

**De la particule au comportement des matériaux  
granulaires: les pistes tracées par J. Biarez.  
Ou en est-on ??**

**JEAN BIAREZ**

Ingénieur des Arts et Manufactures  
Maitre de Conférence à la Faculté des Sciences

---

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES  
DES SOLS ET DES MATÉRIAUX  
PULVÉRULENTS

**B. Cambou – antérieurement LTDS-ECL, actuellement INRETS**

## Quelques dates, les idées transmises par J. Biarez

- *1972: Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle: « Influence de la forme et de la dimension des particules sur le comportement des matériaux pulvérulents ». U Grenoble, encadrement : J. Biarez*
- *1972 – 1974 : « Mesure du frottement local des blocs d'enrochements »: UNAM, Mexico, encadrement R. Marsal*
- *1979: Thèse d'état: « Approche du comportement d'un sol considéré comme un milieu discontinu », U. de Lyon, J. Biarez*
- *Plus tard: les bases de l'homogénéisation statistique dans les matériaux granulaires, ....*

### Les idées transmises par J. Biarez

- *L'objectif essentiel: comprendre le comportement des milieux granulaires lié à sa nature discrète, le modéliser.*
- *Application importante: le comportement des barrages en enrochements*
- *La difficulté: bien identifier les phénomènes locaux qui pilotent le comportement puis proposer une technique de changement d'échelle.*

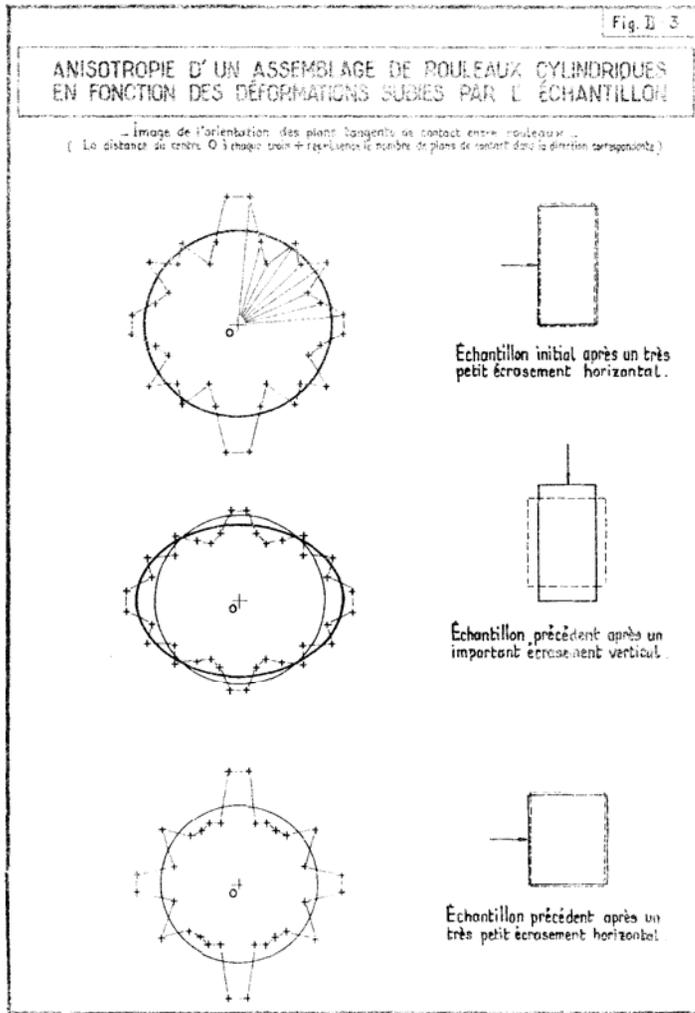
Le comportement à l'échelle du grain et les interactions locales pilotent le comportement à l'échelle du volume élémentaire représentatif : VER

Quelles sont les phénomènes pilotes à l'échelle locale:

