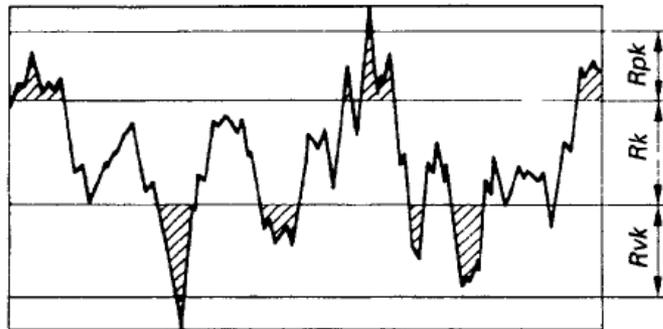
- Surfascan S2 de Somicronic => Technologie à contact

- Vitesse d'acquisition : 0,3 mm/s
- Résolution verticale : 4 nm
- Pas de mesure : 8 μm
- Amplitude mesurable : 6 mm
- Longueur mesurable : 100 mm



Indicateurs de texture utilisés

- Ra : écart moyen arithmétique des altitudes du profil de rugosité
- Rq : écart moyen quadratique des altitudes du profil de rugosité
- Rk : Profondeur de profil écrêté



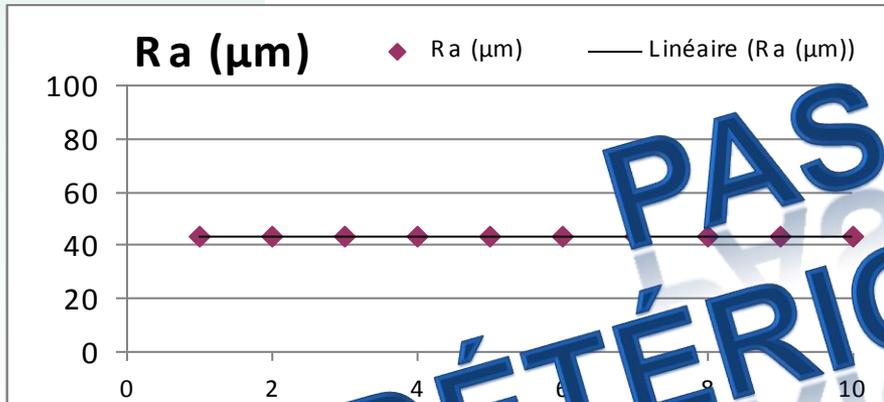
- R : Profondeur moyenne de rugosité d'après la méthode des motifs

Comparaison STIL / SURFASCAN

- STIL : optique : sans contact
- Surfascan : avec contact.

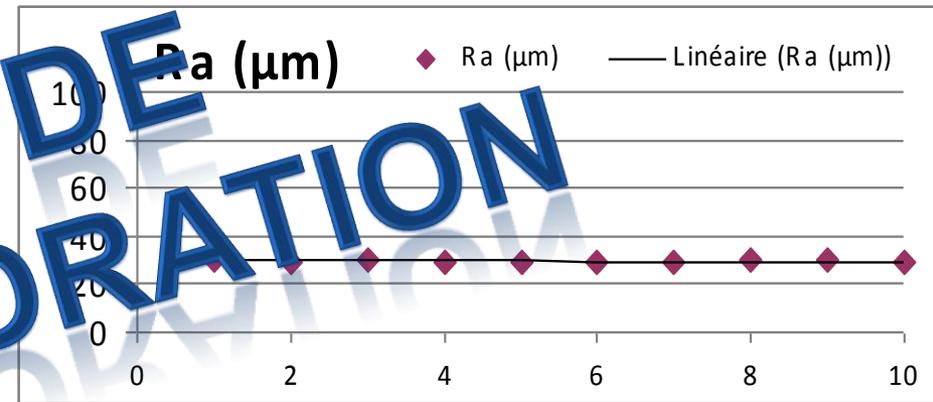
Y-a-t-il détérioration due à un passage répété du palpeur?

Granite



Moyenne = 44,41 µm
 Ecart type = 0,053 µm
 Coefficient = 0,12 %

Calcaire

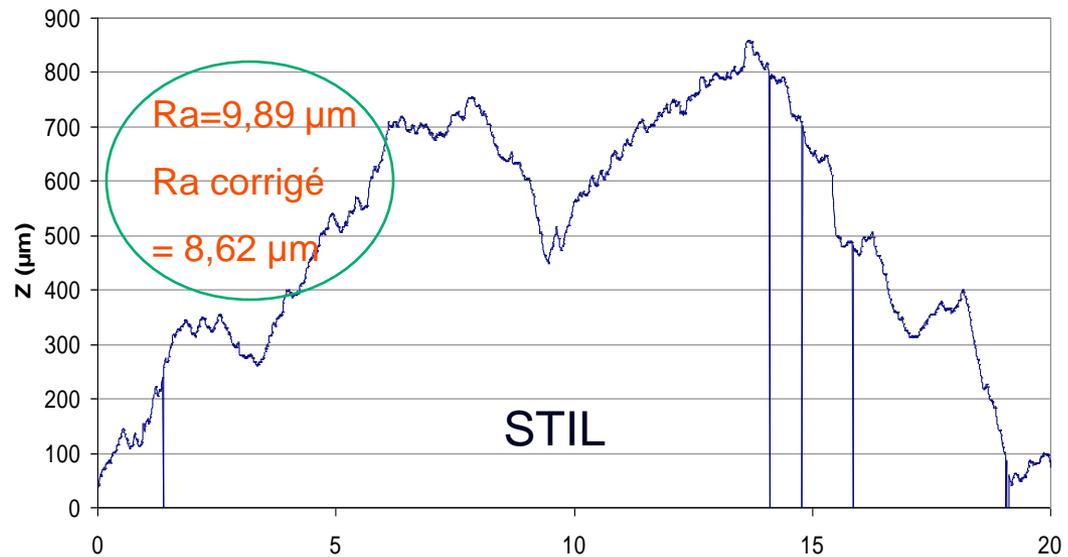
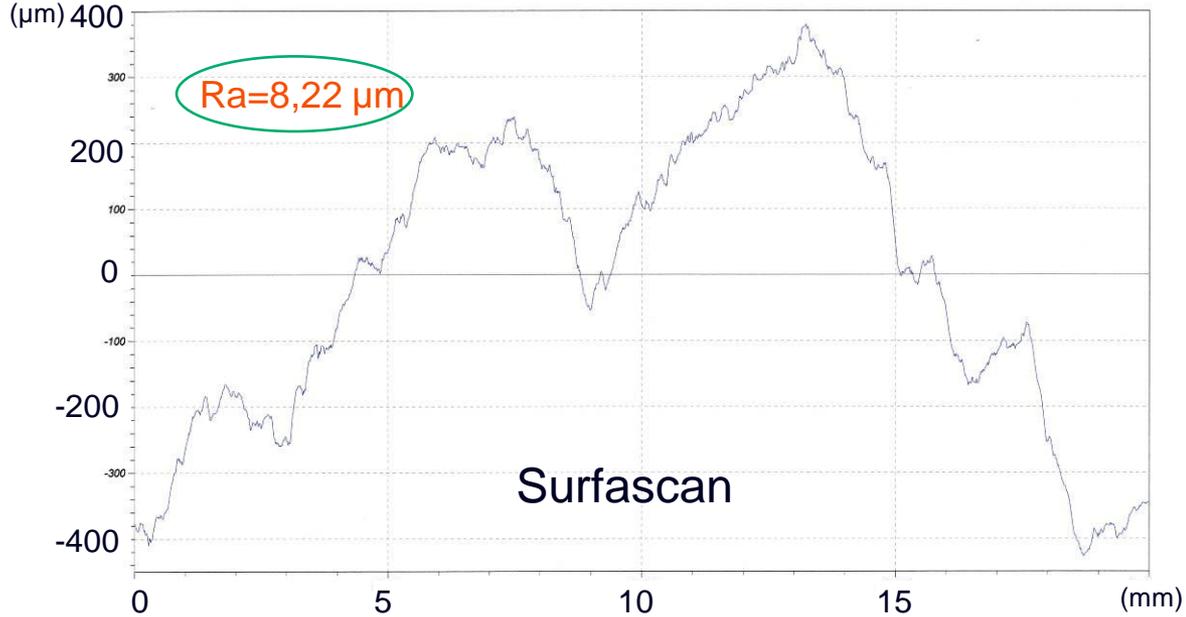


