



GHYMAC

 UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE



Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux

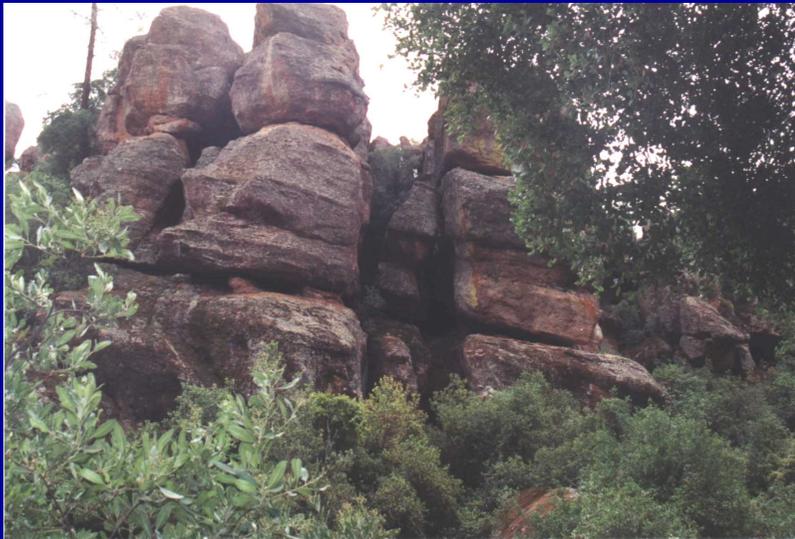
A. Marache¹, B. Rousseau^{1,2}, J. Riss¹

¹Université Bordeaux 1 – GHYMAC

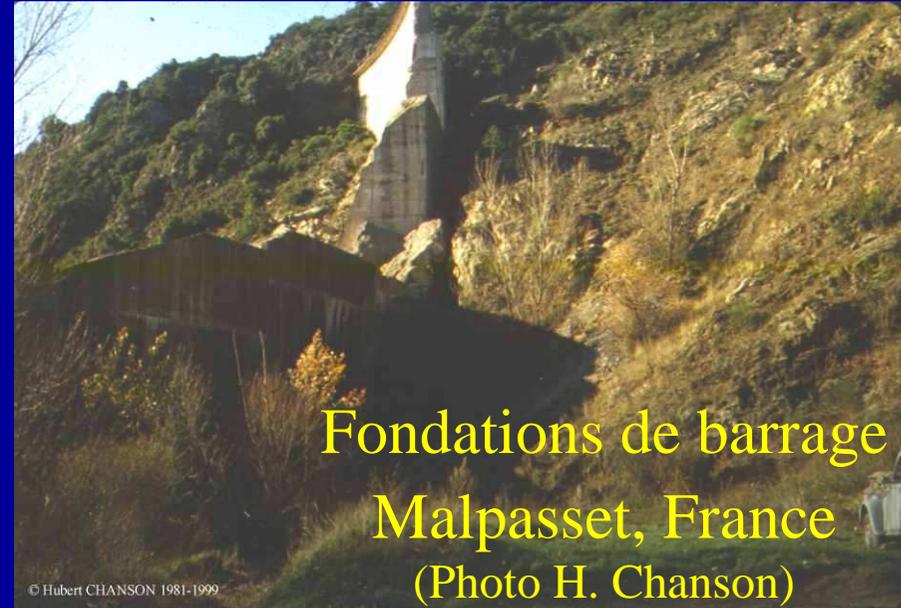
*²Université de Sherbrooke – Laboratoire de
Mécanique des Roches*

CFMR - 13 Mars 2008

Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux



Stabilité de versant rocheux
Pinnacle, USA



Fondations de barrage
Malpasset, France
(Photo H. Chanson)

Applications : stockage de déchets,
stabilité des massifs rocheux,
hydrogéologie (chenalisation),
géothermie, réservoirs pétroliers,
génie civil...

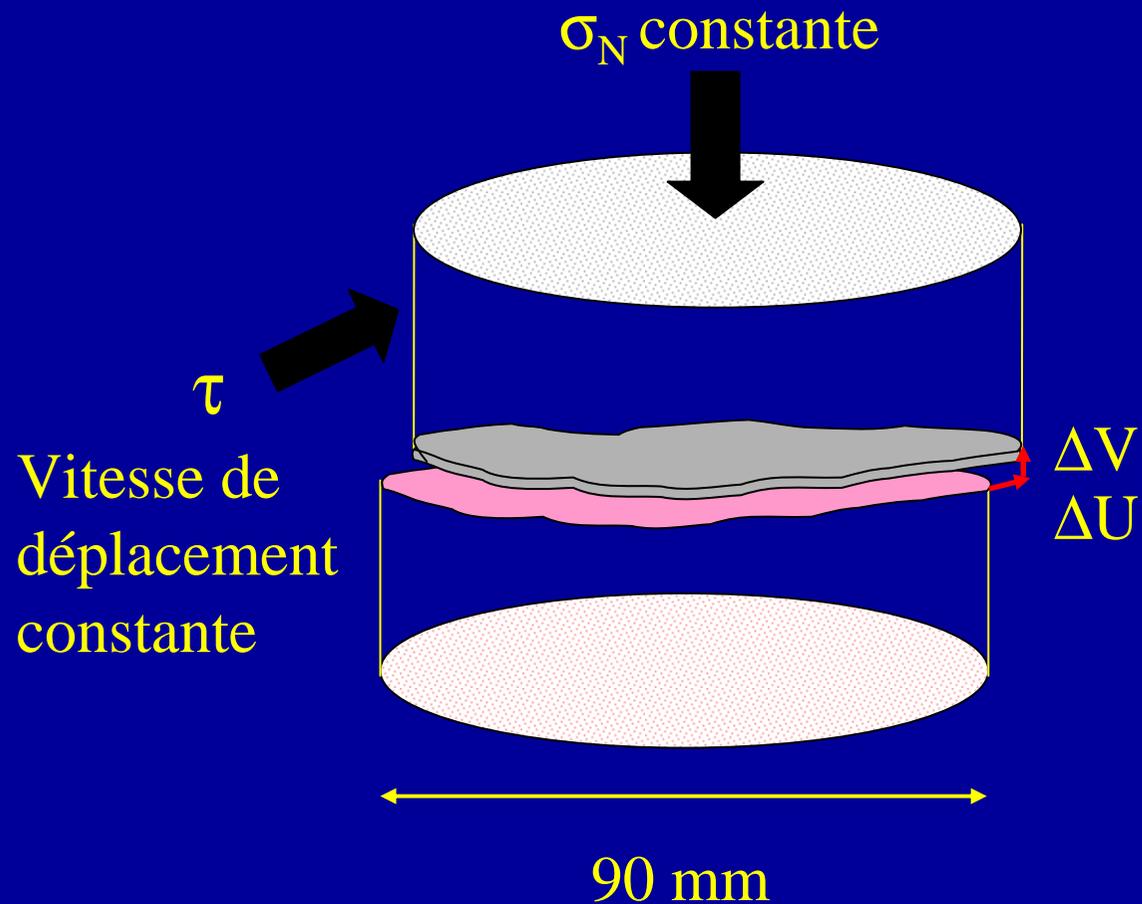
Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux

- Introduction.
- Applications de l'analyse d'images à :
 - la détermination des zones dégradées au cours du cisaillement,
 - l'évolution de l'espace des vides au cours du cisaillement.
- Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids.
- Conclusions et Perspectives.

