



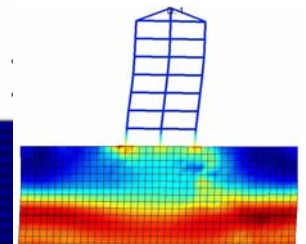
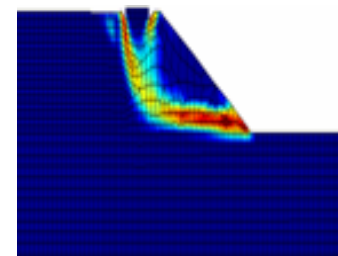
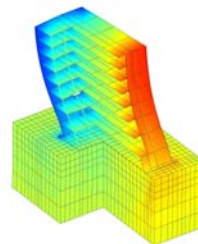
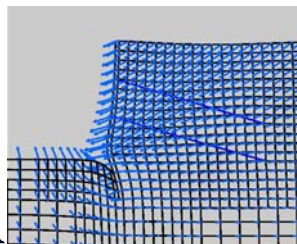
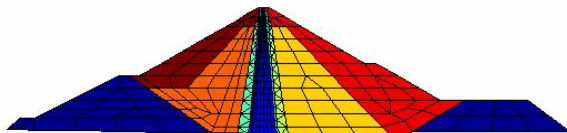
Modélisation numérique :

Un outil efficace pour la compréhension du comportement des ouvrages



arezou.modaressi@ecp.fr

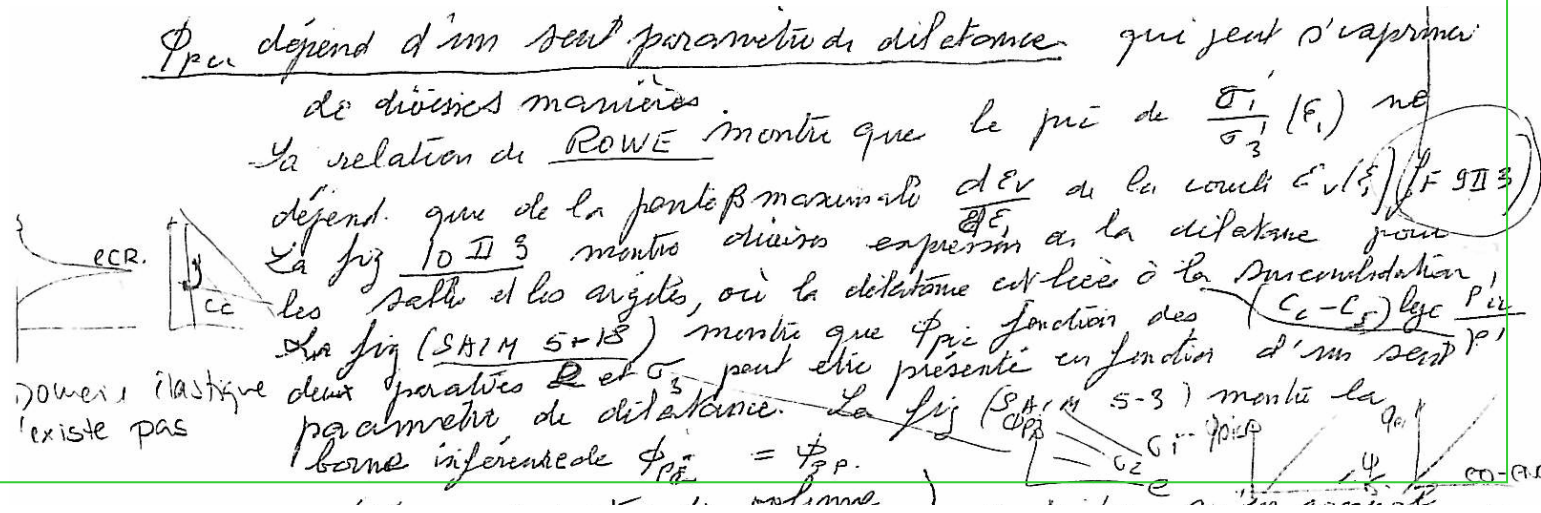
LMSS-Mat, CNRS UMR 8579



mots clefs

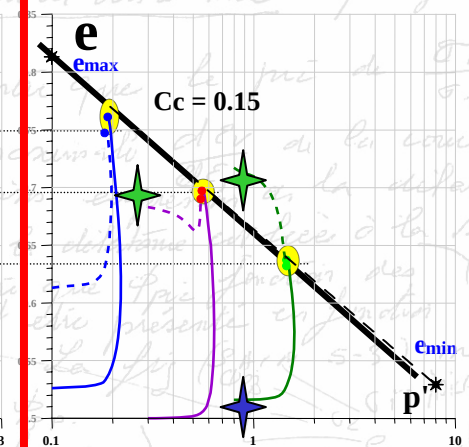
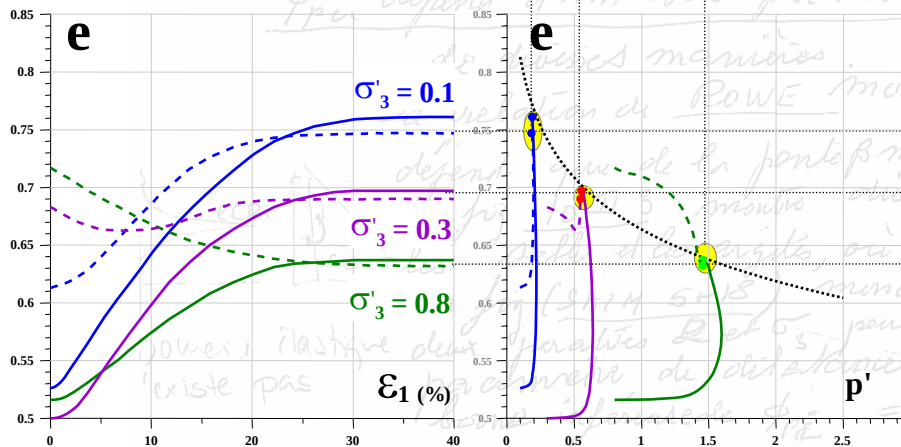
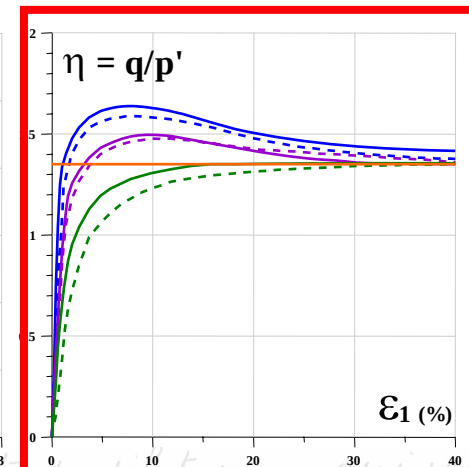
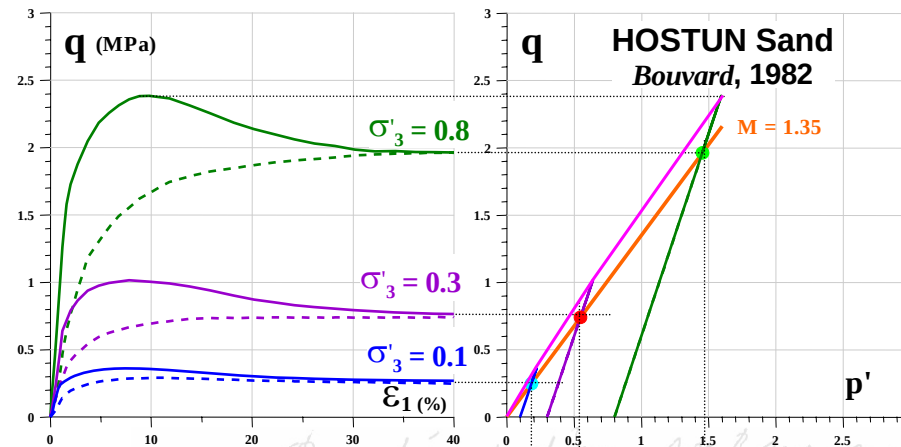
- grains avec et sans colle
 - béton bitumineux
 - sols non saturés
- comportement repère
 - état initial/état critique