Moyenne = 29,61 µm
 Ecart type = 0,021 µm
 Coefficient = 0,07 %

PAS DE DÉTÉRIORATION

Comparaison STIL / SURFASCAN

- Influence de la présence de cristaux

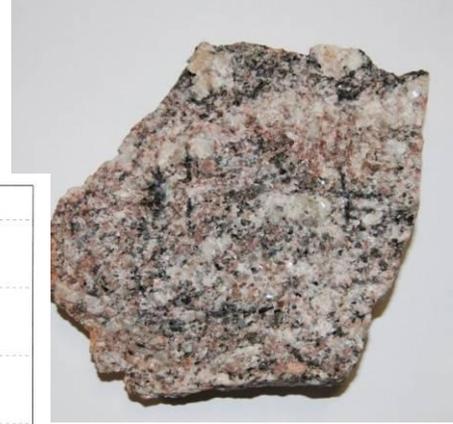


Calcaire

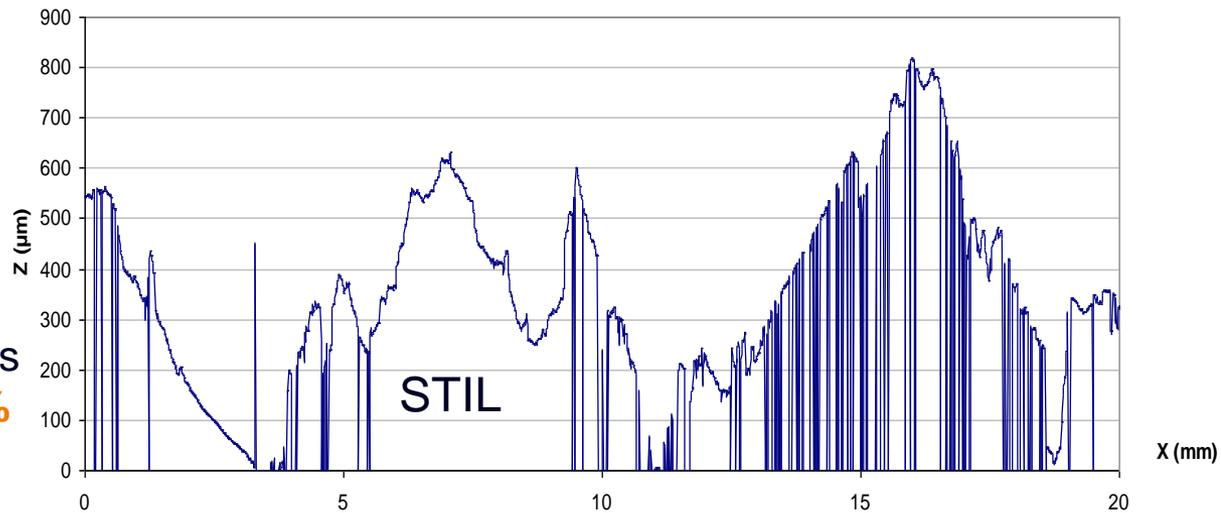
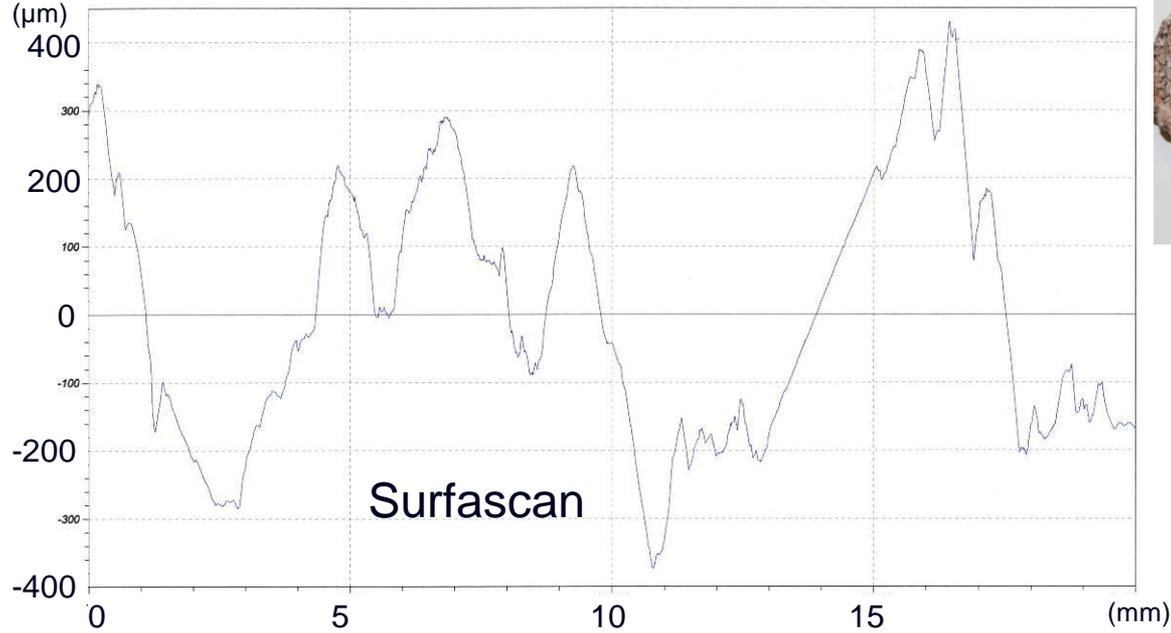
Maximum de points aberrants : 1,2%