Quelques pistes identifiées par J. Biarez

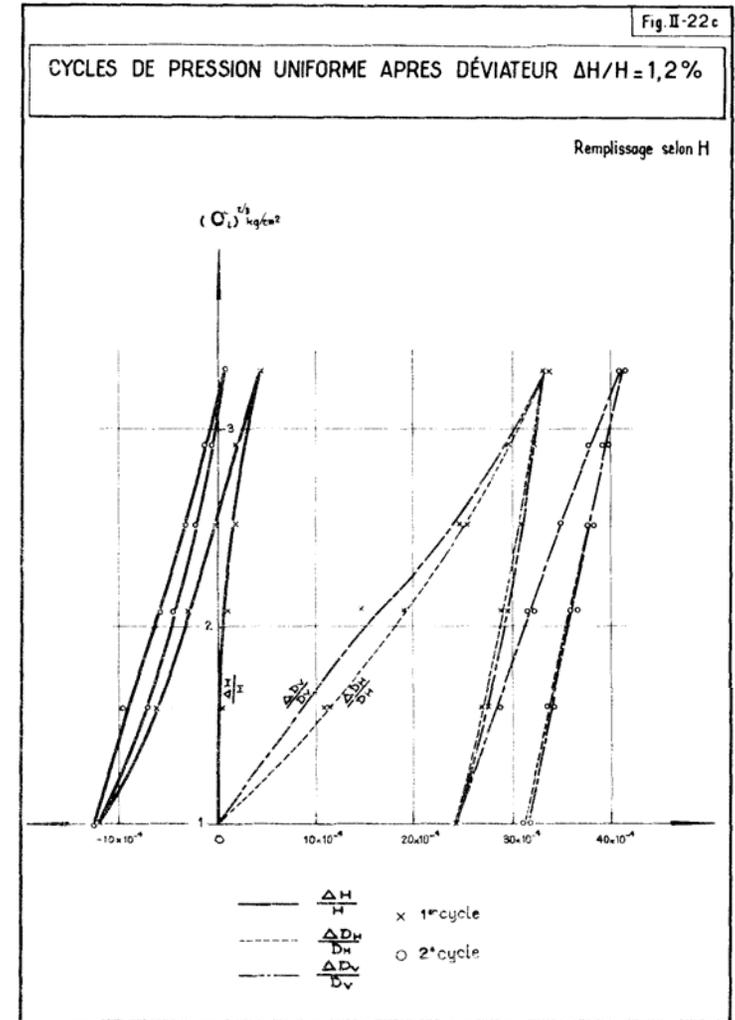
- L'anisotropie
- L'orientation des forces de contacts dans le repère du contact local
- L'arrangement local
- La rupture des particules

# L'anisotropie (thèse J.B.)



Assemblage de rouleaux cylindriques

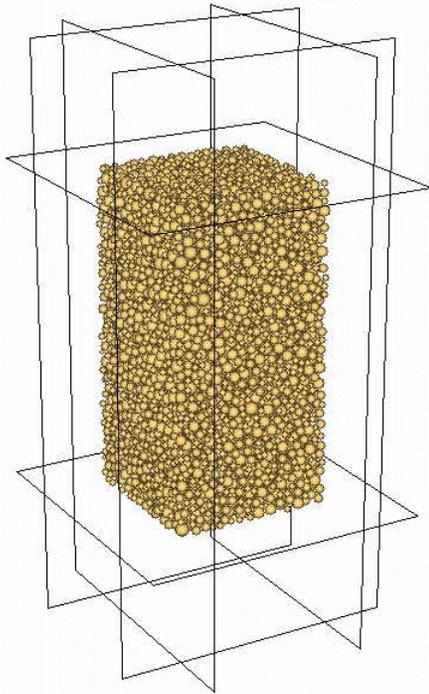
$$A = (b-a)/(b+a)$$



Essais isotrope sur sable

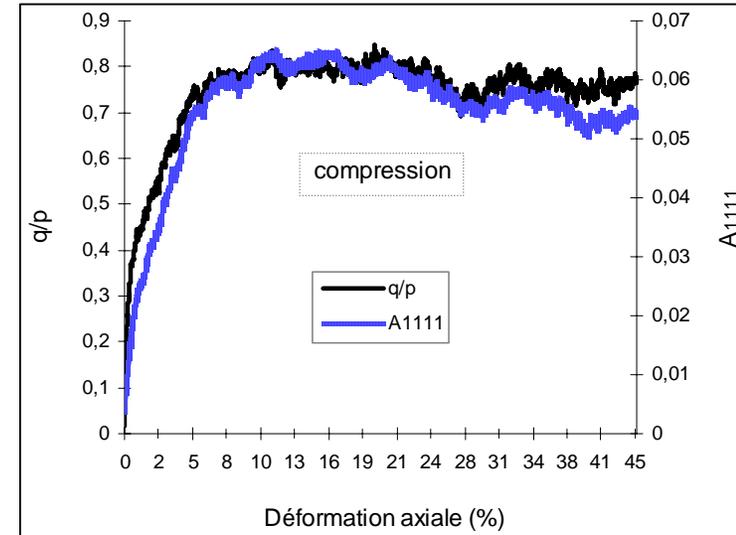
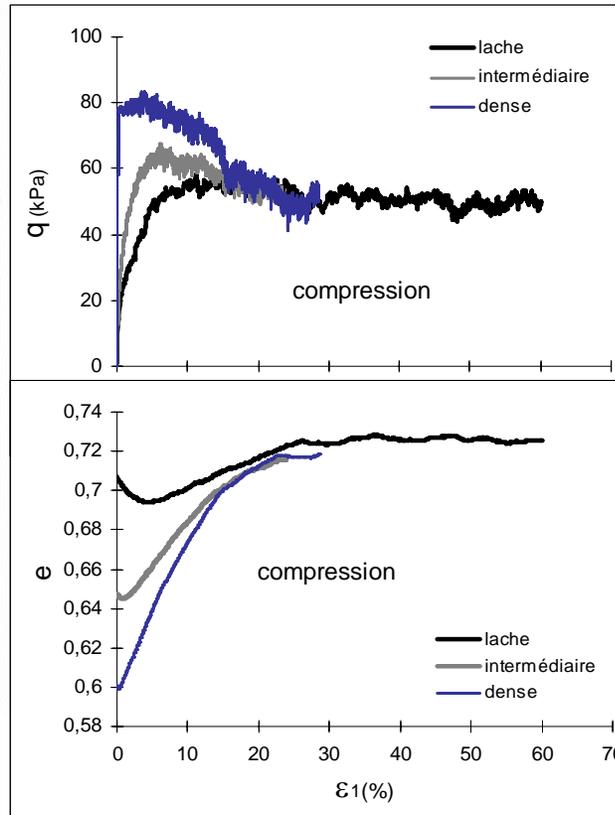
# Anisotropie liée à l'arrangement