ϕ_{pc} dépend d'un seul paramètre de dilatance qui peut s'exprimer de diverses manières.
 La relation de ROWE montre que le p.c. de $\frac{\sigma_1}{\sigma_3}(F_1)$ ne dépend que de la pente maximale $\frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon_s}$ de la courbe $\varepsilon_v(\varepsilon_s)$ (Fig 5-3).
 La fig 10-13 montre d'ailleurs explicitement la dilatance pour les sables et les argiles, où la dilatance est liée à la surconsolidation p_c .
 La fig (SAIM 5-18) montre que ϕ_{pc} fonction des deux paramètres Q et σ_3 peut être présentée en fonction d'un seul paramètre de dilatance. La fig (SAIM 5-3) montre la borne inférieure de $\phi_{pc} = \phi_{sp}$.



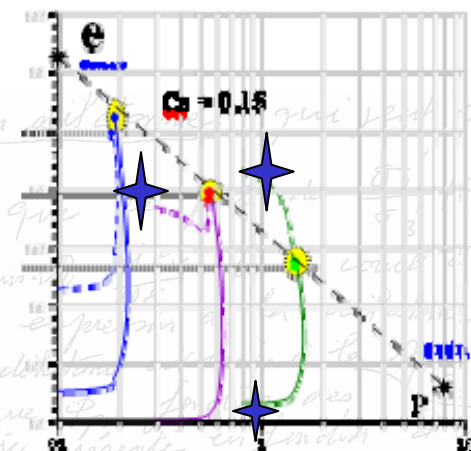
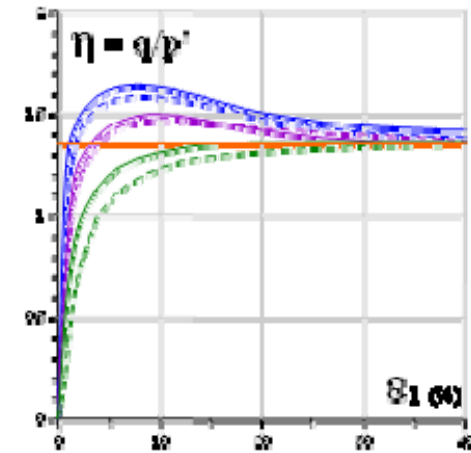
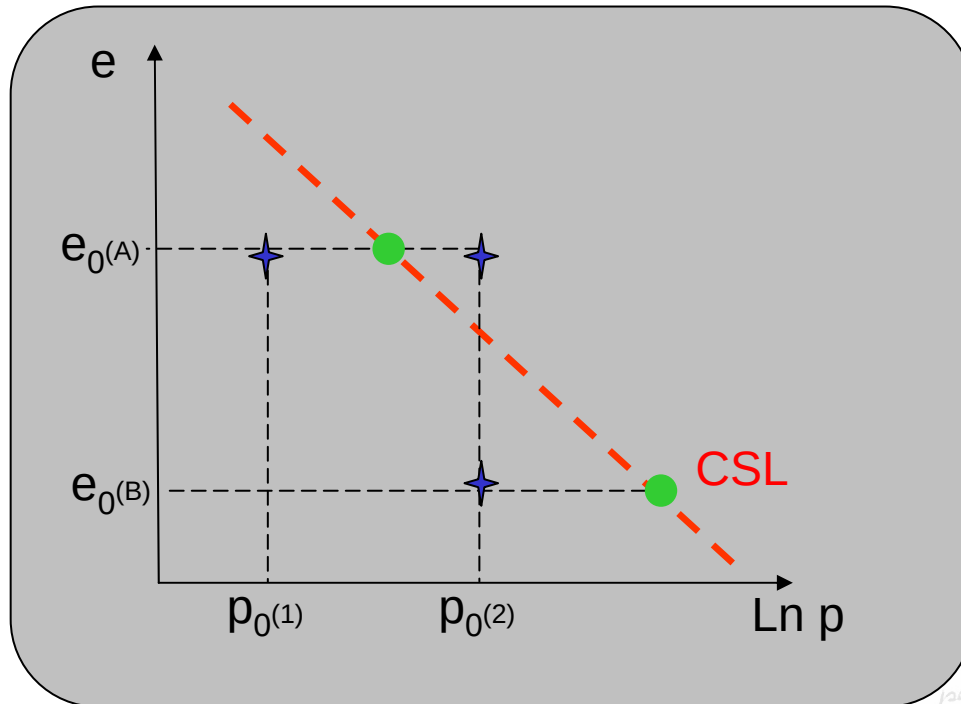
comportement post-pic

- État critique (homogène)
- Discontinuité cinématique (non homogène)



comportement pré pic

distance / état critique

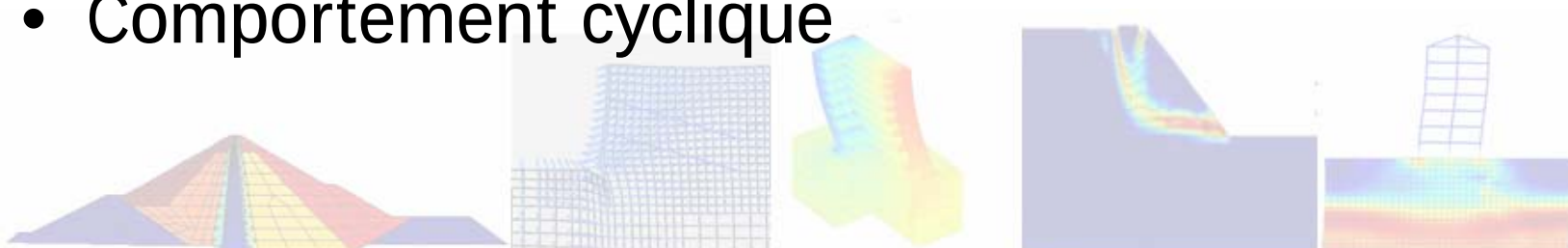


l'existence pas
paramètre de dilatance. La fig (5.3) montre la
borne inférieure de $\phi_{p\bar{e}} = \phi_{p\bar{e}}$
ou en d'autres