Comparaison STIL / SURFASCAN

- Influence de la présence de cristaux



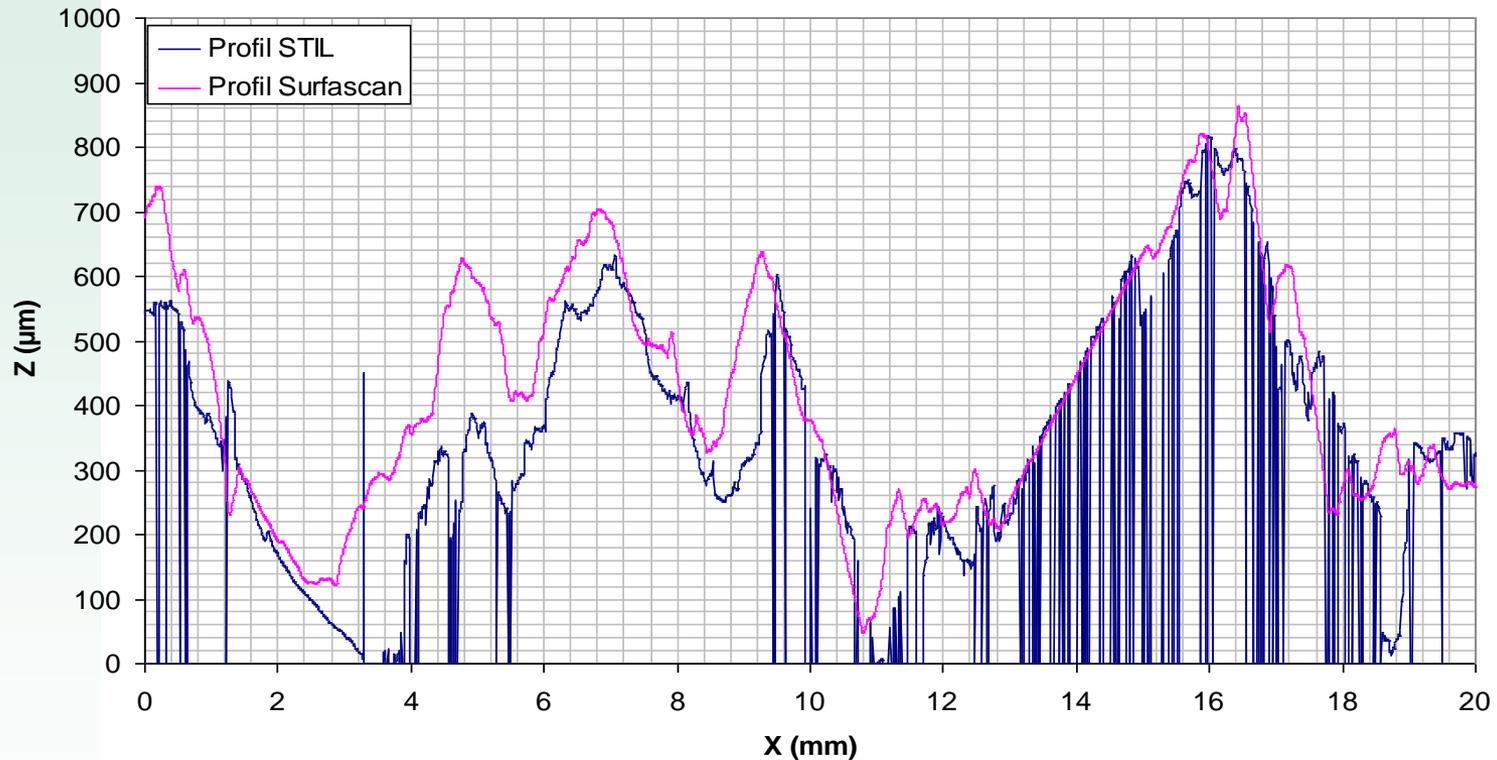
Granite



Maximum de points
aberrants : **28,55%**