## Thèse Yuannis Yunus



8000 sphères:

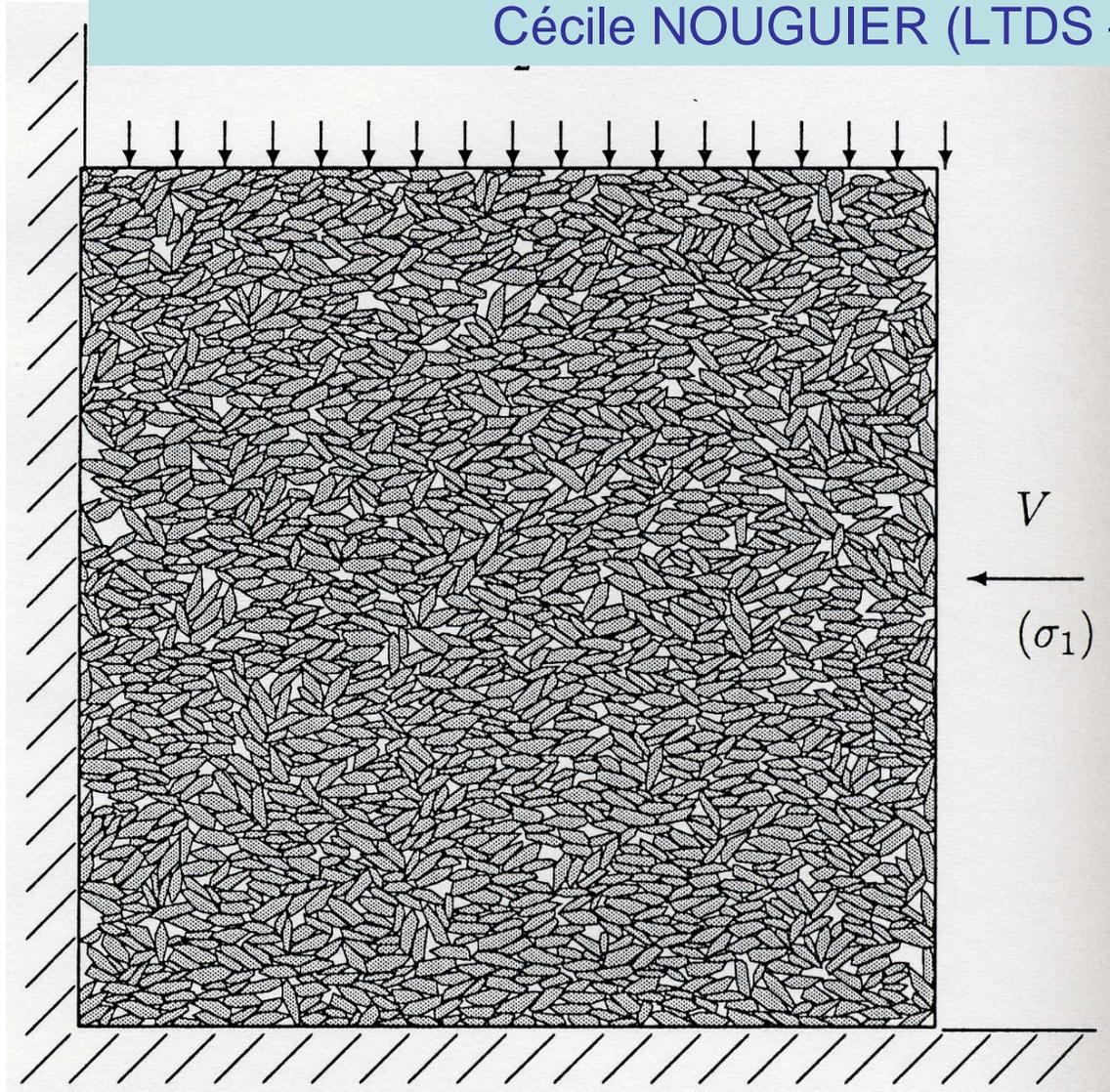
1-3 mm



**Particules sphériques 3D:  
Anisotropie et  
comportement mécanique:  
une corrélation étonnante !!**

# Anisotropie dans le cas de particules non sphériques

Cécile NOUGUIER (LTDS – ECL)



Modélisation  
numérique:

Contact  
Dynamics (J.J.  
Moreau)