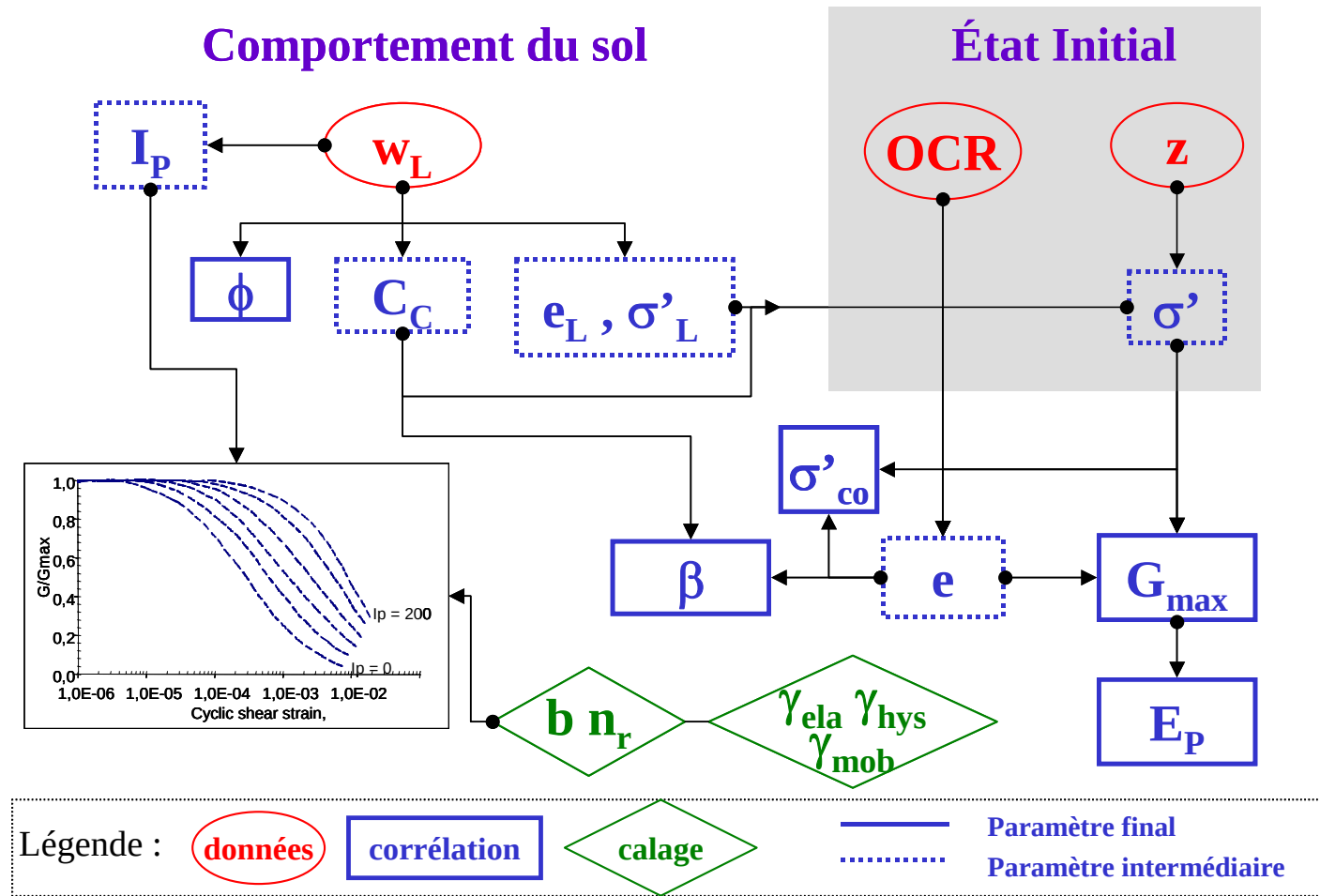
modèle de l'ECP "Hujeux"

Aubry et ses collaborateurs
depuis les années 80

- Contraintes effectives (sec, saturé, partiellement saturé)
- Elastoplasticité
- Mobilisation progressive de plasticité
- Dilatance/contractance
- État limite
- Critère de rupture: Mohr-Coulomb
- Multi mécanismes
- Comportement cyclique



identification des paramètres



applications aux ouvrages

• Pieux chargés verticalement

- Rôle de la rugosité de l'interface
- Rôle de l'état initial
- Rôle du chemin de chargement
- Comportement cyclique

• Analyse de « failure »

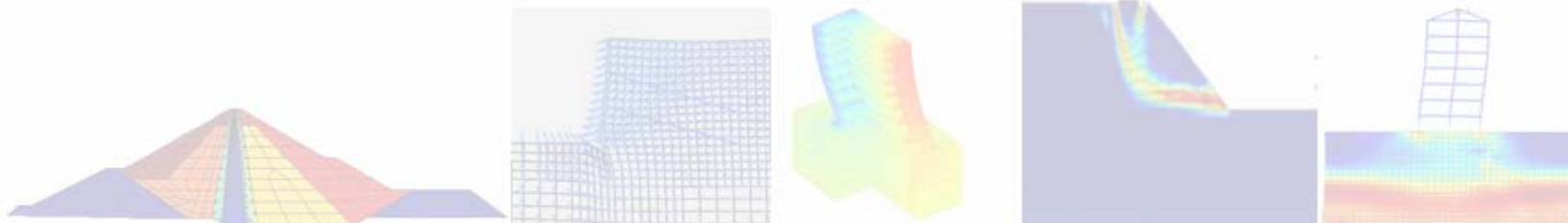
(II) Calcul de Sophia D'AGUIAR.

- Le calcul, avec la loi de Hyster, permet d'appliquer la croissance des contraintes σ qui restent inférieures au cycle (37°?) aux σ_{max} des. (état paramètre - surconsolidation...)

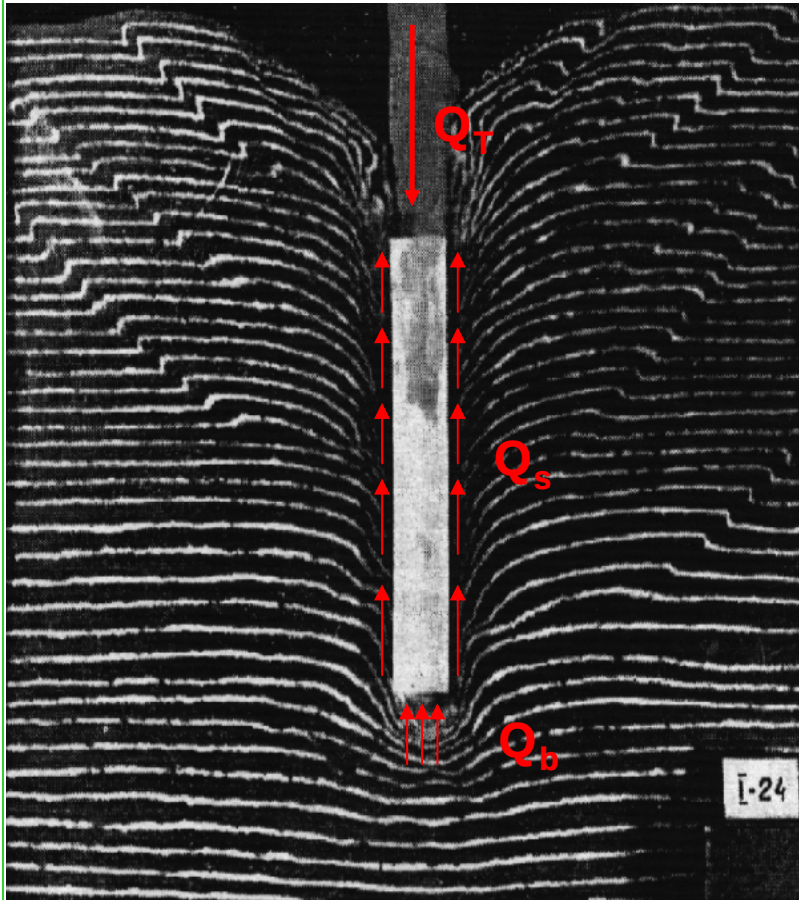
- Pour obtenir un accord du calcul avec l'expérience $Q_s(A/d)$, il faut choisir $R_N = 0,45$ n'est pas la rugosité maximale; mais si l'on admet que $R_N = 0,45$ n'est pas la rugosité maximale; on prend $p_{cu} = 300$ que pour la première couche de maillage comme le fait $p_{cu} = 1400$ pour la seconde couche. Cette dernière valeur est même meilleure pour On peut encore améliorer le début de la courbe $Q_s(A/d)$ en diminuant le paramètre de friction qui commandent le domaine $E \sim 10^{-3} 10^{-2}$, dans le but d'obtenir des courbes triaxiales $E(E)$ du sable d'Hordun.