Comparaison STIL / Surfascan

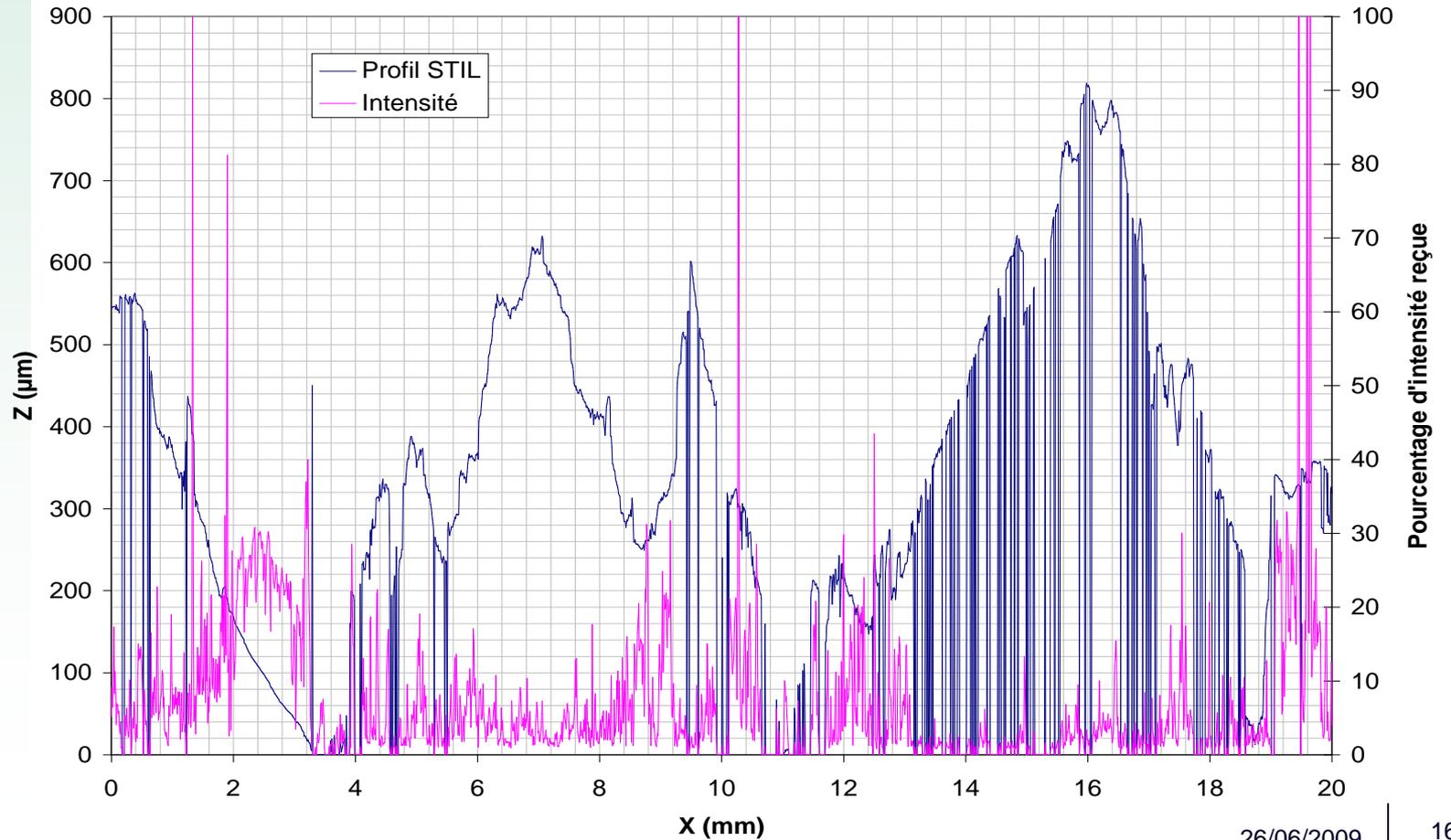
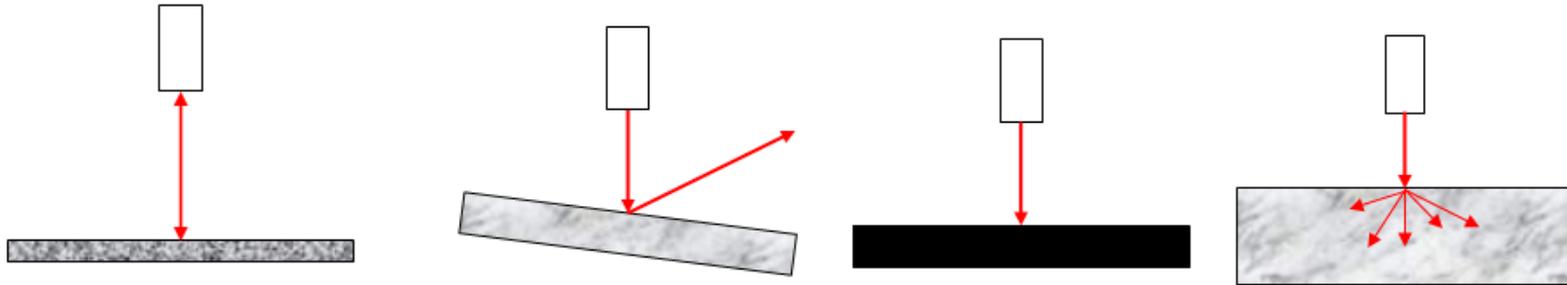
- Superposition des courbes :