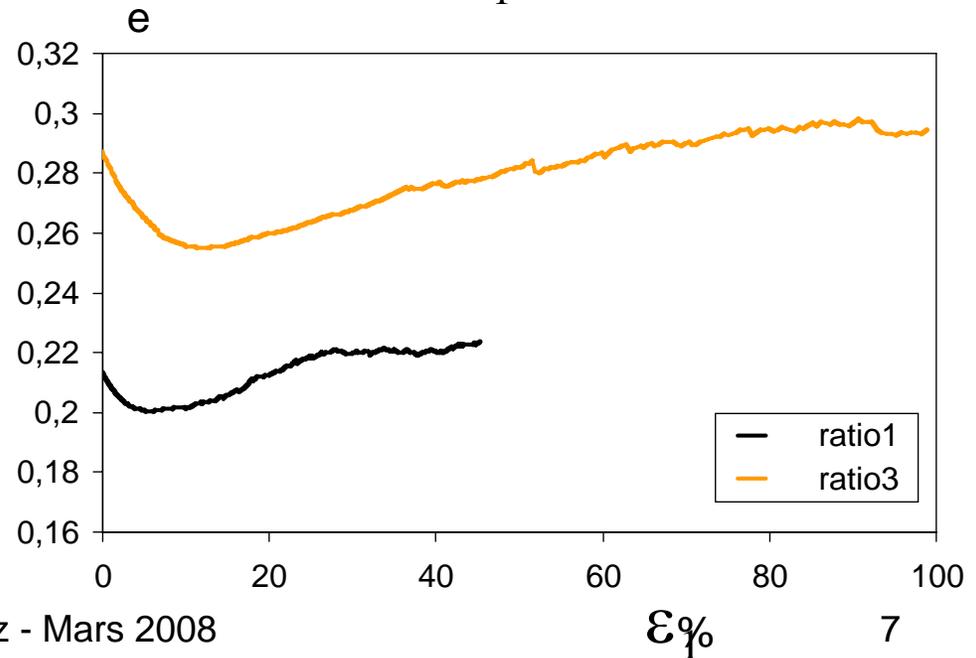
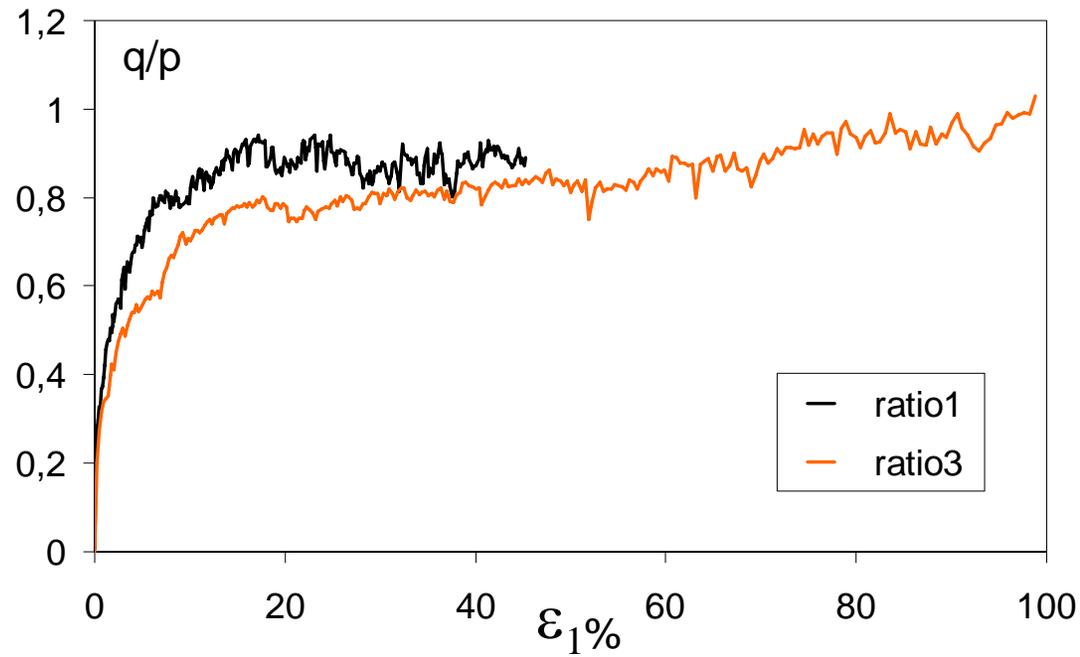
Global behavior obtained in a biaxial test for the two materials in a loose state