- Le calcul permet de distinguer trois types de mécanismes infondation de z :

① partie supérieure du pieu $z < 1m$ pour $p = 300$ et $z < 2m$ pour $p_{cu} = 1400$ on observe une croissance de σ_{xx} et σ_{yy} proportionnelle à z .



mécanismes de transfert de charge entre le sol et le pieu



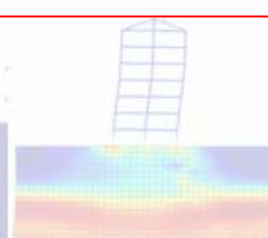
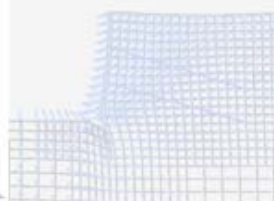
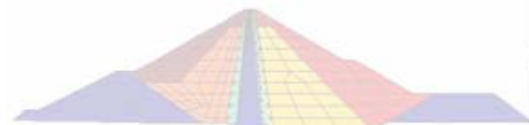
Berezantzev et al. (1961)

$$Q_T = Q_s + Q_b$$

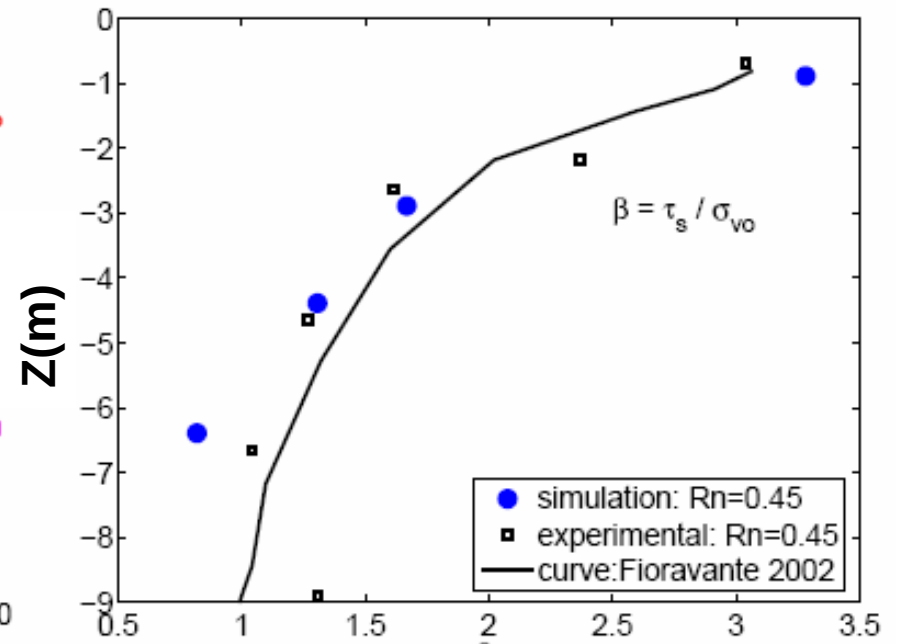
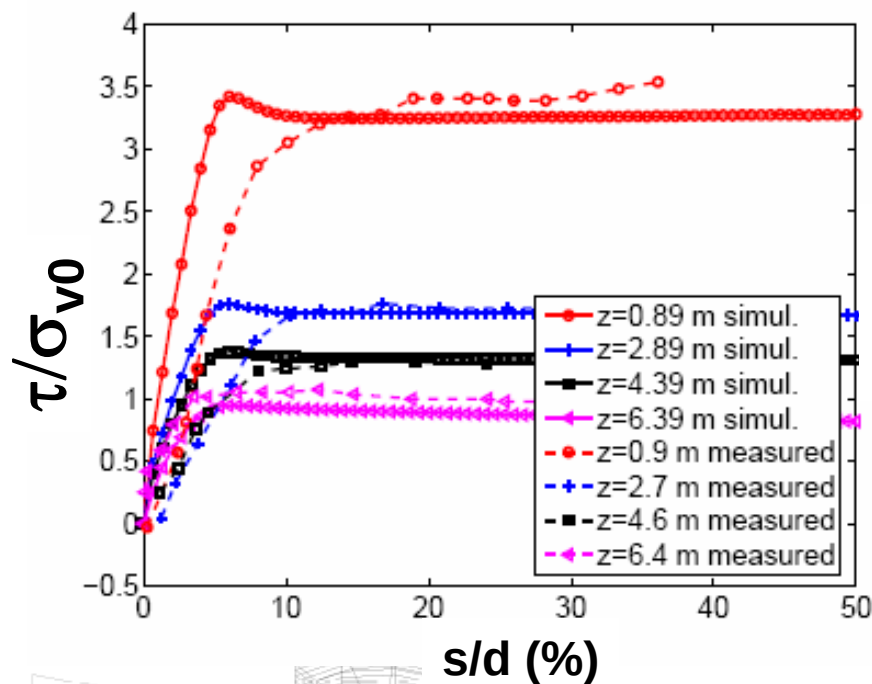
Mobilisation de la résistance

dépend:

- 1) État initial du sol (avant et/ou après installation)
- 2) Interface pieu-sol (fût)
- 3) Historique du chargement

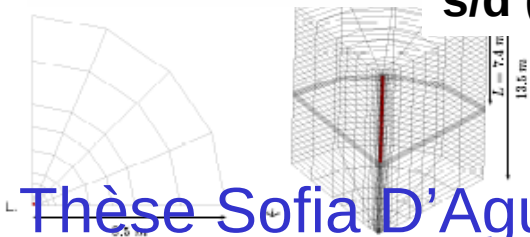


modèle numérique/modèle physique



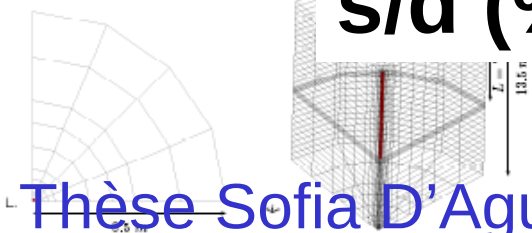
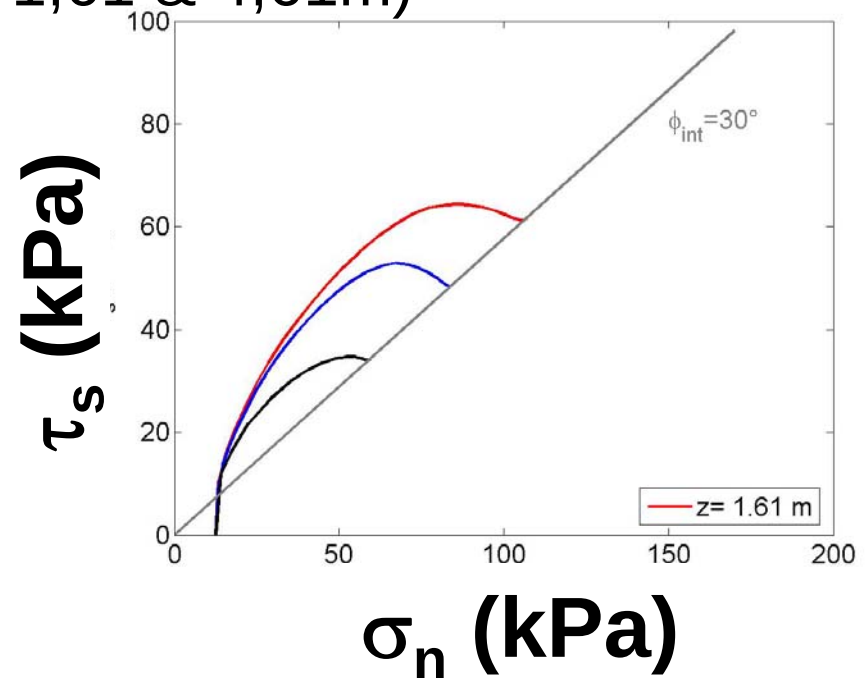
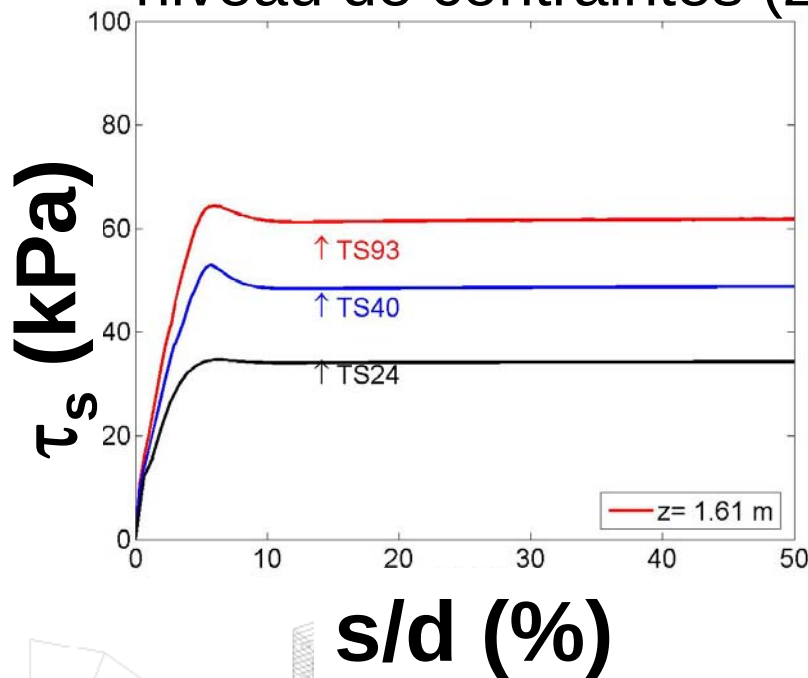
$$\beta = \tau / \sigma_{v0}$$