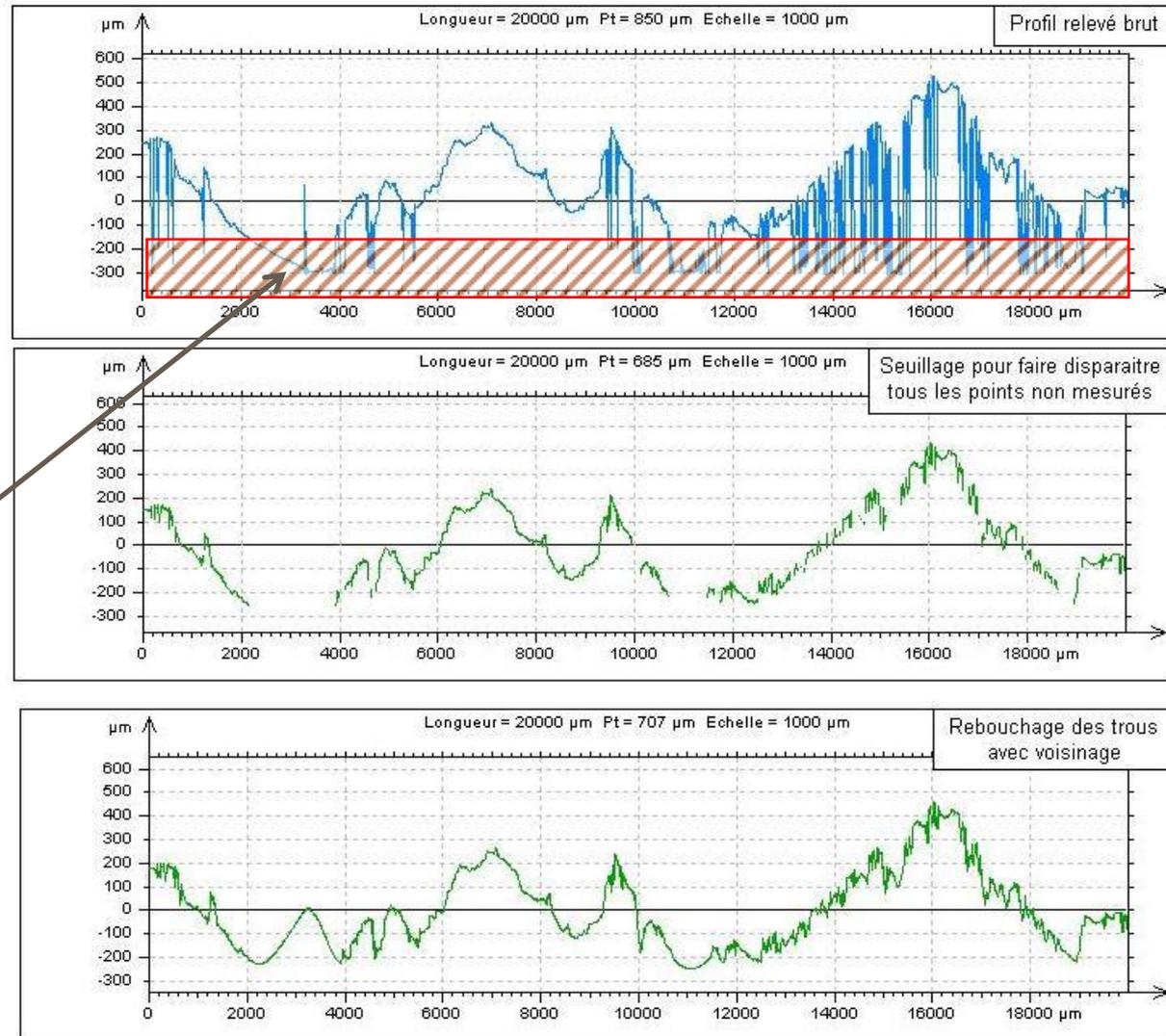


Feldspath

Les mesures optiques sont influencées par la nature des granulats

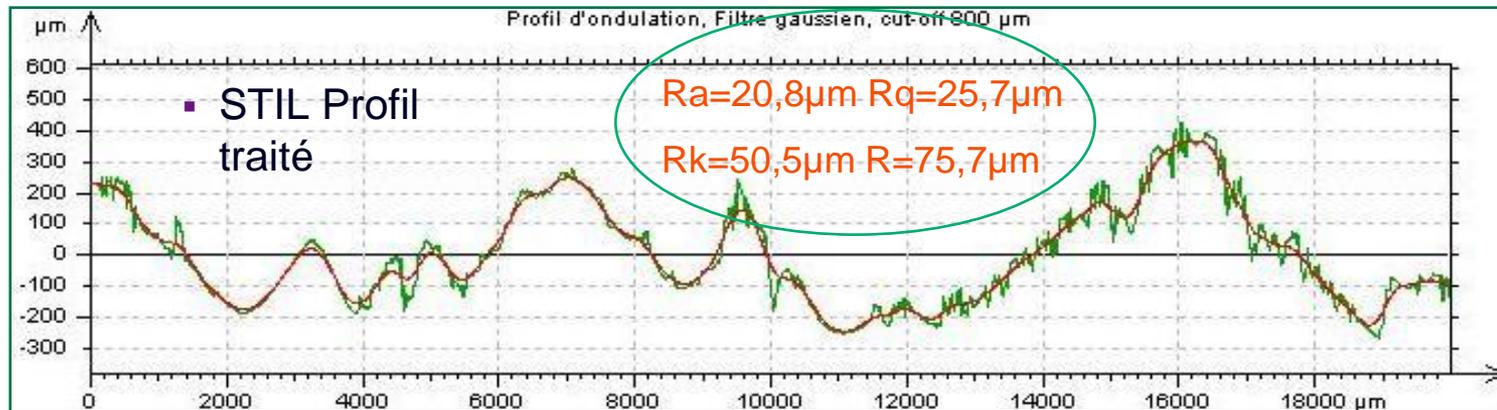
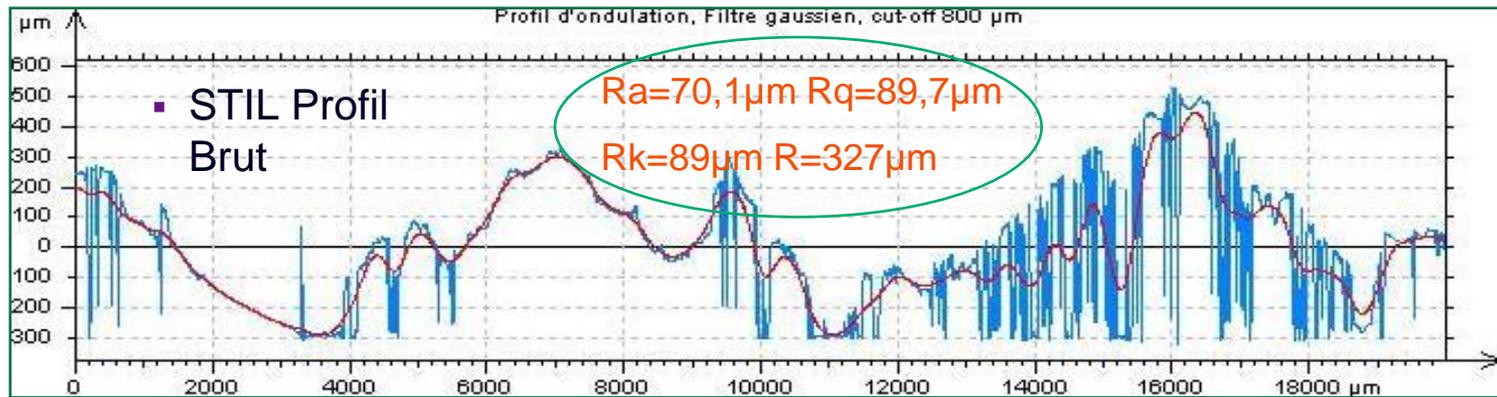
Phénomènes optiques