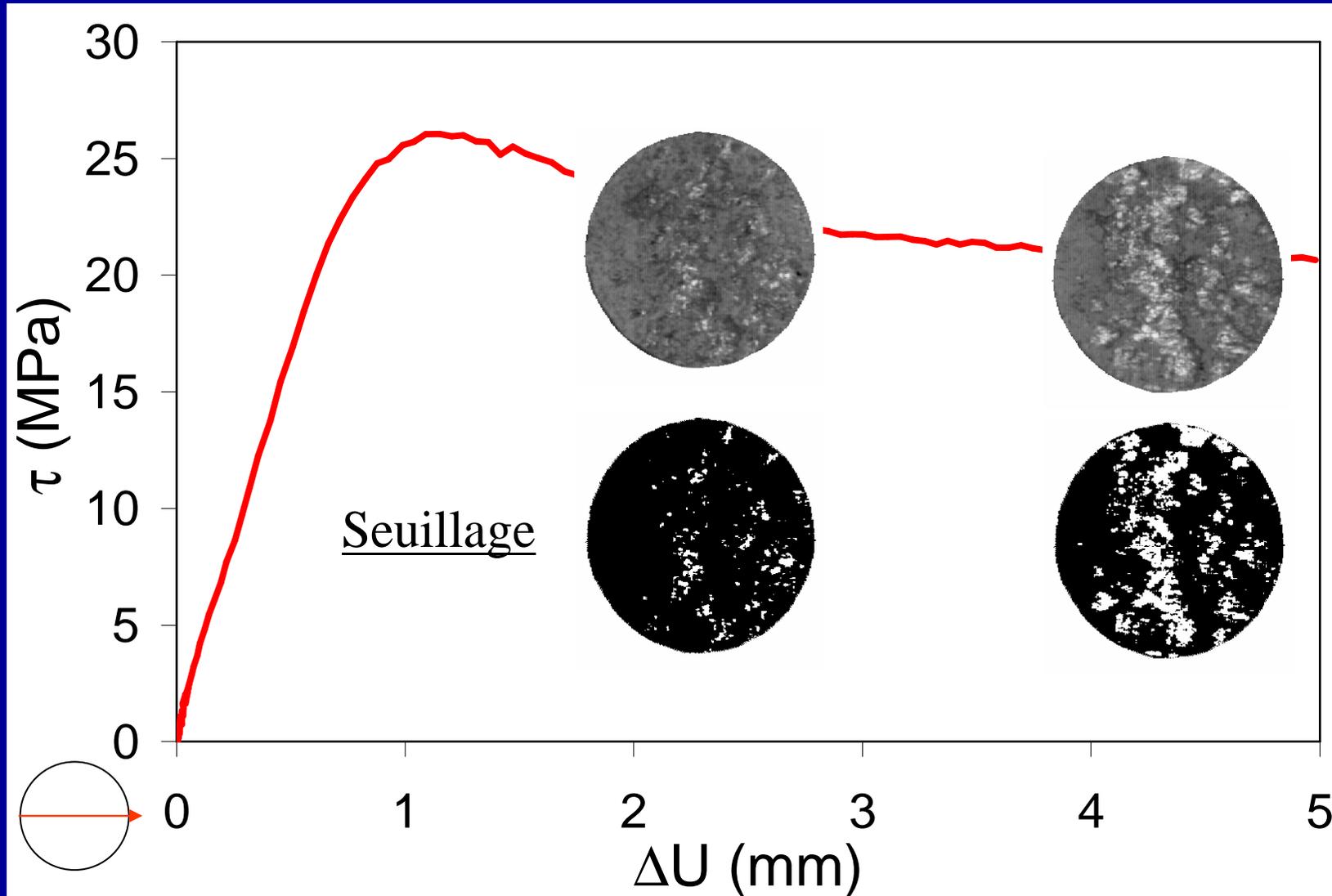
Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux

- Introduction.
- Applications de l'analyse d'images à :
 - la détermination des zones dégradées au cours du cisaillement,
 - l'évolution de l'espace des vides au cours du cisaillement.
- Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids.
- Conclusions et Perspectives.

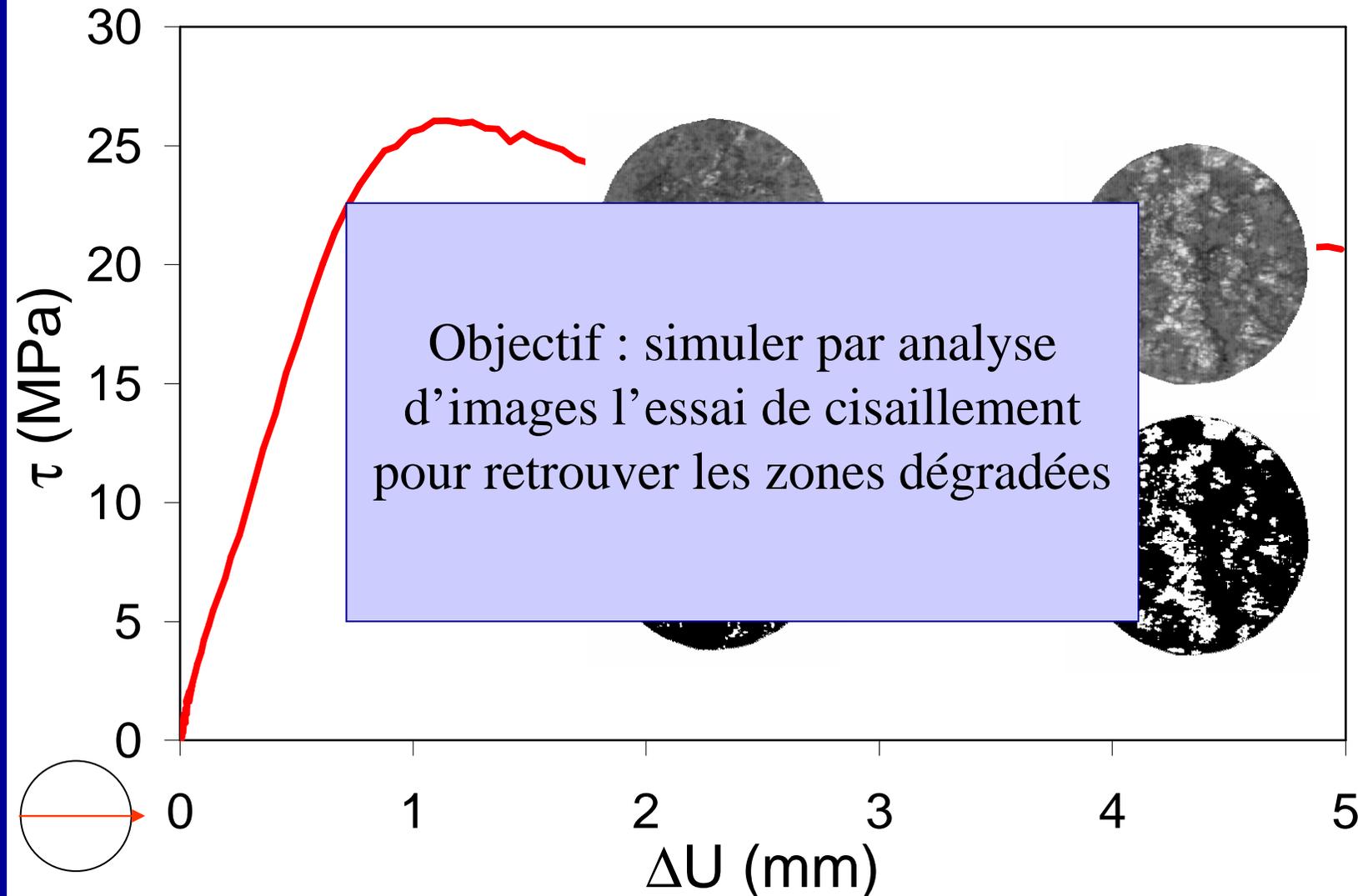
Essai de cisaillement sur discontinuité



Identification des zones dégradées expérimentalement ($\sigma_N = 21$ MPa)

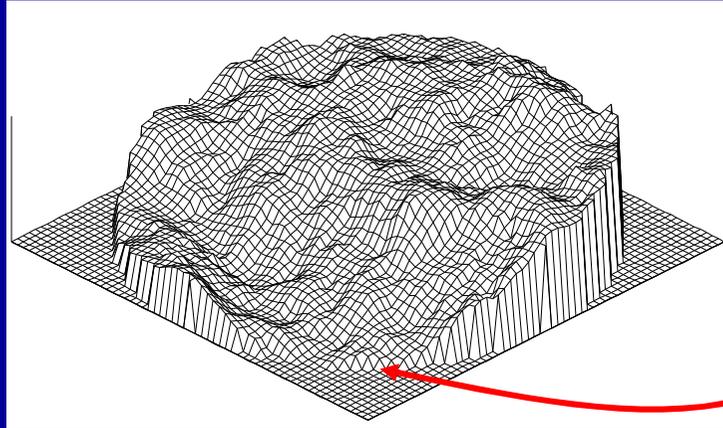


Identification des zones dégradées expérimentalement ($\sigma_N = 21$ MPa)

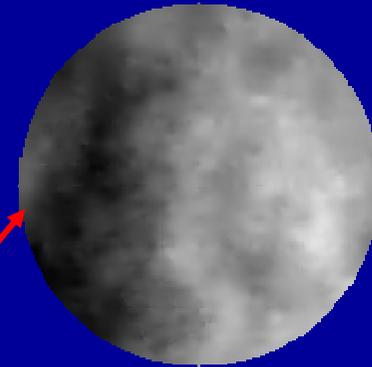


Données de départ

Eponte
inférieure

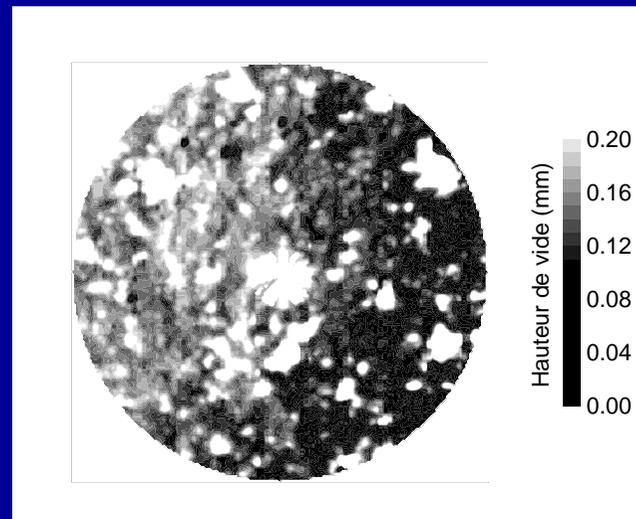


Reconstruction géostatistique



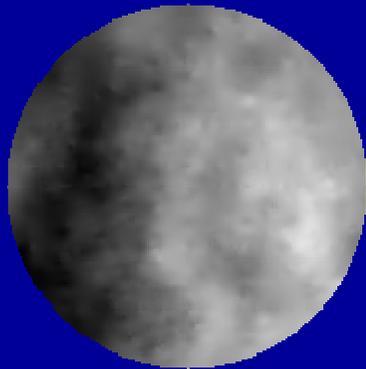
1 niveau de gris = $0,15 \mu\text{m}$

Espace des
vides

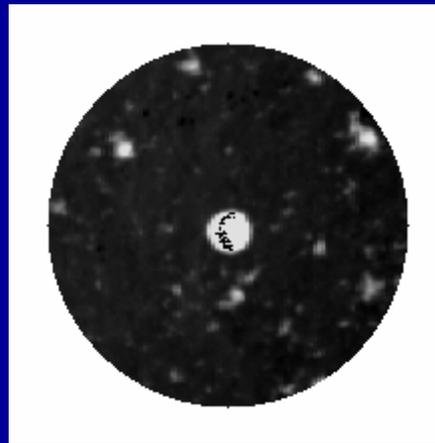
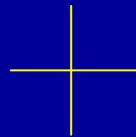