L=7,4m



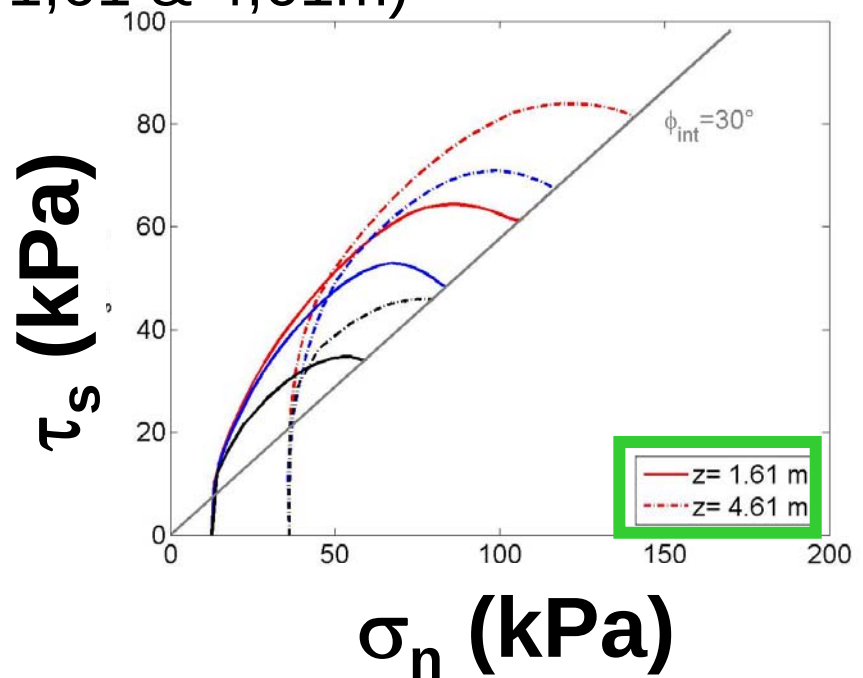
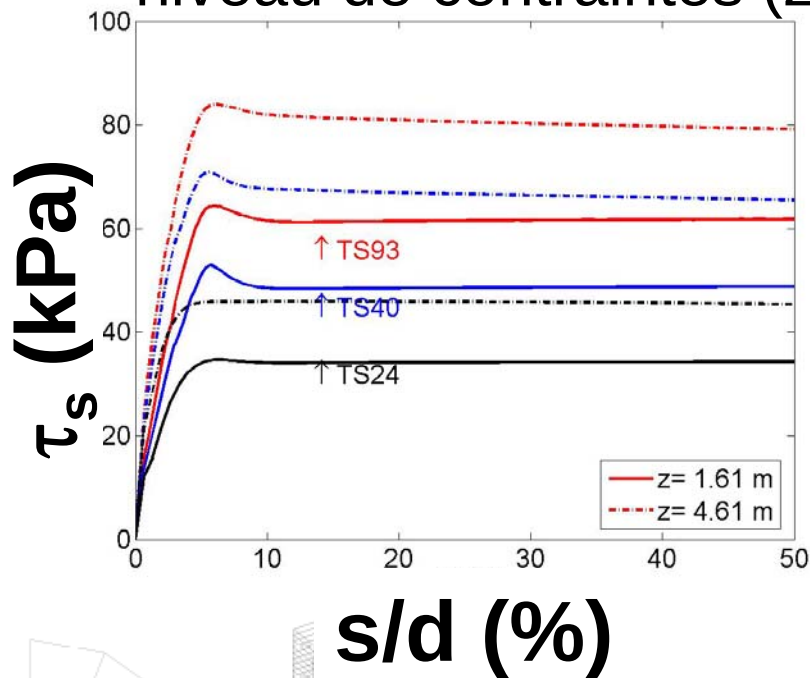
influence de l'état initial

- distance / état critique
 - densité ($D_r = 24, 40, 93$ %)
 - niveau de contraintes ($z = 1,61$ & $4,61$ m)