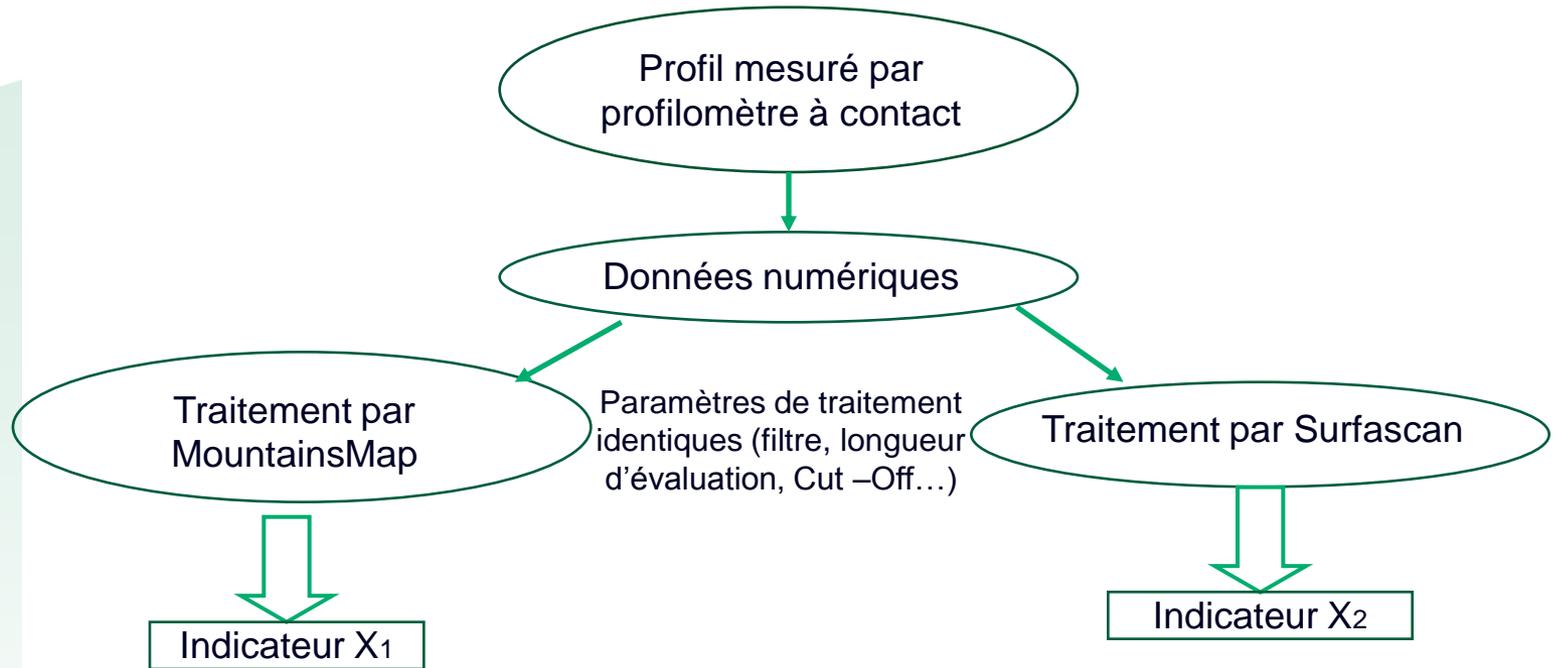


- Suppression d'une partie du profil
- Seuillage « visuel » : Impossibilité de réalisation en 3D
- Rebouchage : création de formes inexistantes

Comparaison des traitements des profils obtenus



Le rebouchage des points permet de trouver des indicateurs plus proches de ceux relevés sur le profil par contact, mais l'erreur reste importante



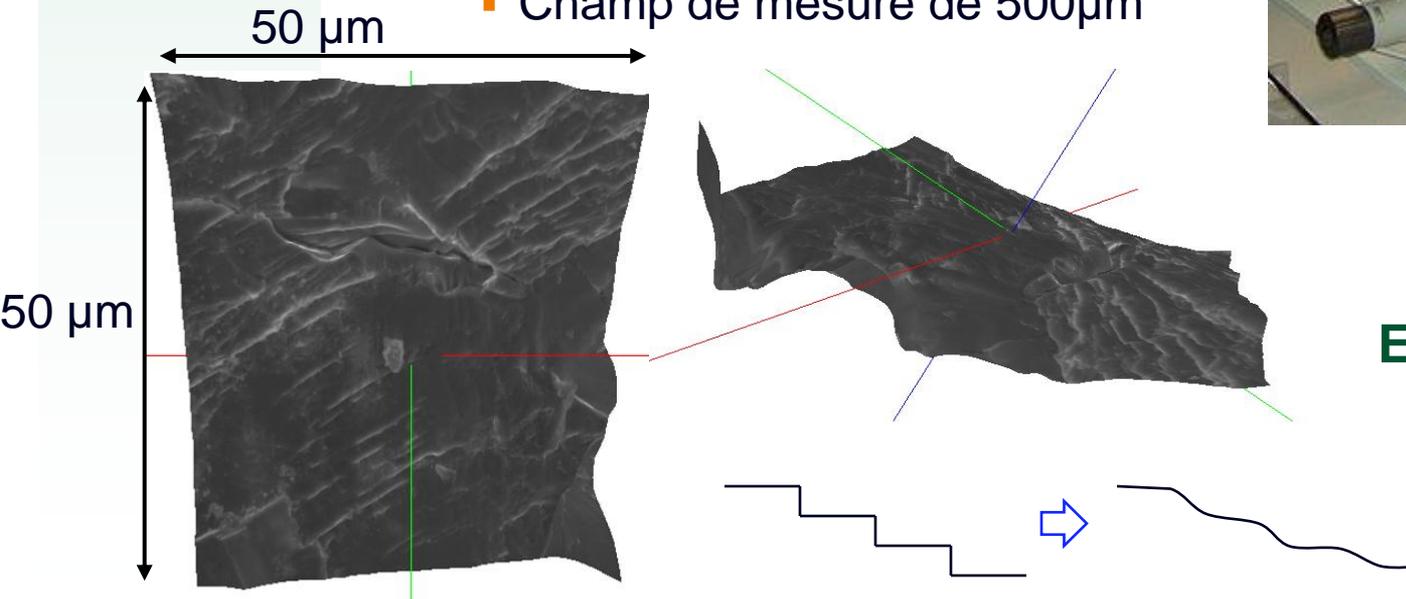
- X1 et X2 sont-ils identiques?

	Mountains	Surfascan	Erreur relative
Pt (Marmagne)	732,33 μm	732,42 μm	0,01 %
Rpk (Cassis)	10,69 μm	9,80 μm	9,07 %

- Causes probables : gestion des effets de bords ou non, programmation des filtres, rééchantillonnage du profil sur Mountains...

Autres moyens testés MEB

- Avantages
 - Composition par capteur rayons X
 - Grande précision
- Inconvénients
 - Temps de mesure et de traitement très longs
 - Champ de mesure de 500 μ m