$R_a = 1$



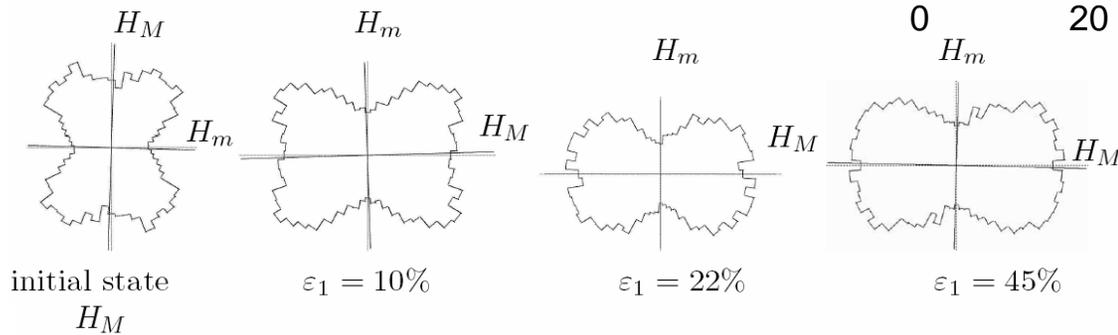
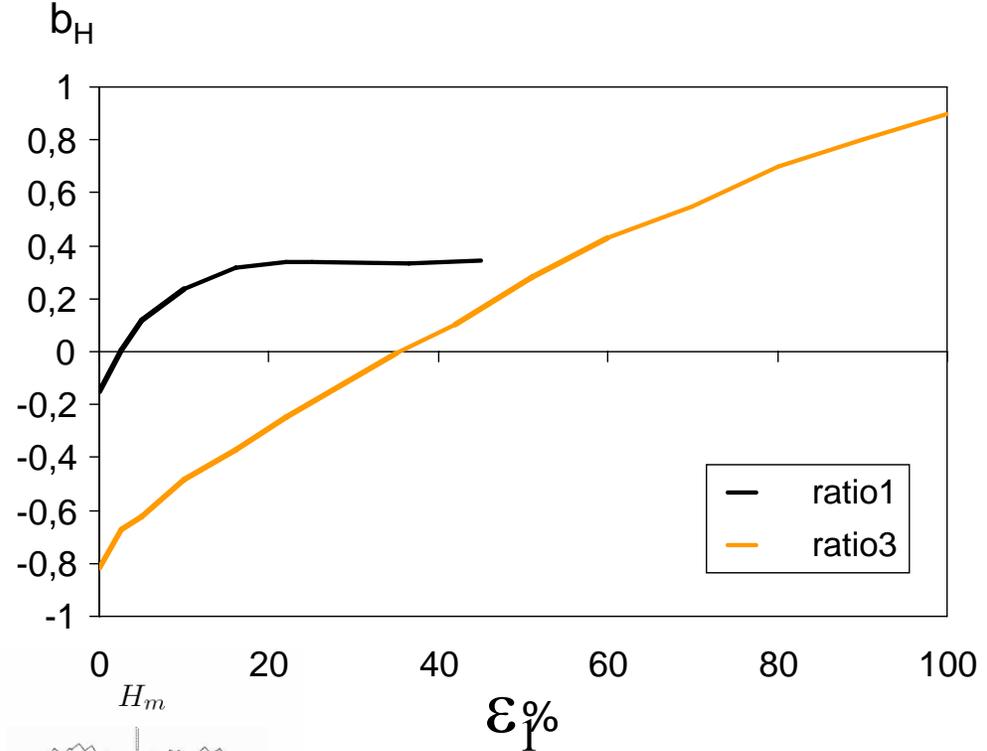
$R_a = 3$



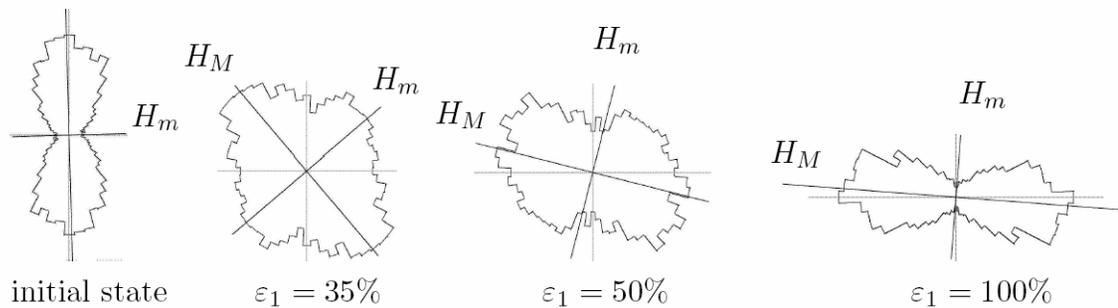
# Evolution de l'anisotropie mesurée par le tenseur de structure H