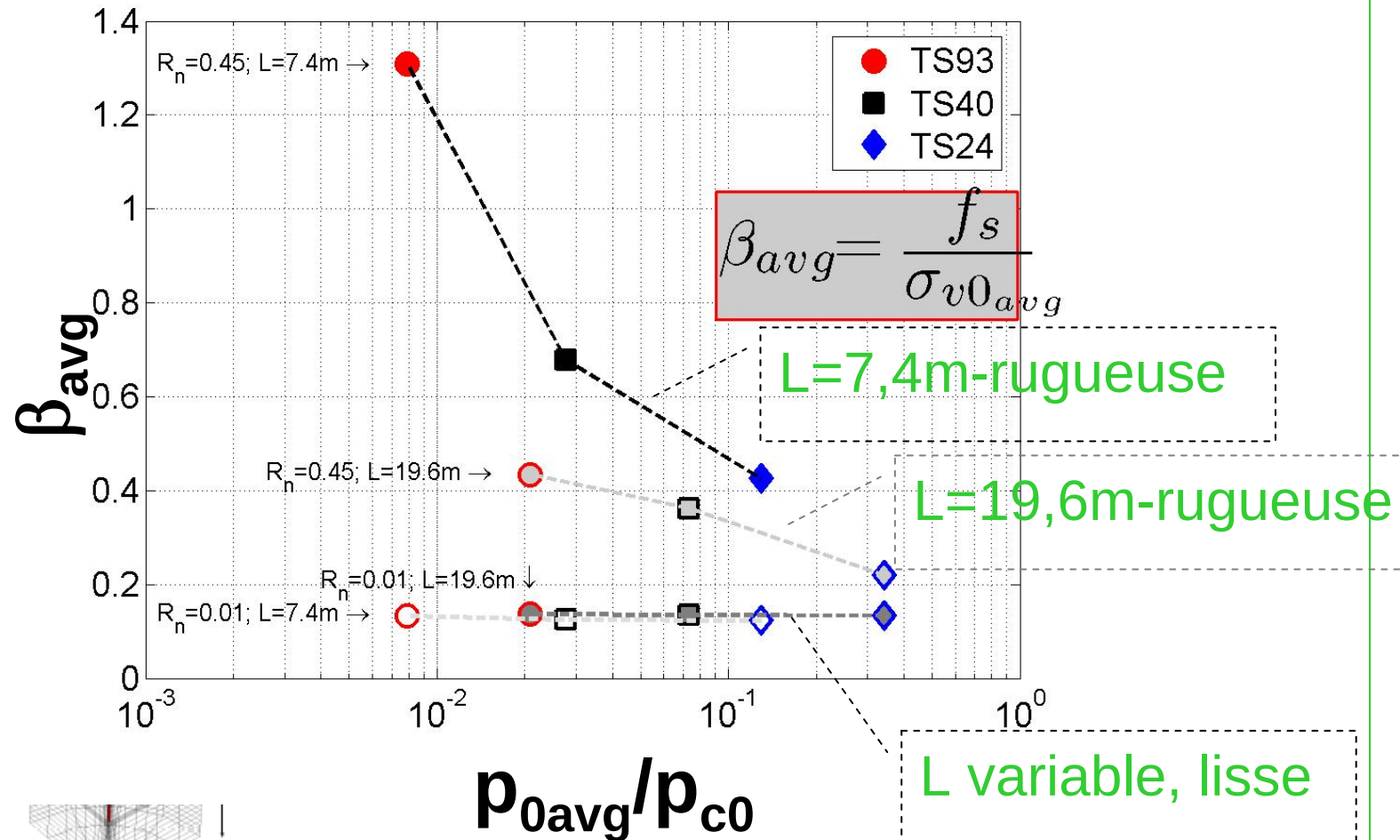
influence de l'état initial

- distance / état critique
 - densité ($D_r = 24, 40, 93 \%$)
 - niveau de contraintes ($z = 1,61 \text{ \& } 4,61 \text{ m}$)



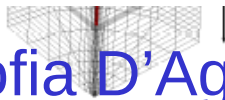
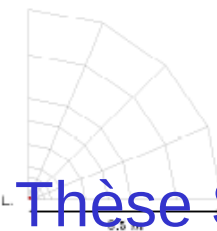
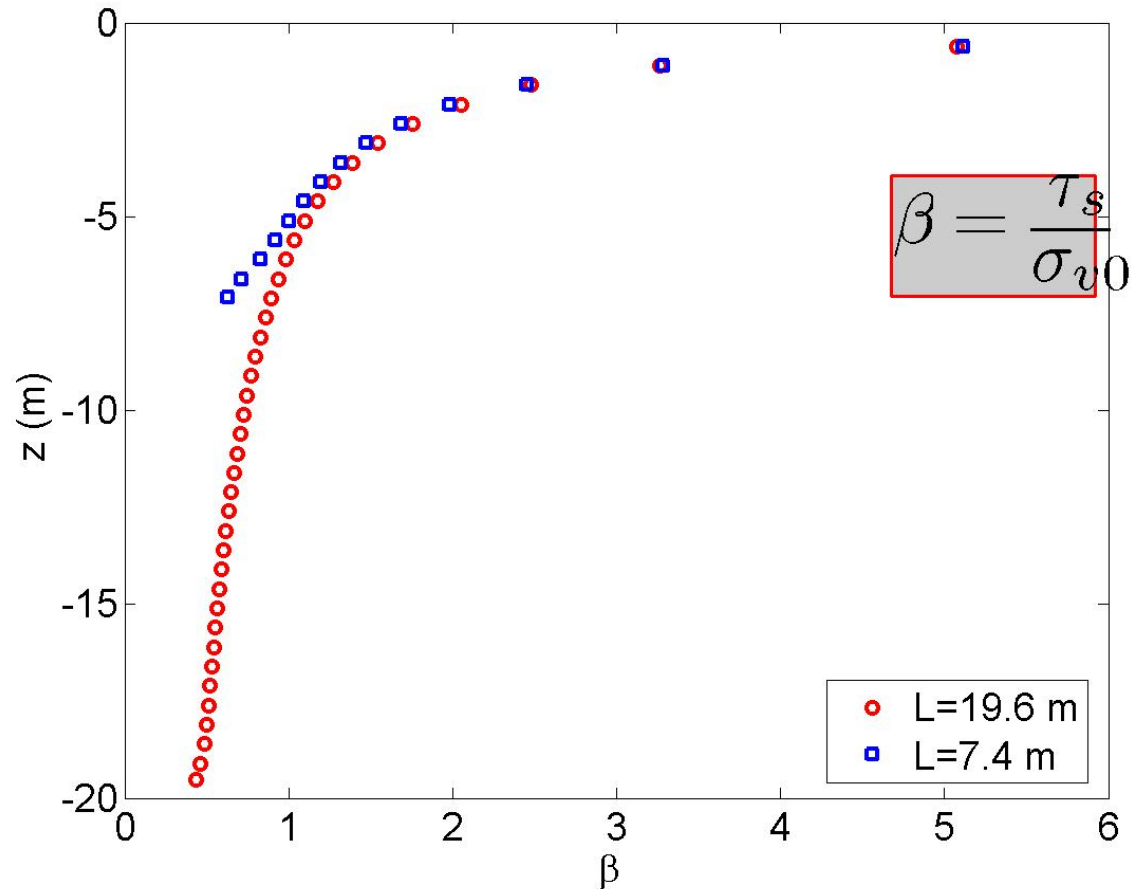
influence de l'état initial