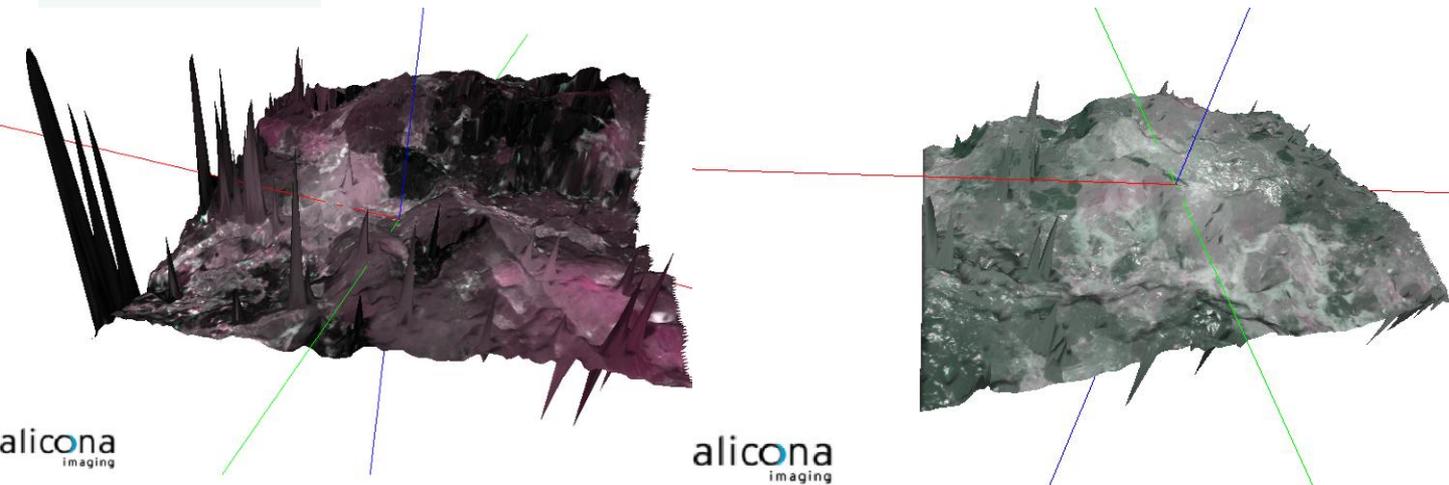


**Echelle de mesure
non adaptée**

Autres moyens testés InfiniteFocus ALICONA

- Avantages
 - Image en couleurs réelles
 - Mesure rapide
- Inconvénients
 - Quelques erreurs optiques

INFINITE FOCUS



**Bons résultats
pour un système
optique
→ à approfondir**

Autres moyens testés

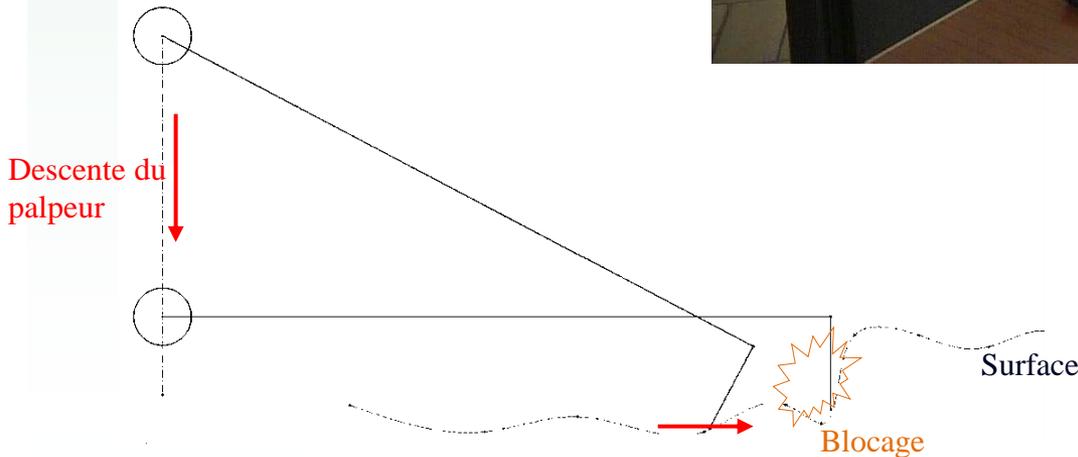
Surfascan S3

- Avantages

- Peu de points aberrants
- Amplitude de mesure

- Inconvénients

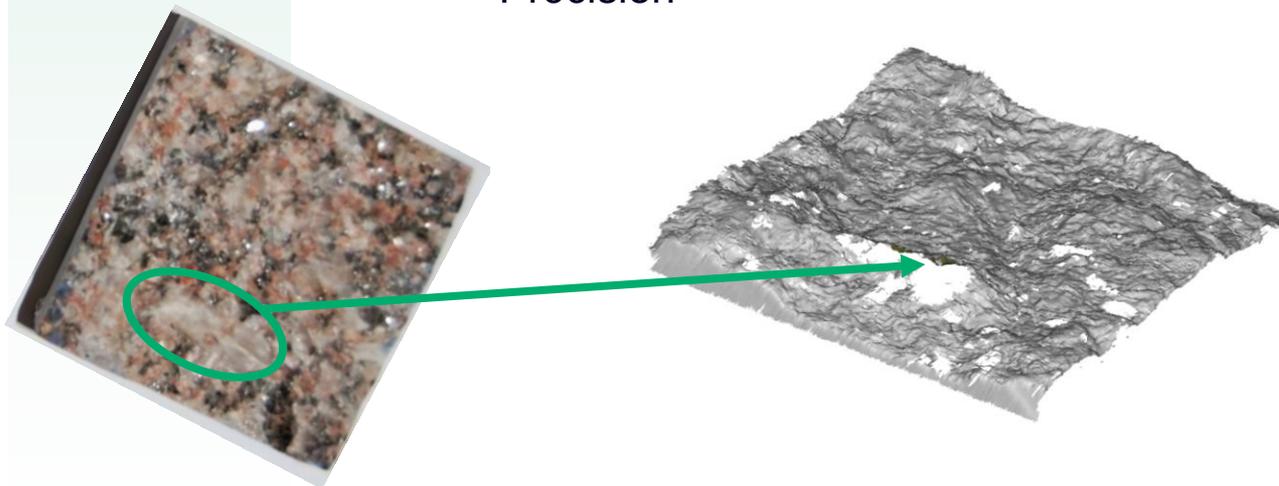
- Mesure lente
- Problème du retour du palpeur