$$H_{ij} = \langle n_i n_j \rangle$$

$$b_H = 2 (H_1 - H_2) / (H_1 + H_2)$$



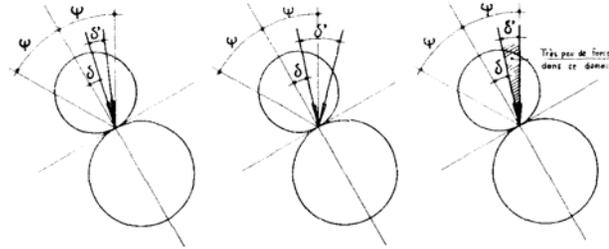
Ratio 1



Ratio 3

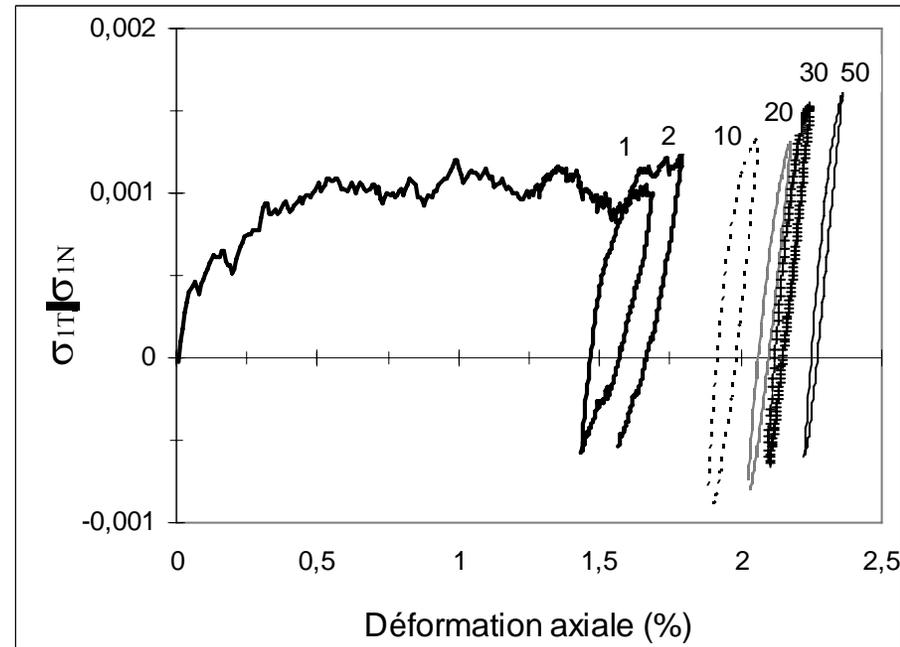
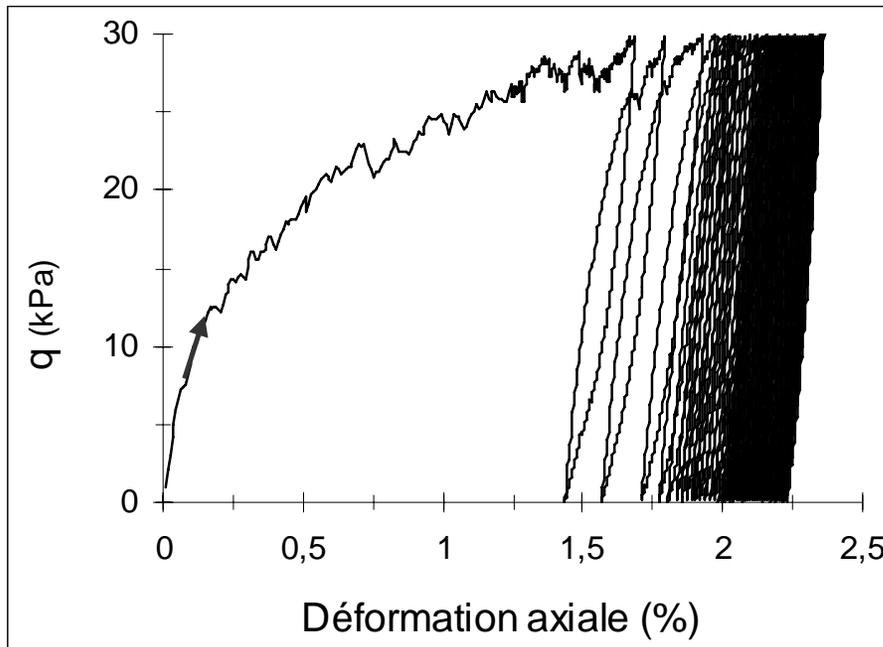
# L'orientation de la force de contact dans le repère local

Thèse J.B.