Coefficient de frottement moyen



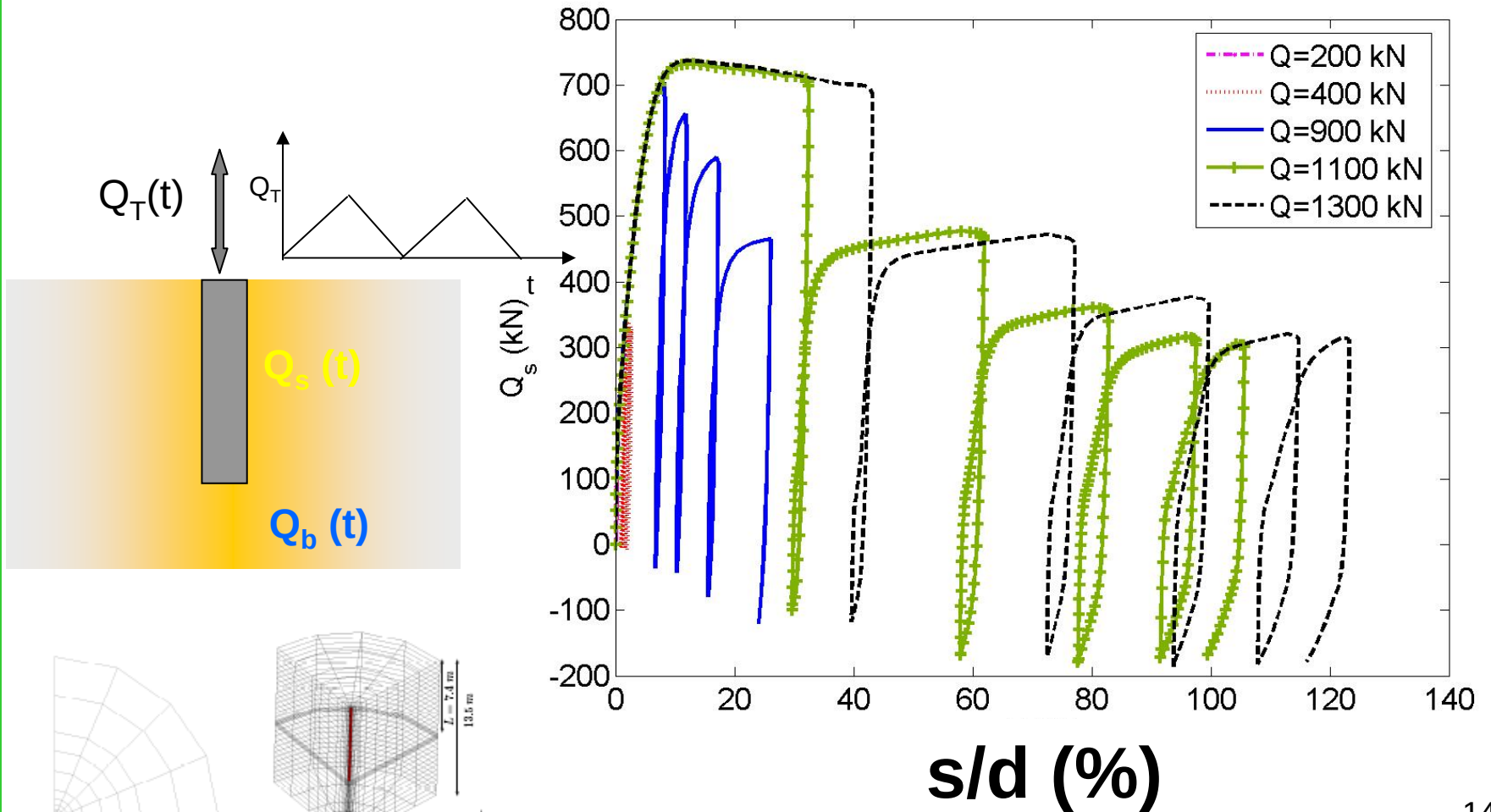
influence de l'état initial: Longueur

Coefficient de frottement local



histoire de chargement

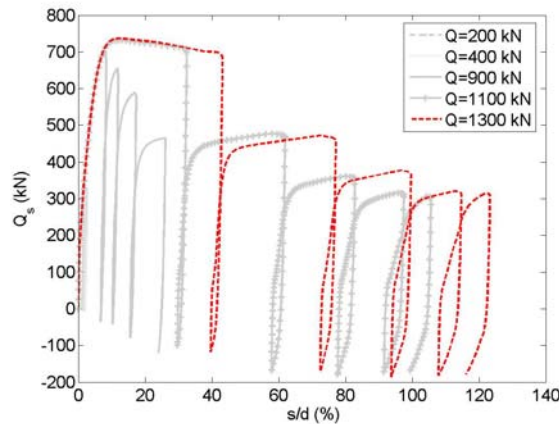
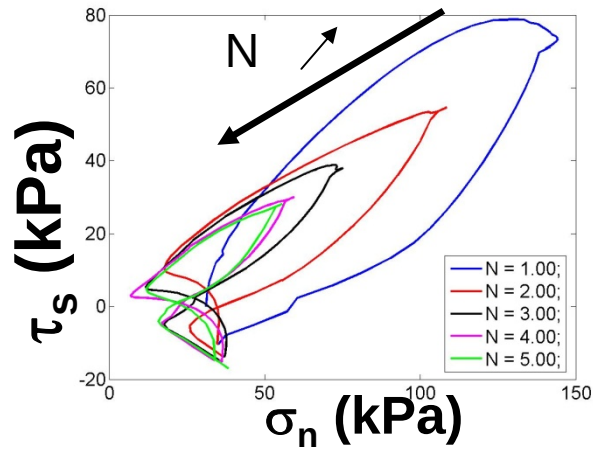
fatigue cyclique



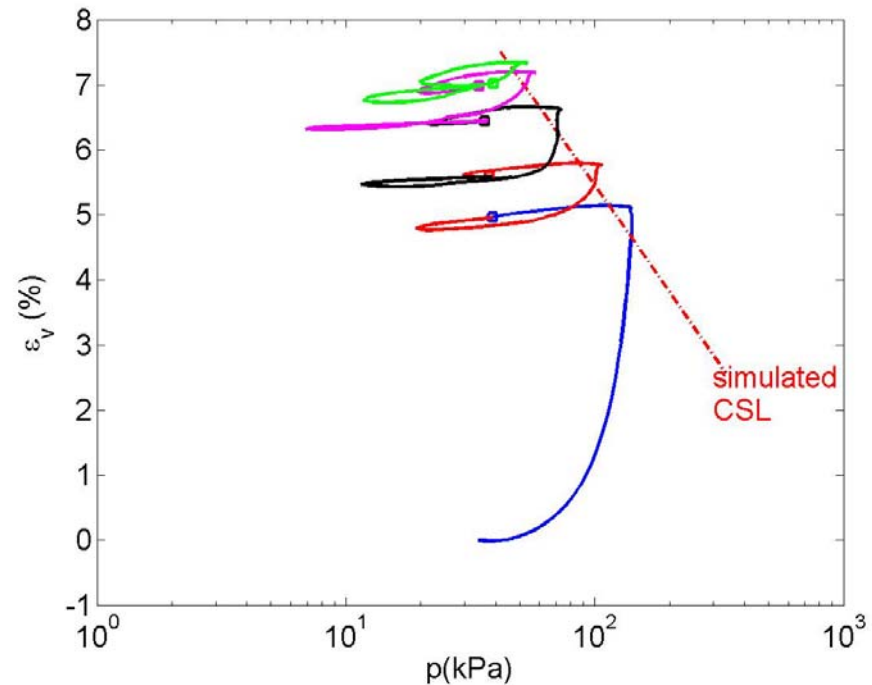
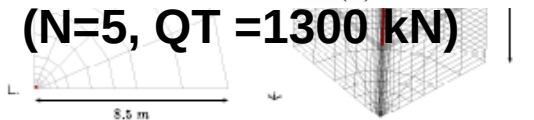
mécanismes de transfert de charge cyclique