**Avantages du mécanique
mais voir si d'autres
technologies existent**

Autres moyens testés Scanner Laser

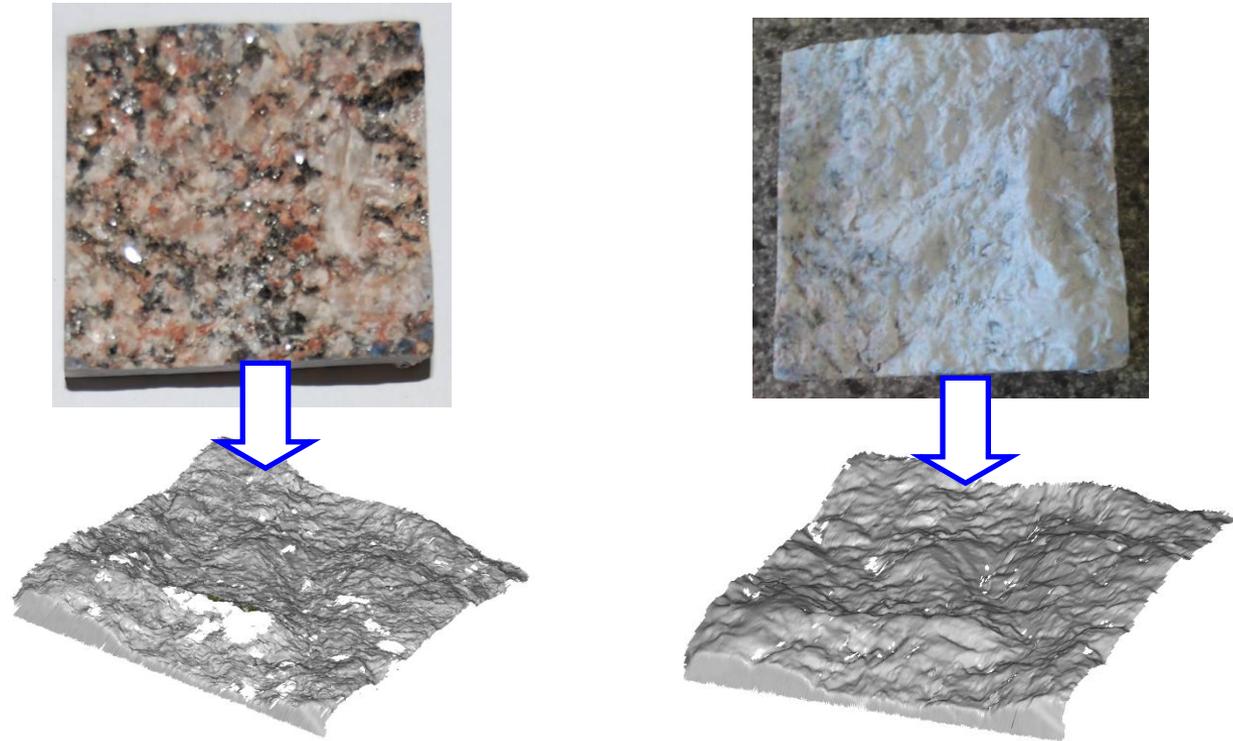
- Avantages
 - Amplitude de mesure
 - Temps de mesure
- Inconvénients
 - Erreurs d'ordre optique
 - Précision



Mêmes problèmes que sur STIL, non adapté à la microtexture

Poudrage des échantillons

- Pour supprimer les erreurs optiques : essai de bombe de ressuage



- Visuellement lissage de la surface
- Peu de différences au niveau des erreurs
- Sa identique ($917 \mu\text{m}$), S_v plus petit ($3246 \mu\text{m} \rightarrow 2905 \mu\text{m}$), coefficient d'asymétrie plus grand avec poudrage

Récapitulatif des moyens de mesure



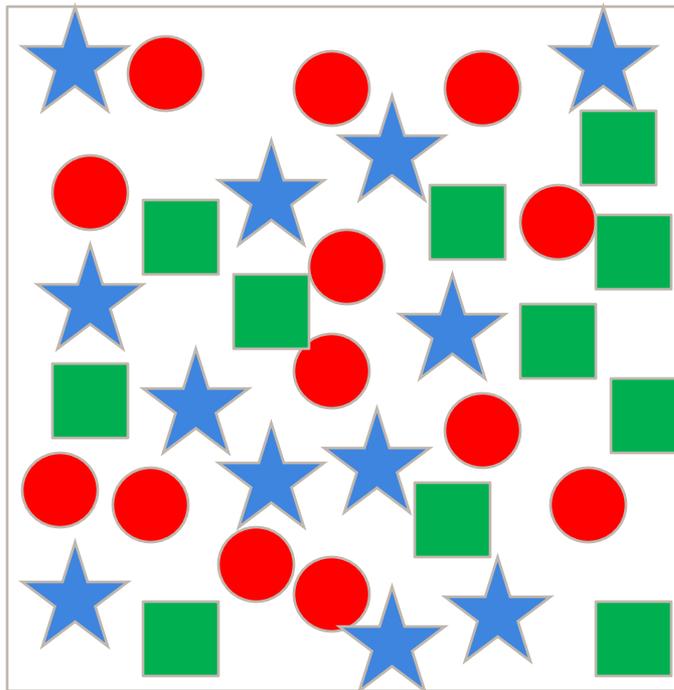
Moyen	Avantages	Inconvénients
Surfascan S2	<ul style="list-style-type: none">• Peu de points aberrants• Grande amplitude de mesure	<ul style="list-style-type: none">• Mesure du sable impossible
STIL	<ul style="list-style-type: none">• Facilité de programmation	<ul style="list-style-type: none">• Erreurs d'ordre optique• Amplitude de mesure limitée
MEB	<ul style="list-style-type: none">• Grande précision• Composition par rayons X	<ul style="list-style-type: none">• Temps de mesure• Champ de mesure
InfiniteFocus ALICONA	<ul style="list-style-type: none">• Image en couleurs réelles• Mesure rapide	<ul style="list-style-type: none">• Quelques erreurs d'ordre optique
Surfascan S3	<ul style="list-style-type: none">• Peu de points aberrants• Grande amplitude de mesure	<ul style="list-style-type: none">• Mesure du sable impossible• Mesure lente• Retour du palpeur
Scanner laser	<ul style="list-style-type: none">• Grande amplitude de mesure• Temps de mesure	<ul style="list-style-type: none">• Erreurs d'ordre optique• Précision

Conclusions

- L'étude bibliographique confirme l'influence de la texture sur les performances
- Les échelles de texture ne sont pas claires en fonction du contexte
- Mesure optique non adaptée à certaines surfaces
- Mesure mécanique :
 - Pas d'erreurs
 - Pas de détérioration
 - Problème d'évaluation de la texture du sable
- Les logiciels de calcul donnent des résultats proches

Recommandations

- Sur les méthodes de mesure
 - Eviter la suppression de certaines parties des surfaces pour ne pas perdre un partie de l'information



Ra moyen = 14,5

Ra moyen = 23

- Sur les méthodes de traitement
 - Réglages des paramètres de traitements dans les logiciels

Recommandations

- Sur les moyens de mesure à utiliser

- Texture des sables : MEB ou STIL



- Texture de chaussée → Méthodes optiques



- Texture de granulats sans cristaux (calcaire) → STIL



- Texture de granulats avec cristaux (granite)

- Profilométrie mécanique
- Système d'Alicona



Perspectives

- Analyse d'image



- Poursuite de l'étude des différentes méthodes de mesure et de leur faisabilité
- Approfondissement de certaines méthodes

Merci de votre attention