+ Courbe de fermeture
sous contrainte normale et
courbe de dilatance
(expérimentales ou
modélisées)

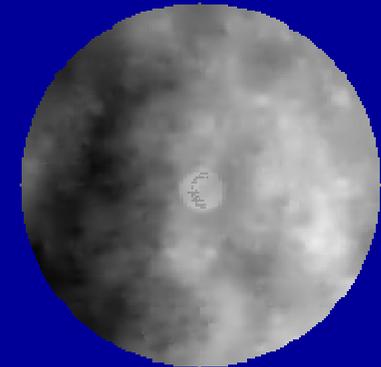
Simulation d'un essai de cisaillement par analyse d'images



Eponte inférieure



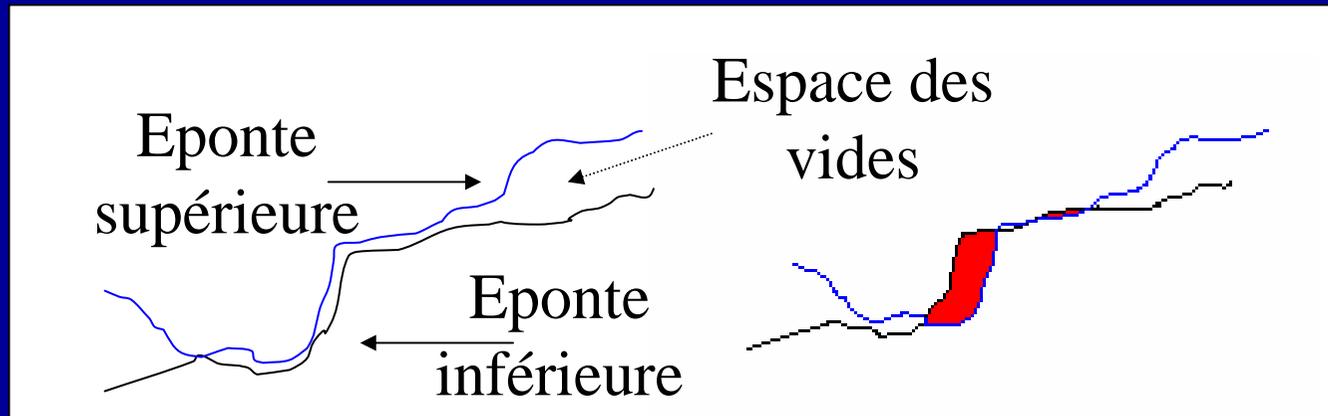
Espace des vides



Eponte supérieure

1 niveau de gris = $0,15 \mu\text{m}$

Principe de la simulation d'un essai de cisaillement par analyse d'images



Avant cisaillement

Après cisaillement

■ Zone
géométriquement
incompatible

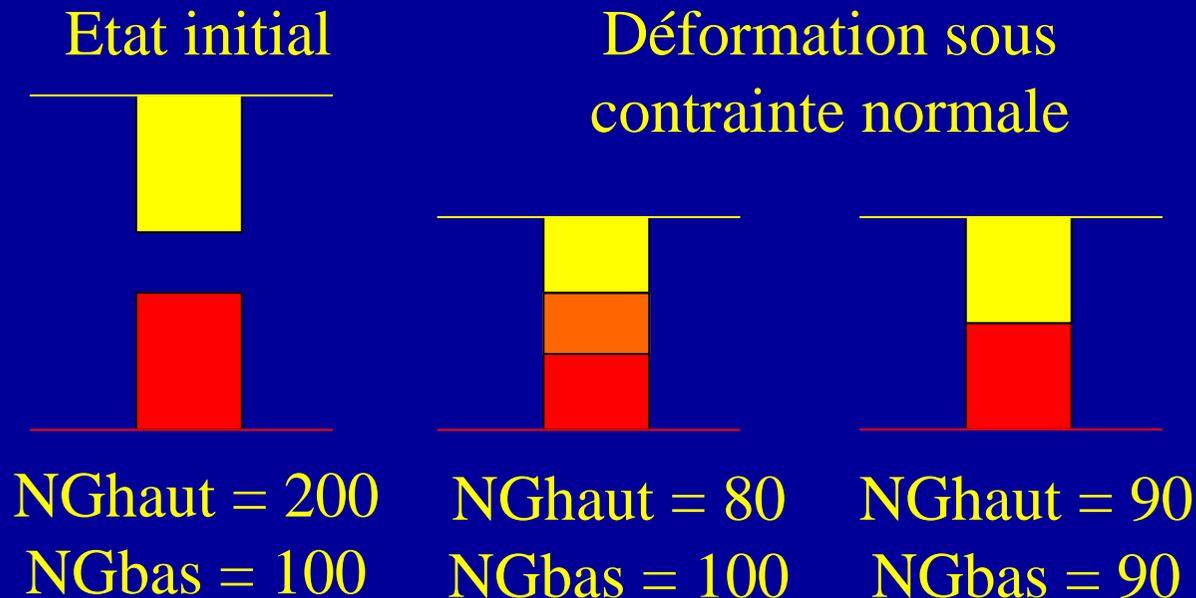
Etapes de la simulation d'un essai de cisaillement par analyse d'images

MECANIQUE

- Application de la contrainte normale
- Déformation sous contrainte normale

ANALYSE D'IMAGES

- Valeur de niveau de gris soustraite à l'éponte supérieure
- Calcul des niveaux de gris aux points en contact



Etapes de la simulation d'un essai de cisaillement par analyse d'images

MECANIQUE

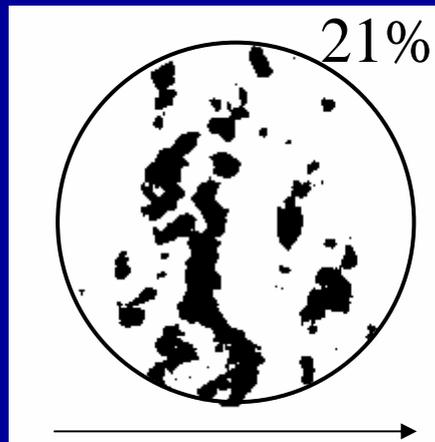
- Application de la contrainte normale
- Déformation sous contrainte normale
- Cisaillement :
 - Déplacement tangentiel
 - Dilatance
- Relâchement élastique des zones qui ne sont plus en contact
- Zones dégradées

ANALYSE D'IMAGES

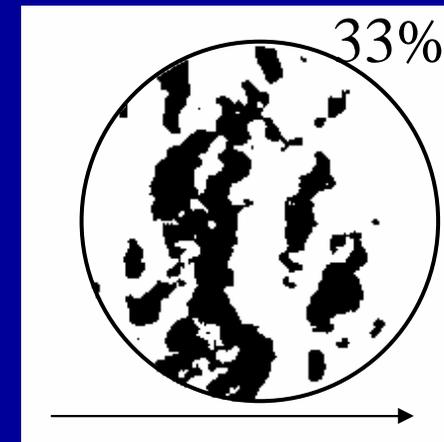
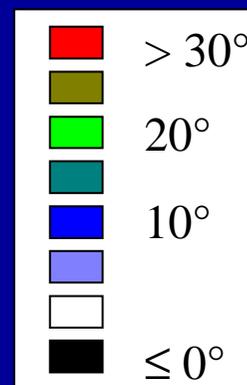
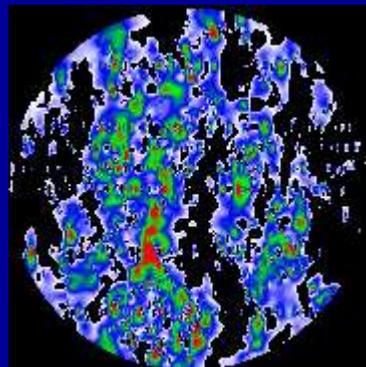
- Valeur de niveau de gris soustraite à l'éponte supérieure
- Calcul des niveaux de gris aux points en contact
- Cisaillement :
 - Translation de l'éponte supérieure
 - Valeur de niveau de gris ajoutée à l'éponte supérieure
- Recalcul des niveaux de gris en ces points
- Soustraction de l'éponte inférieure à l'éponte supérieure et seuillage