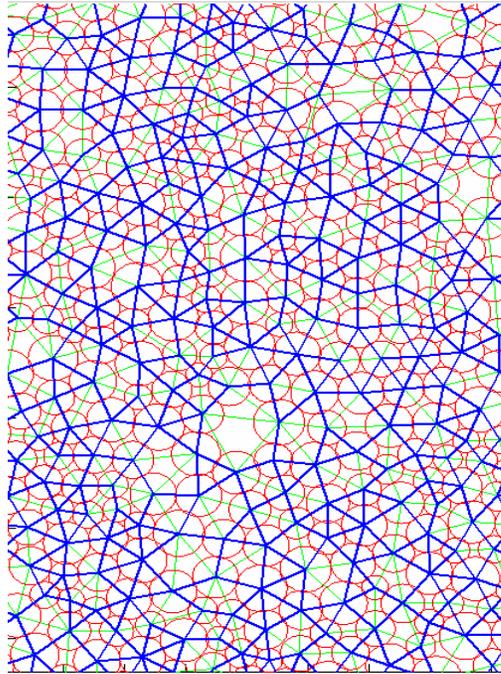


$$\sigma_{ij} = \sum F_i l_j$$

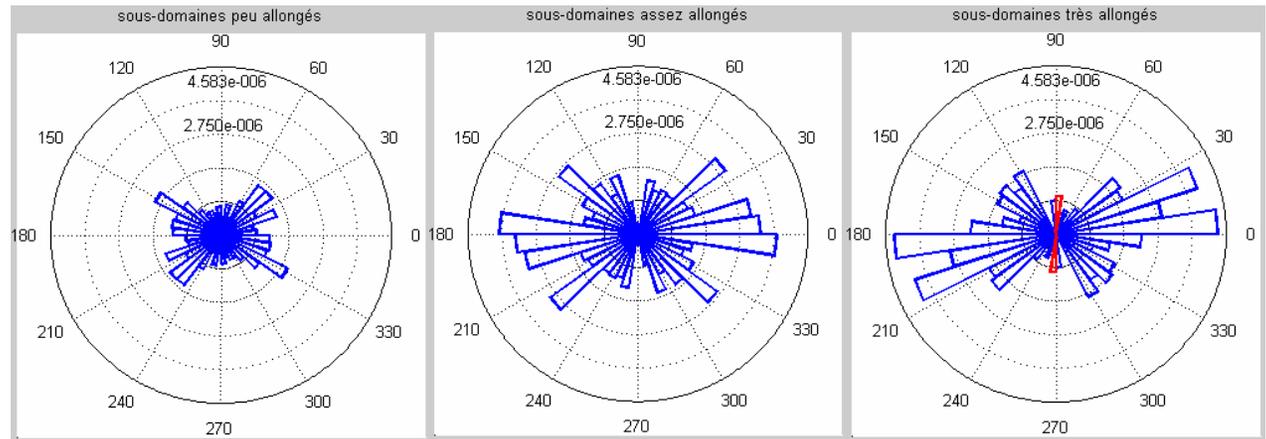
Figures II-8 II-9 II-10



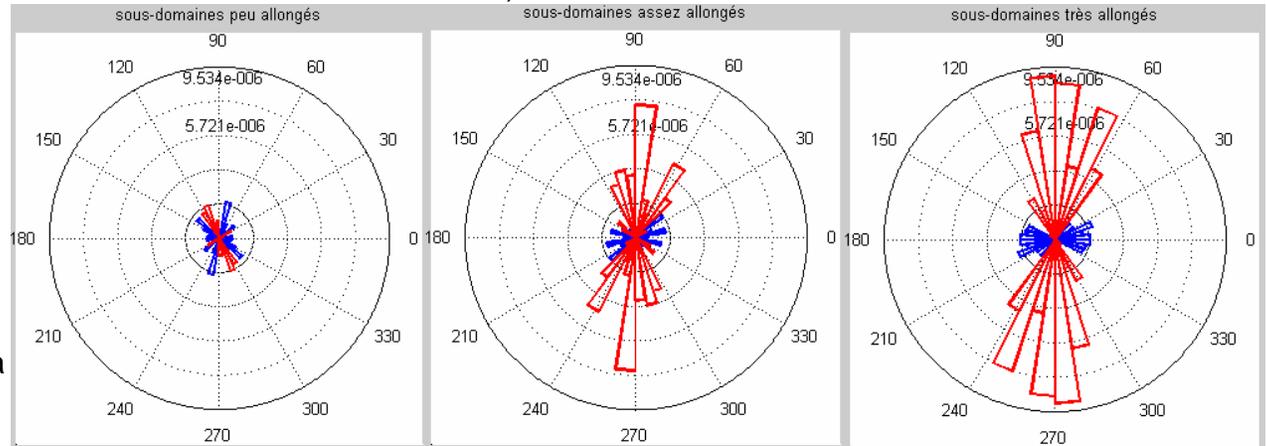
# L'arrangement local (thèse Nghuien Son)



Partition d'un 2D assemblage granulaire à



a) zone de



b) zone de dilataance

Figure2 : Contribution de l'orientation des sous-domaines à la déformation volumique macroscopique pour 3 groupes des sous-domaines