Résultats des simulations

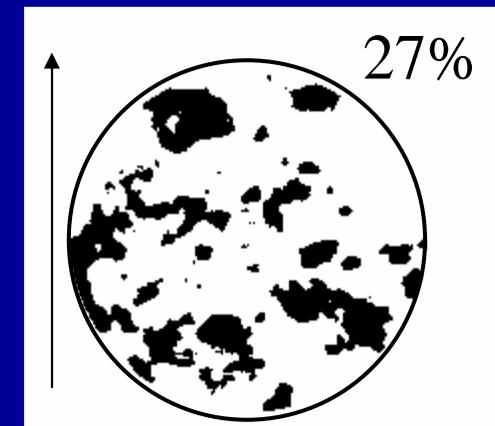
$$\Delta U = 5 \text{ mm}$$



$$\sigma_N = 7 \text{ MPa}$$



$$\sigma_N = 21 \text{ MPa}$$

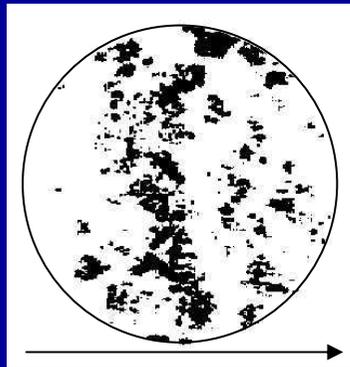


13/03/08

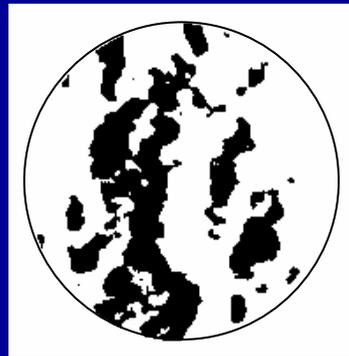
Colatitudes 2D

Validation

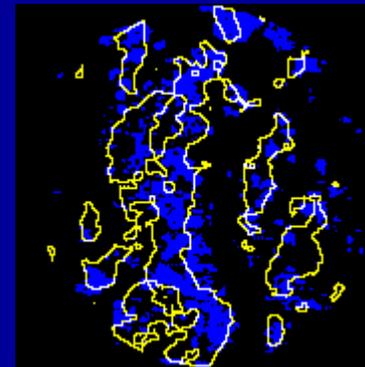
$$\sigma_N = 21 \text{ MPa}$$
$$\Delta U = 5 \text{ mm}$$



Zones dégradées



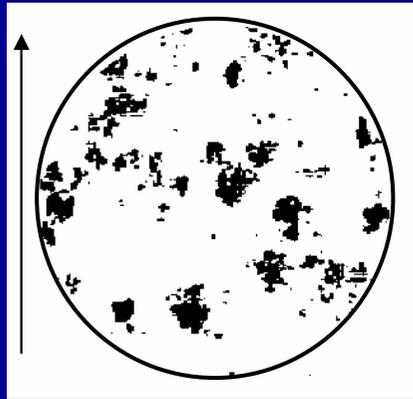
Simulation



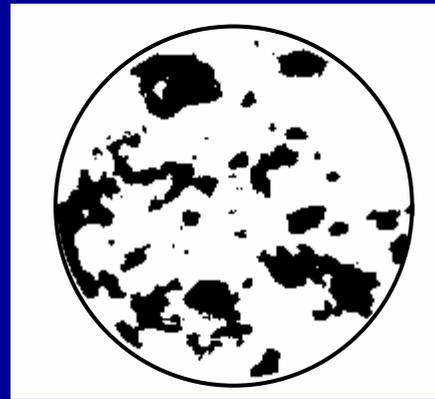
Superposition

Validation

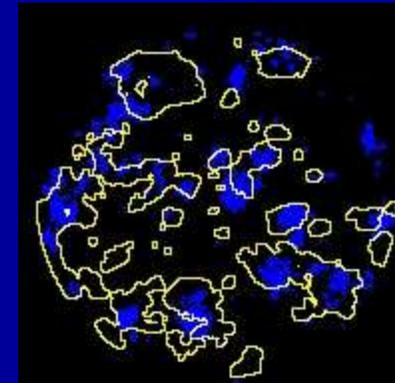
$$\sigma_N = 21 \text{ MPa}$$
$$\Delta U = 5 \text{ mm}$$



Zones dégradées



Simulation



Superposition

Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux

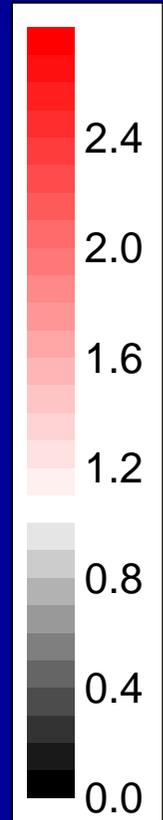
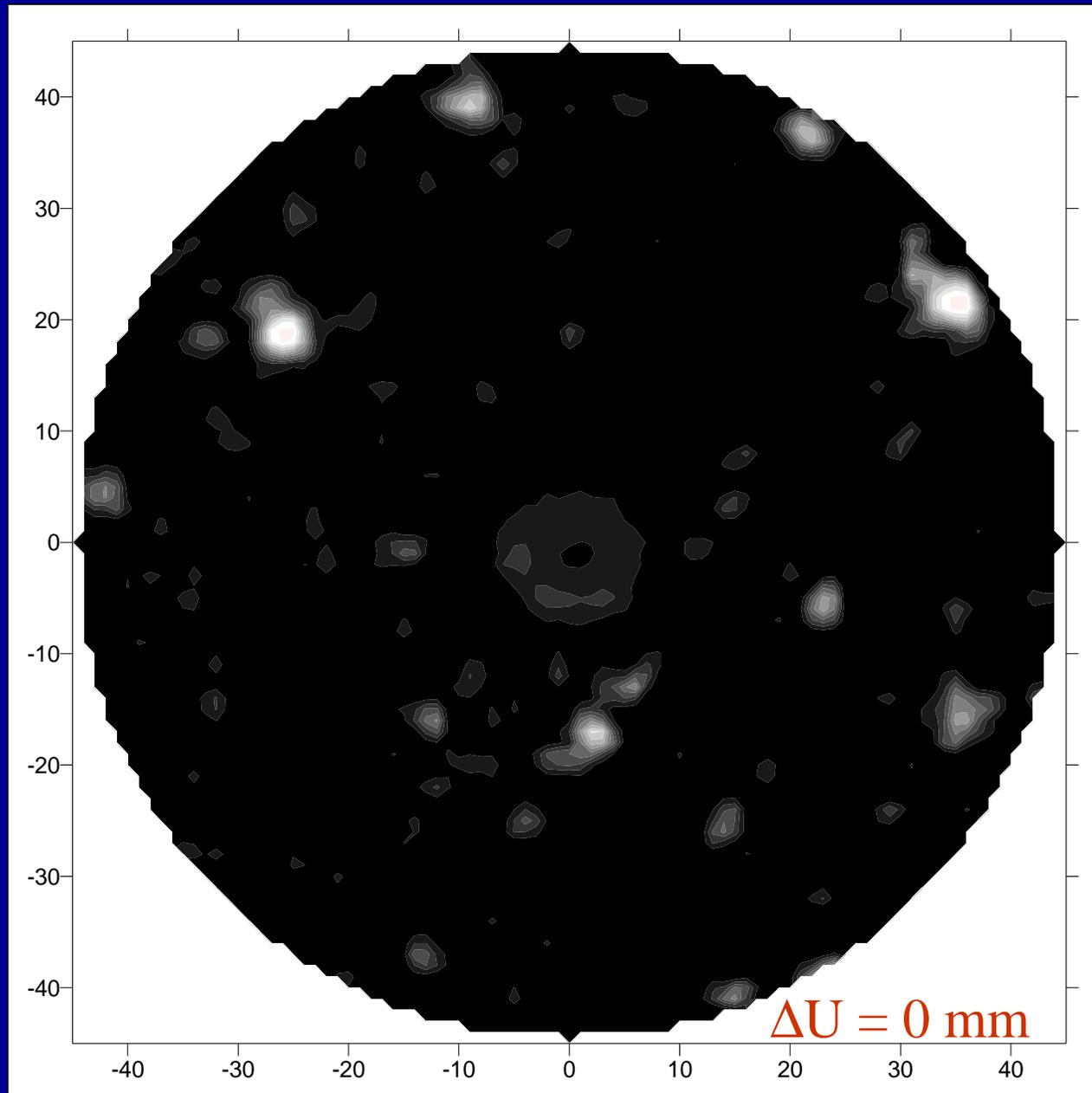
- Introduction.
- Applications de l'analyse d'images à :
 - la détermination des zones dégradées au cours du cisaillement,
 - l'évolution de l'espace des vides au cours du cisaillement.
- Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids.
- Conclusions et Perspectives.

Sens de
déplacement
de l'éponte
supérieure



$\sigma_N = 7 \text{ MPa}$

13/03/08



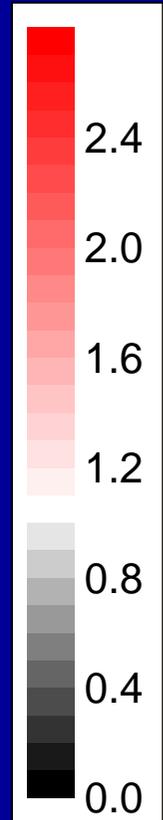
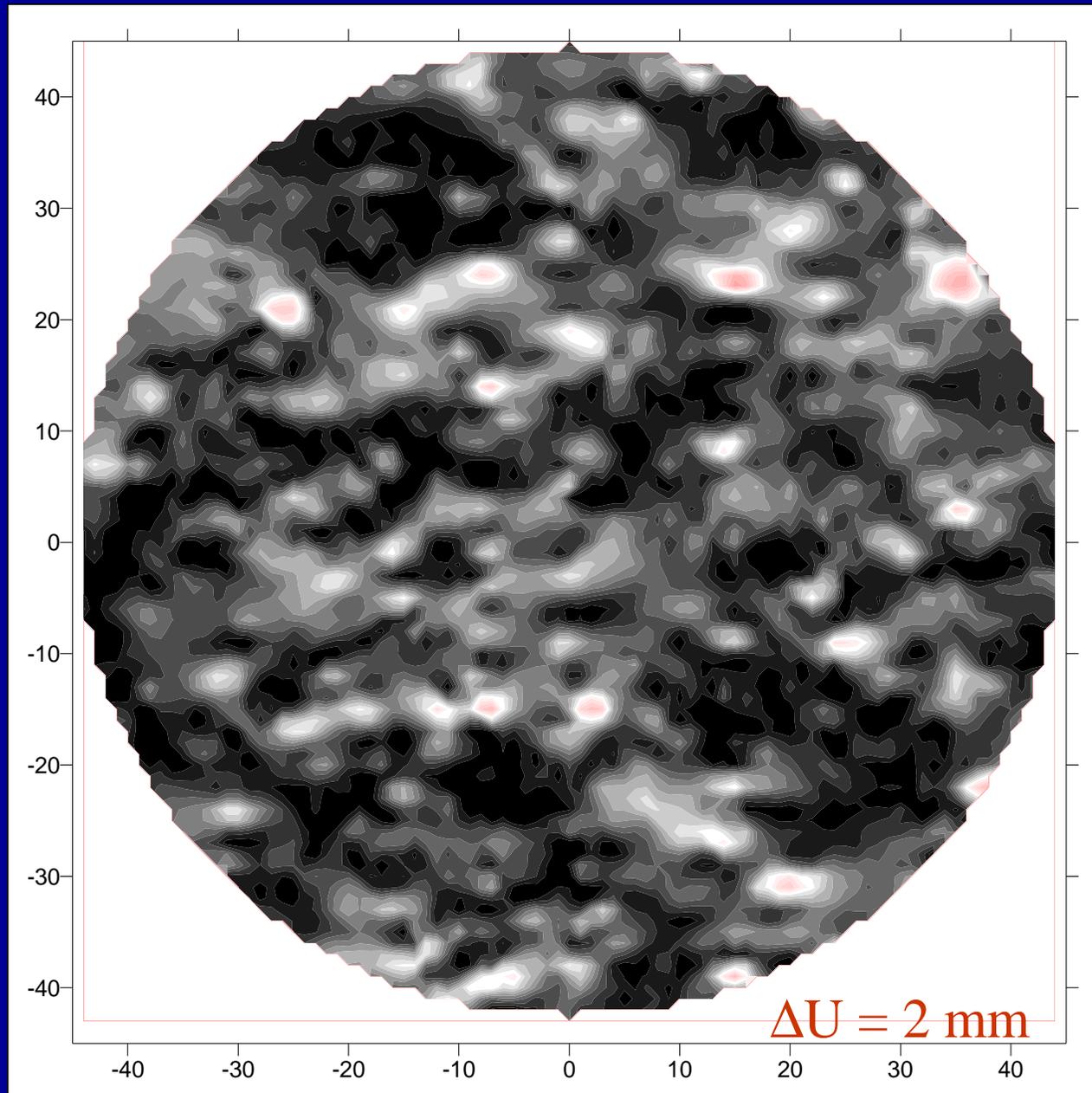
Hauteur
de vide
(mm)

Sens de
déplacement
de l'éponte
supérieure



$\sigma_N = 7 \text{ MPa}$

13/03/08



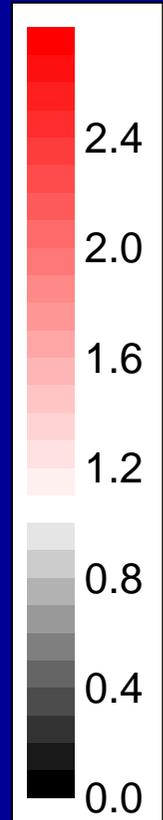
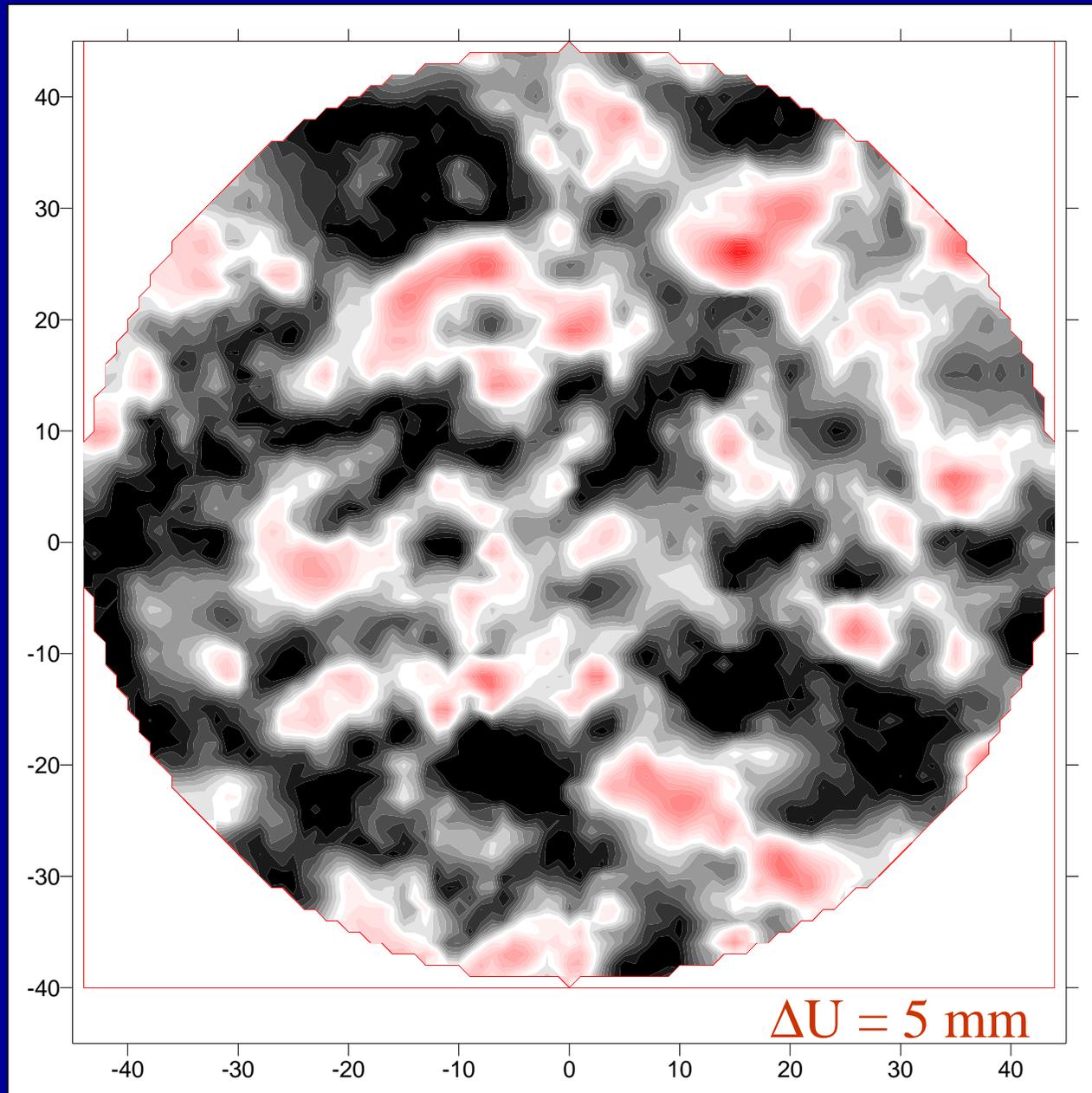
Hauteur
de vide
(mm)