# La rupture des particules (article Biarez, Keime, Martinet, Cambou) ma 1<sup>ere</sup> publi 1971 !!!

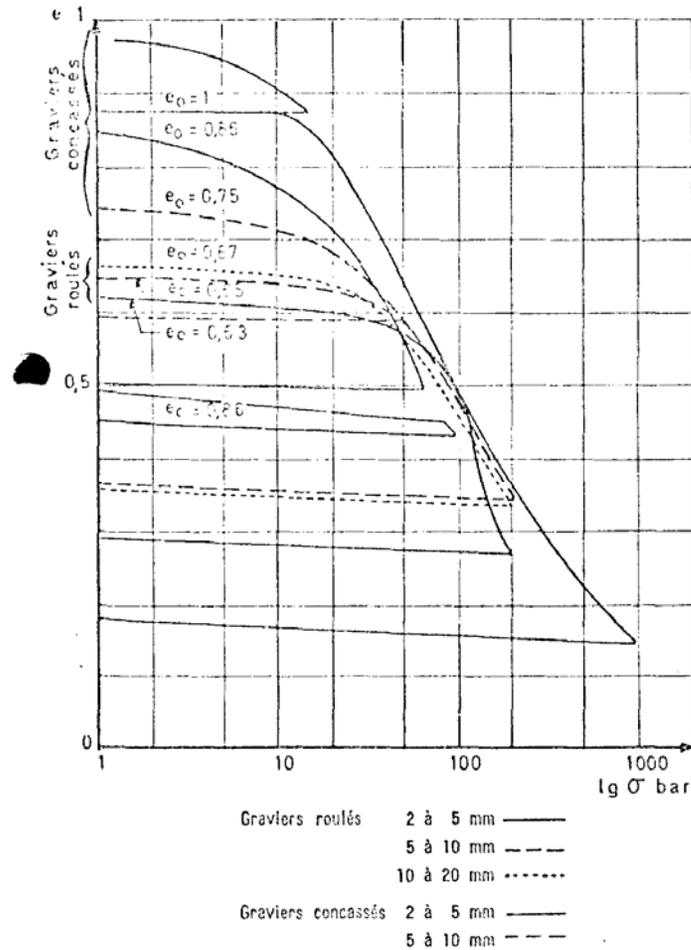
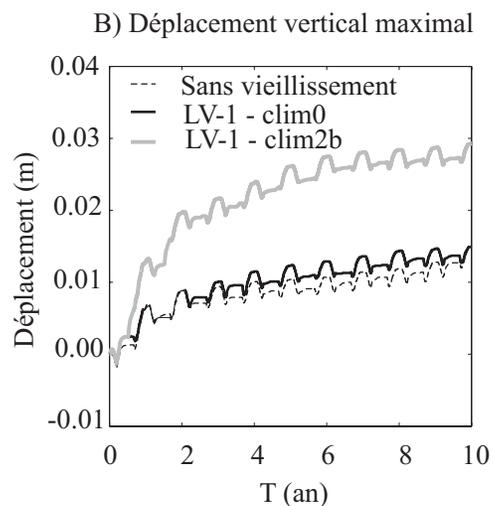
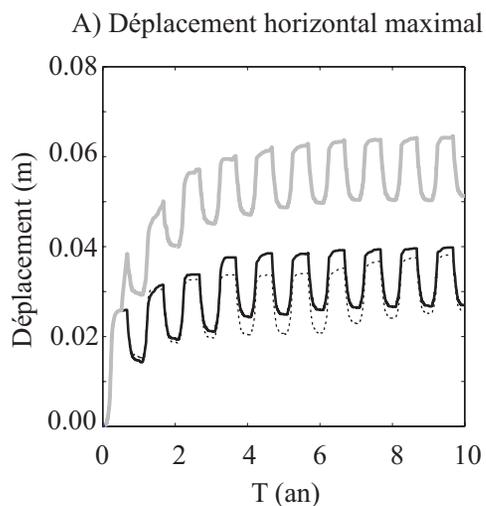
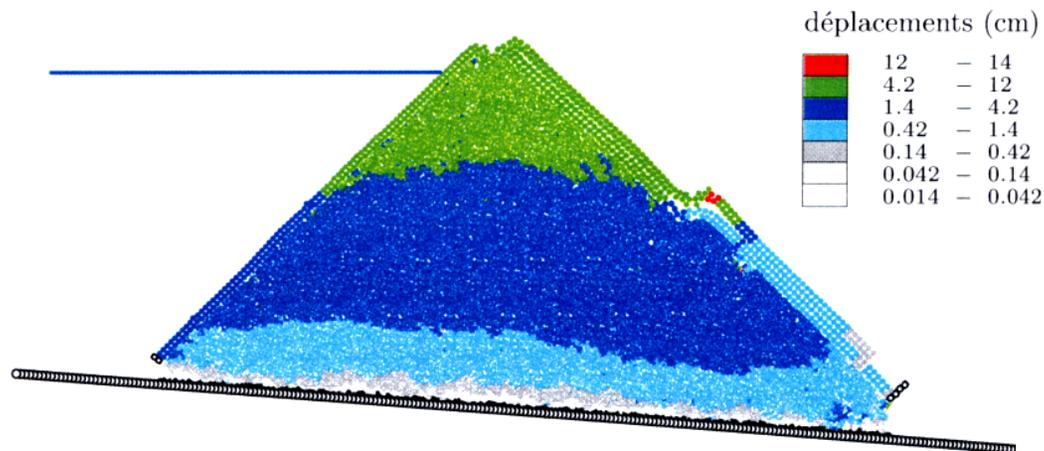


Fig. 4 b - Les coudes correspondent en général à ceux de la figure 4a. Mais une loi linéaire ( $\sigma_z$ ) correspond à un léger coude dans l'espace ( $\varepsilon \lg \sigma$ ).

# Modélisation numérique discrète des déformations dans un barrage en enrochements liée à la rupture des blocs

Thèses  
Deluzarche  
, Tran



Biarez - Mars 2008

Les idées de Jean Biarez sont toujours d'actualité, de nouveaux outils (en particulier la modélisation numérique discrète) ont permis d'aller plus loin. Il reste encore des domaines à mieux explorer.....