Sens de
déplacement
de l'éponte
supérieure



$\sigma_N = 7 \text{ MPa}$

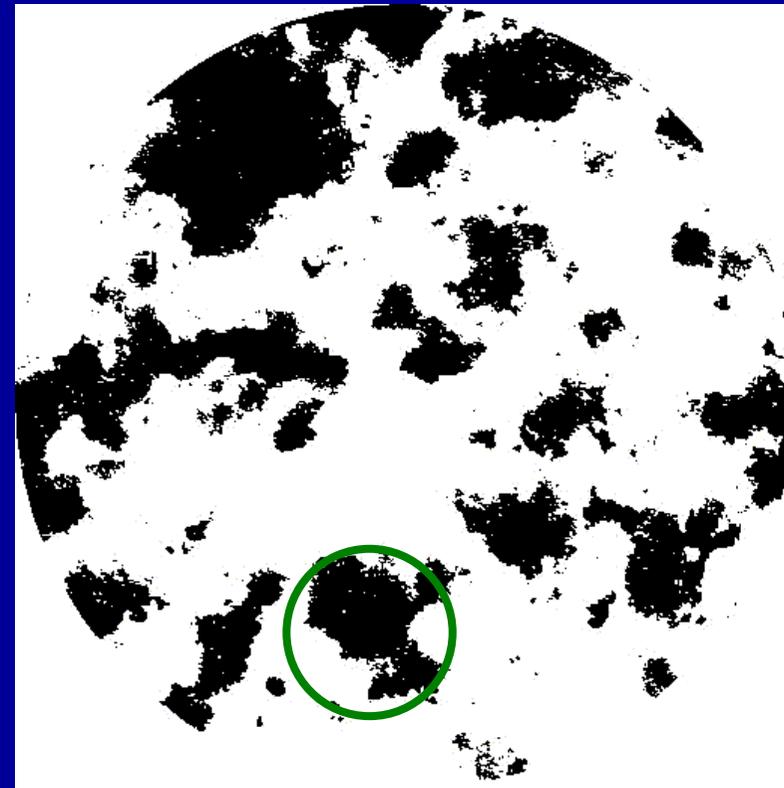
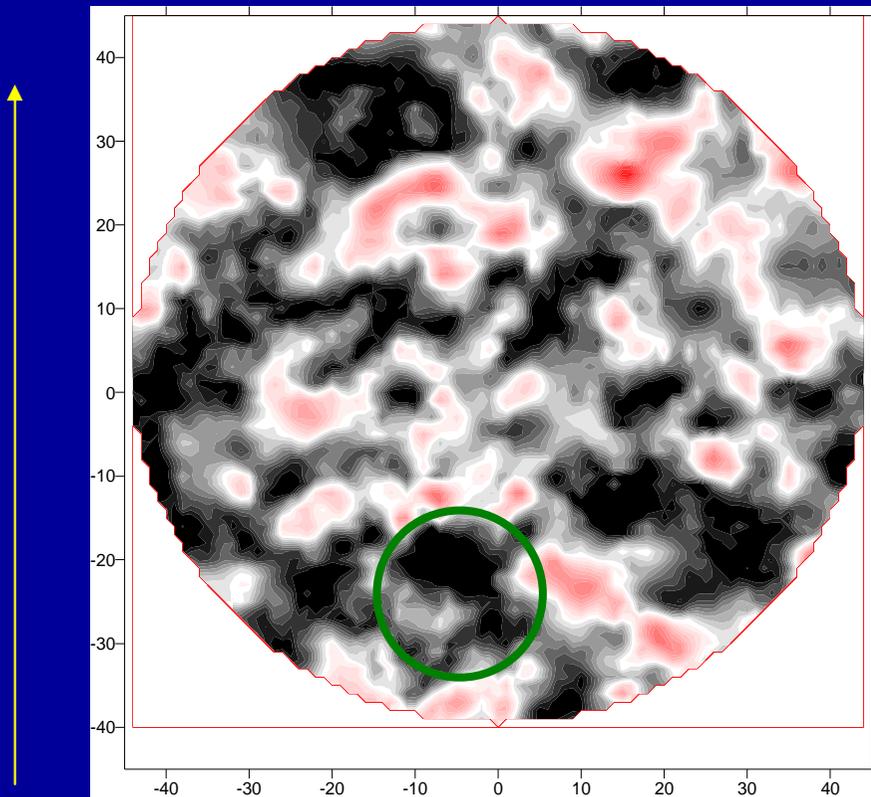
13/03/08



Hauteur
de vide
(mm)

Validation – Zones en contact

$$\sigma_N = 7 \text{ MPa}, \Delta U = 5 \text{ mm}$$

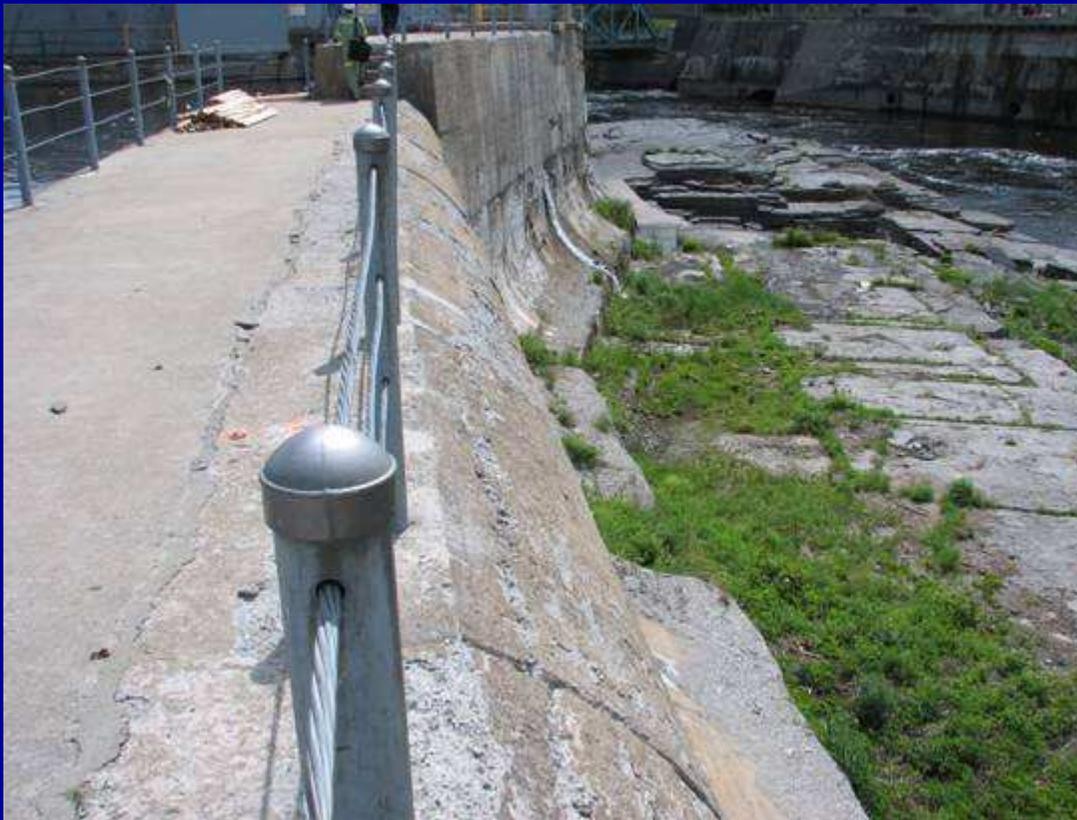


Zones en contact
expérimentales

Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux

- Introduction.
- Applications de l'analyse d'images à :
 - la détermination des zones dégradées au cours du cisaillement,
 - l'évolution de l'espace des vides au cours du cisaillement.
- **Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids.**
- Conclusions et Perspectives.

Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids

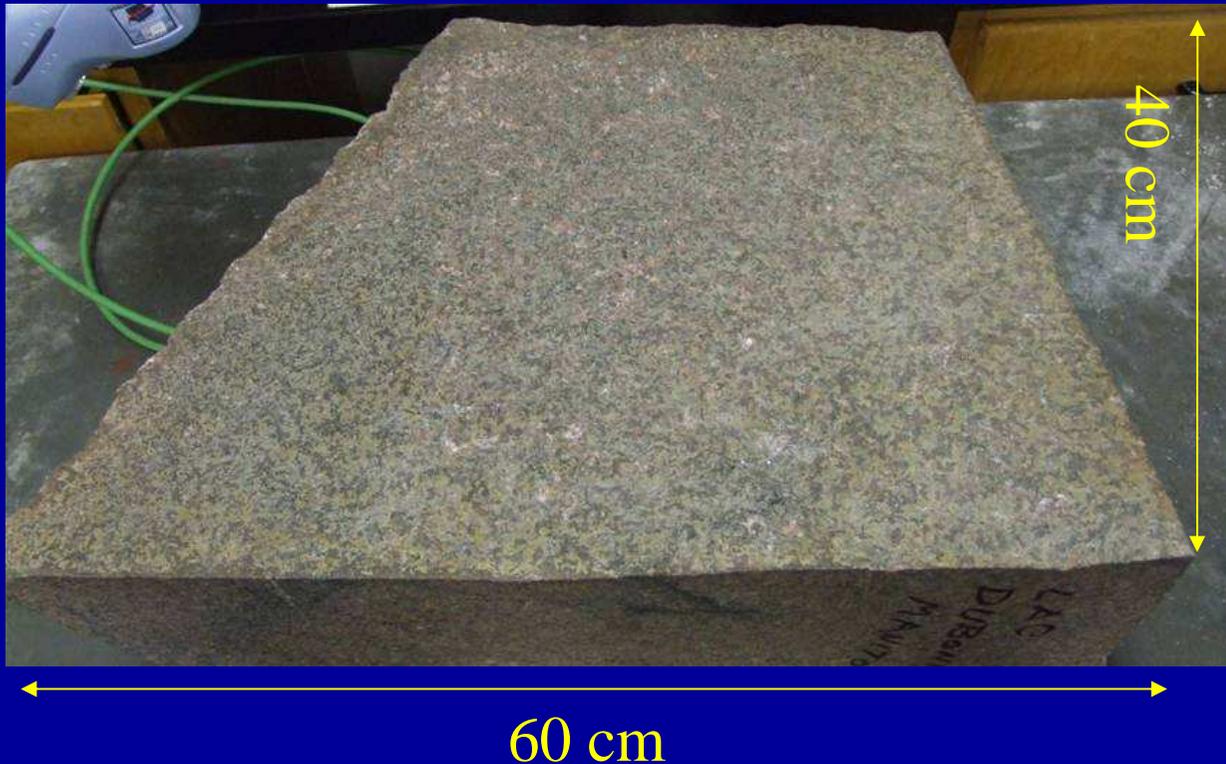


Barrage de Hull2, Québec

- Barrages poids anciens non construits avec les normes actuelles.
- Les fondations n'ont pas toujours été réalisées avec la rigueur actuelle.
- Nécessité d'expertiser les fondations des barrages anciens.

Thèse B. Rousseau, 2006-2009

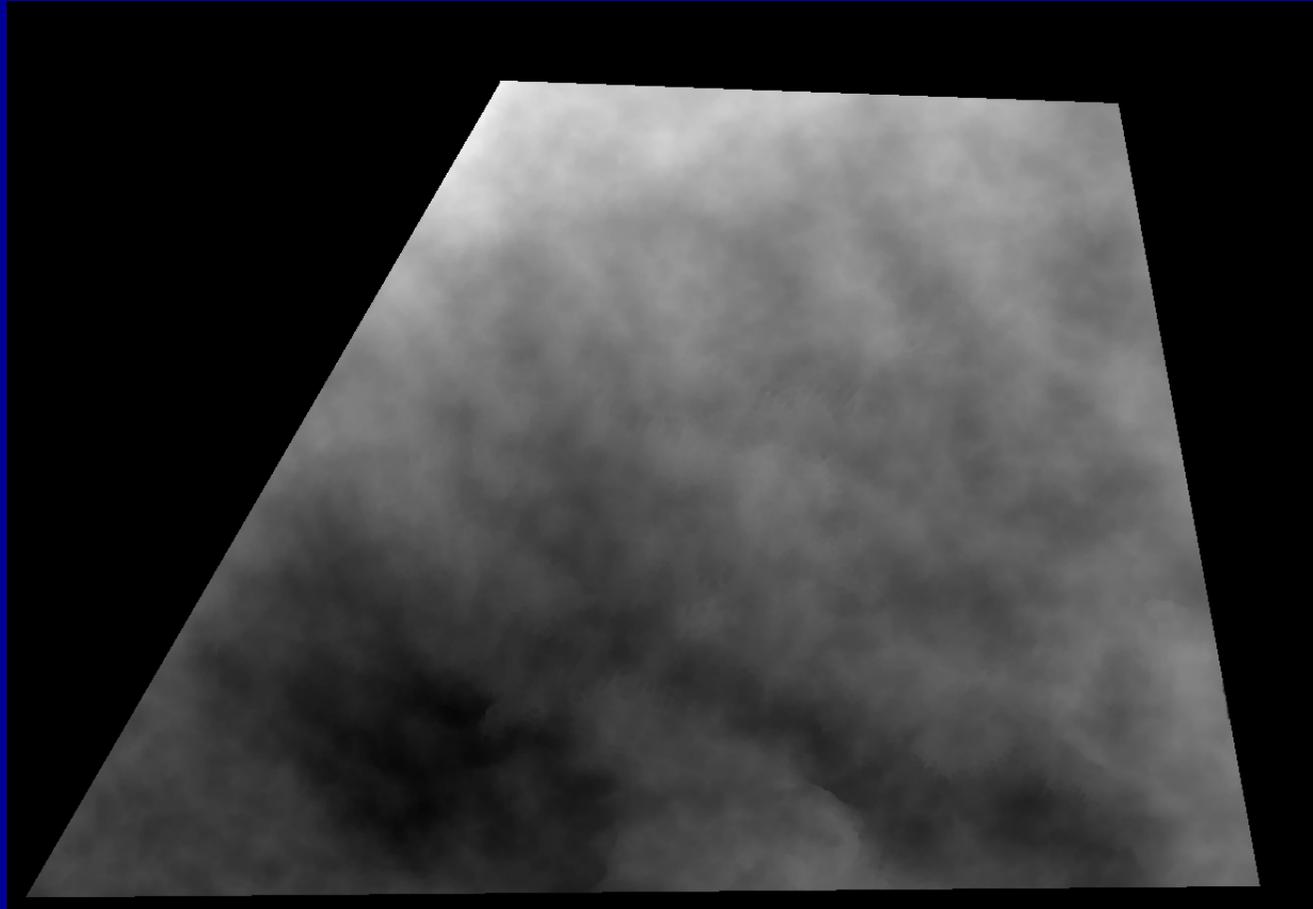
Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids



Bloc de granite rose de Sainte Marguerite

- Coulage de béton aux caractéristiques connues : simulation d'une fondation de barrage
- Essais de cisaillement sur interfaces roche-béton

Etude du bloc de granite



1 niveau de gris = $0,61 \mu\text{m}$

Etude du bloc de granite

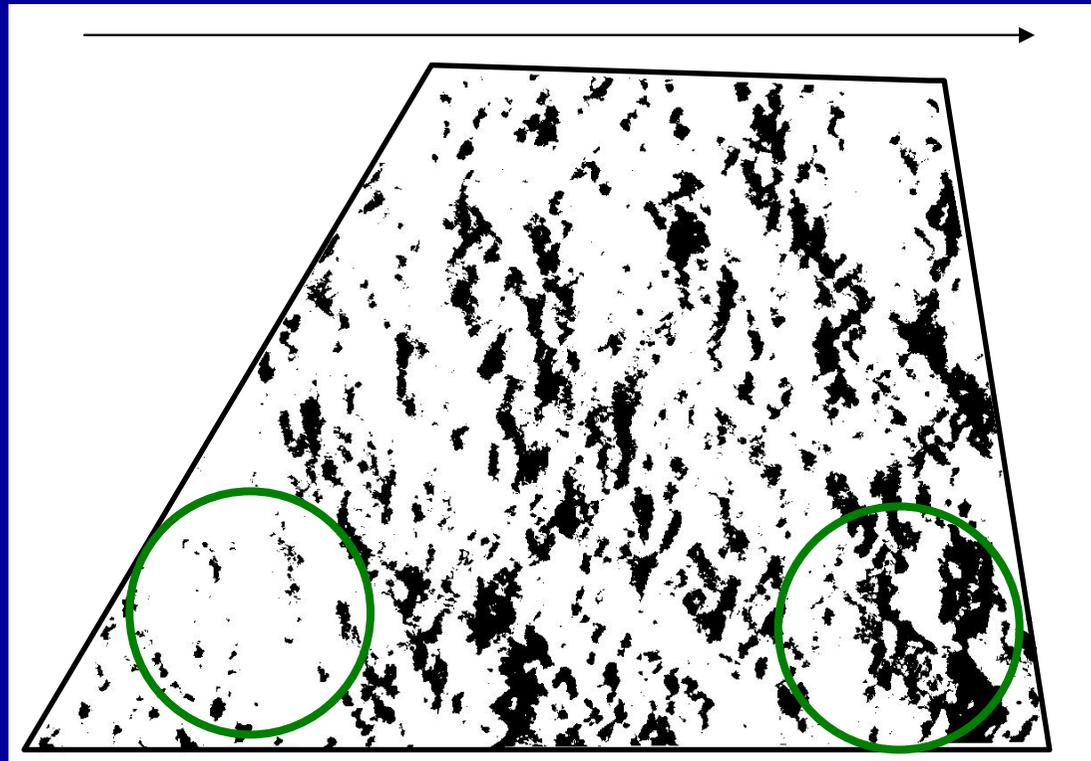
Simulation des zones dégradées sous
contrainte normale nulle et sans
espace des vides

Courbe de dilatance issue de la
bibliographie

Objectif : choix des zones à carotter

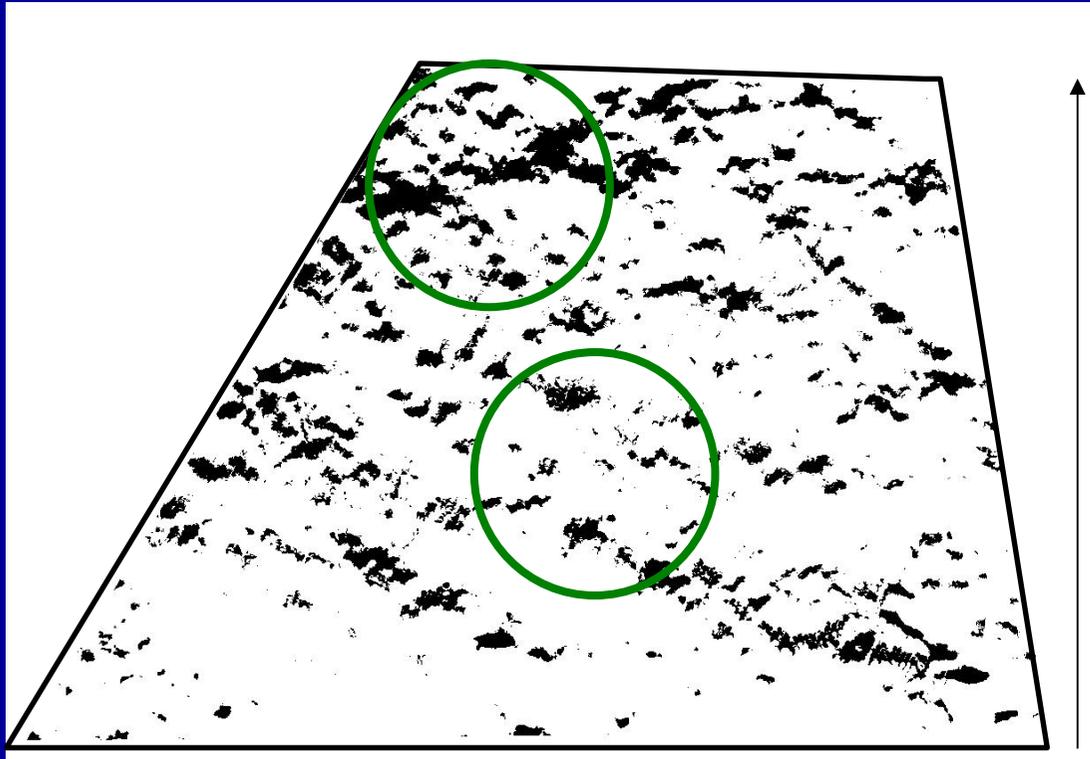
1 niveau de gris = $0,61 \mu\text{m}$

Résultats - $\Delta U = 5 \text{ mm}$



13/03/08

Résultats - $\Delta U = 5 \text{ mm}$



13/03/08

Apports de l'analyse d'images à la compréhension du comportement en cisaillement de joints rocheux

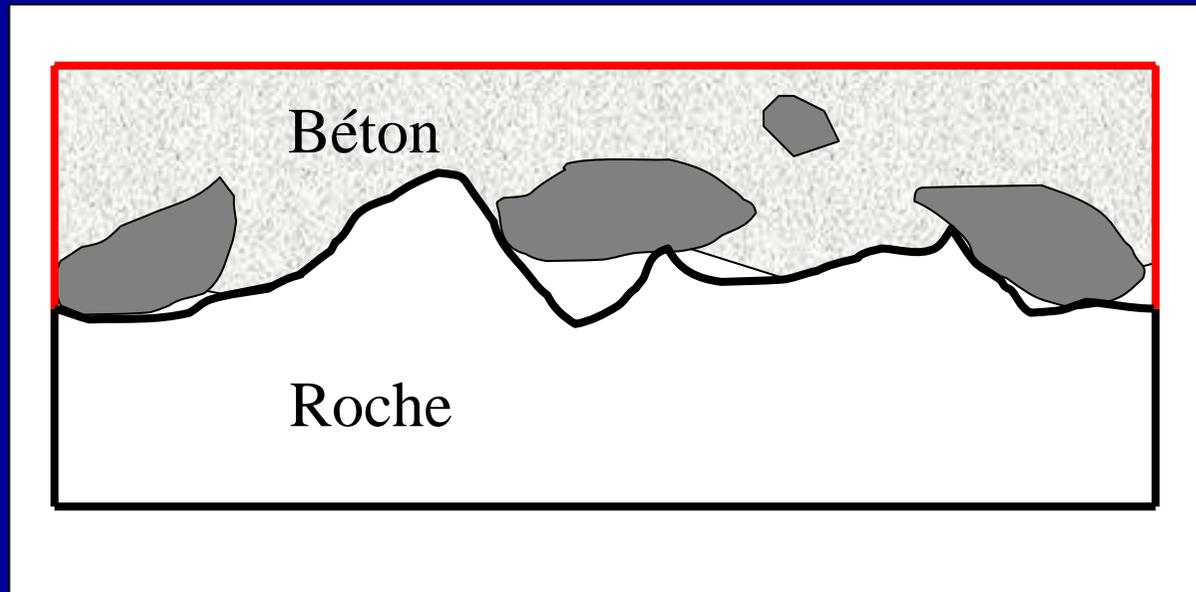
- Introduction.
- Applications de l'analyse d'images à :
 - la détermination des zones dégradées au cours du cisaillement,
 - l'évolution de l'espace des vides au cours du cisaillement.
- Application à la résistance au cisaillement des fondations de barrages poids.
- **Conclusions et Perspectives.**

Conclusions

- Analyse d'images :
 - Localisation des zones dégradées au cours du cisaillement,
 - Evolution de l'espace des vides.
- Importance en terme de circulation de fluides au sein des fractures et de résistance au cisaillement.

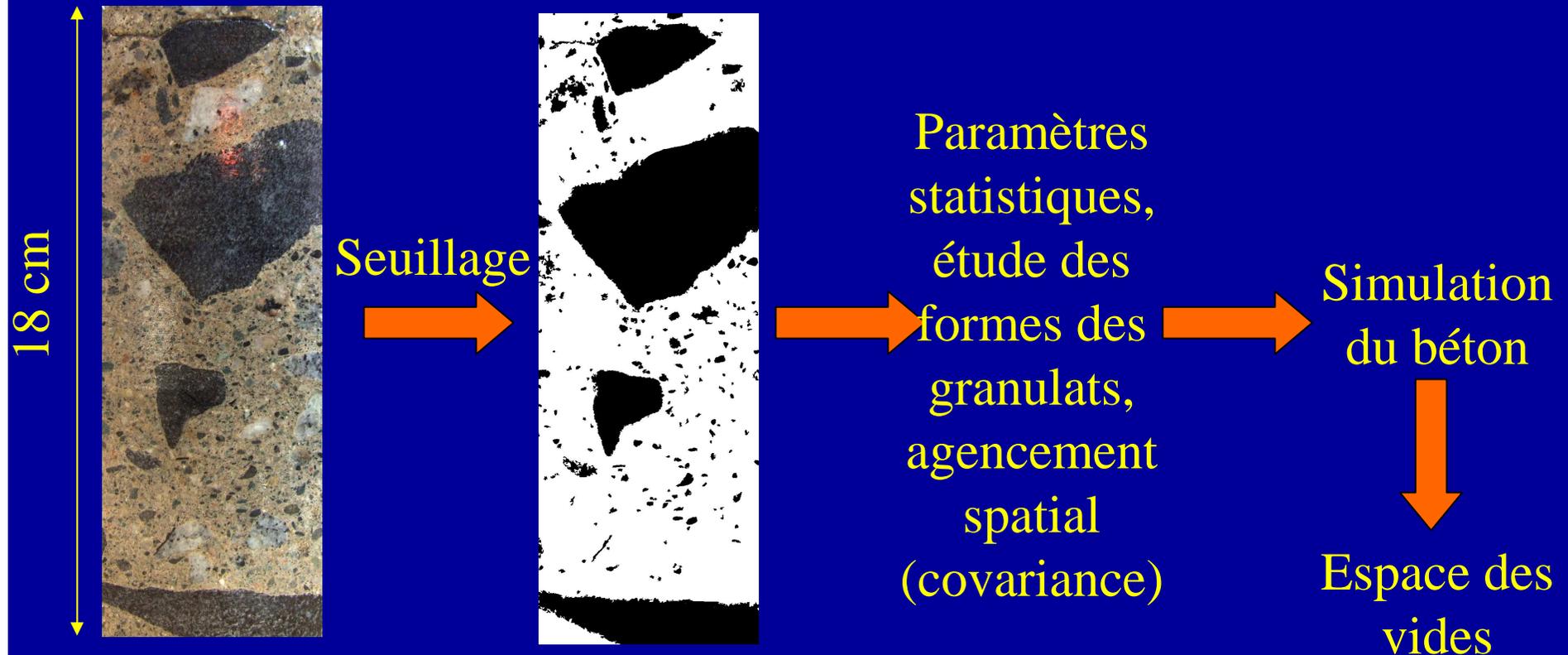
Perspectives - Court terme

Interface roche-béton



Perspectives – Court terme

Interface roche-béton



Perspectives

- Estimation de la résistance au cisaillement au pic et résiduelle des interfaces roche-béton.
- Optimisation des travaux de confortement des fondations de barrage.