Mécanisme 1: $\Delta p > 0$, $\Delta \varepsilon_v > 0$

$$\Delta(p/p_c) < 0$$



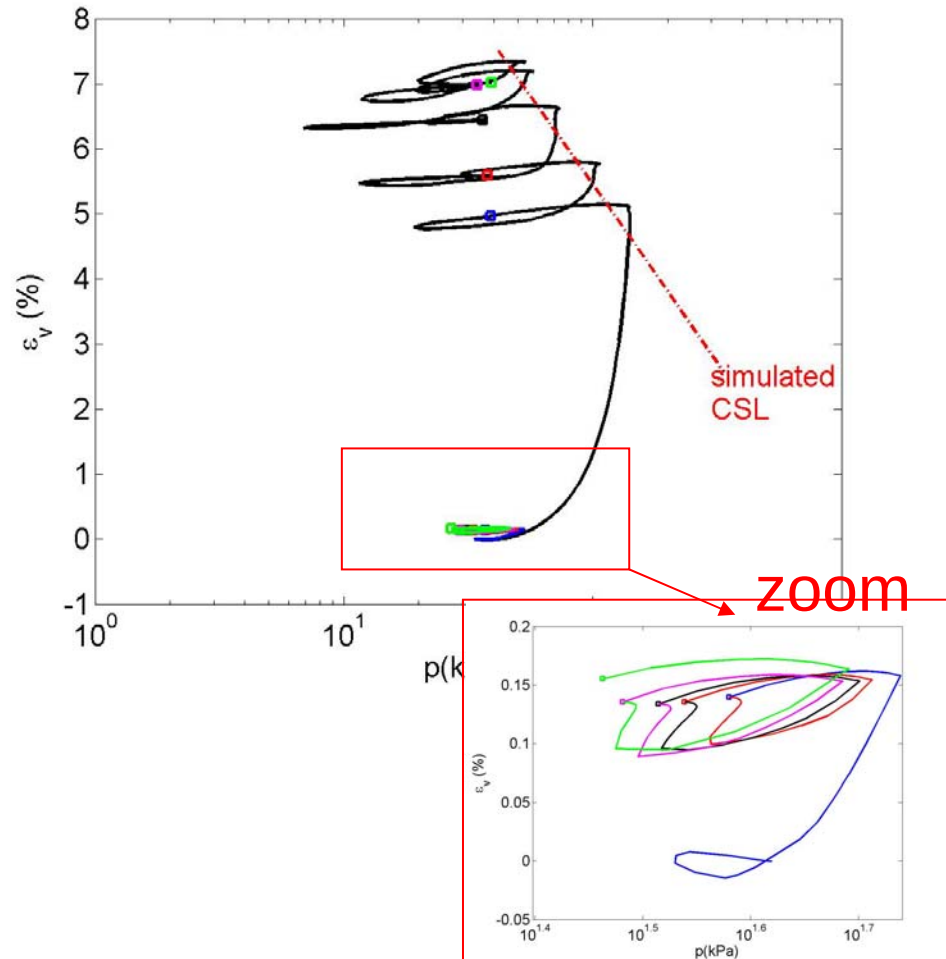
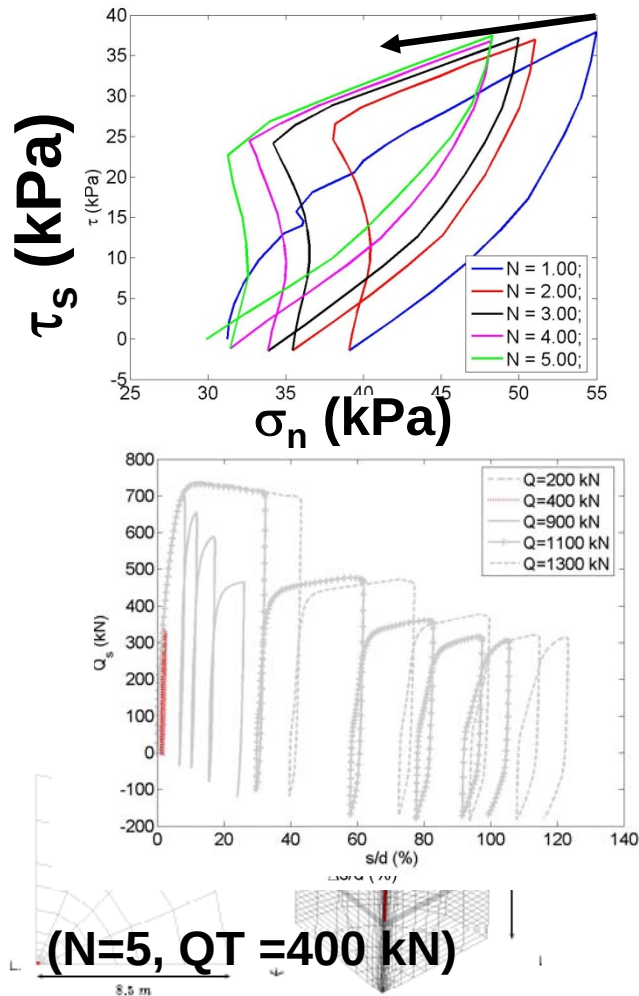
(N=5, $Q_T = 1300$ kN)



mécanismes de transfert de charge cyclique

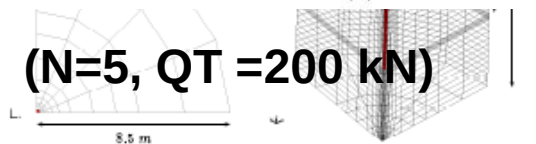
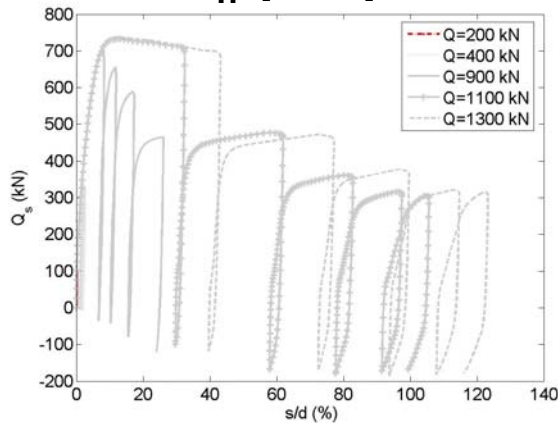
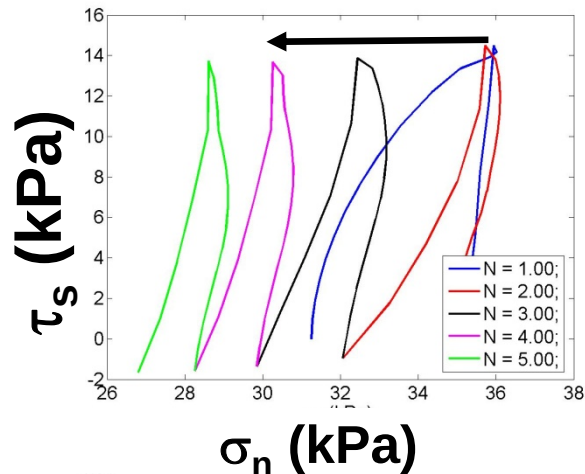
fatigue de frottement cyclique

Mécanisme 2: $\Delta p < 0$, $\Delta \varepsilon_v > 0$

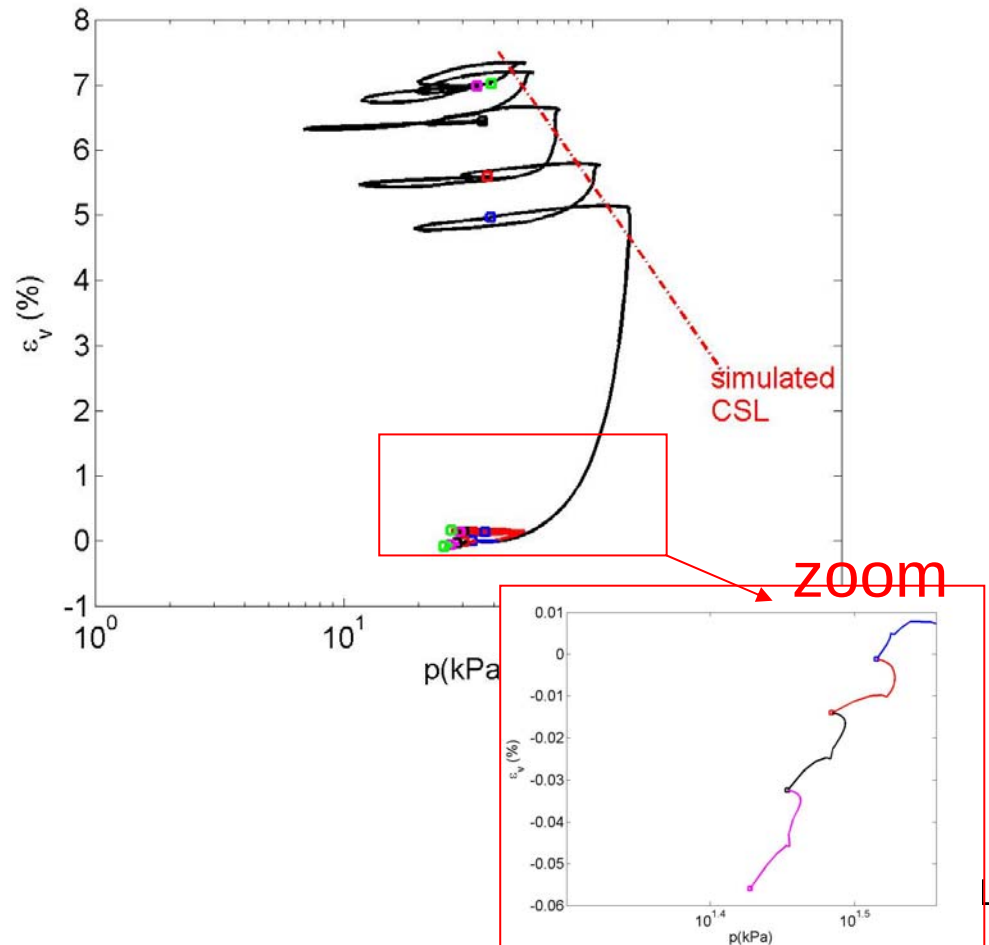


mécanismes de transfert de charge cyclique

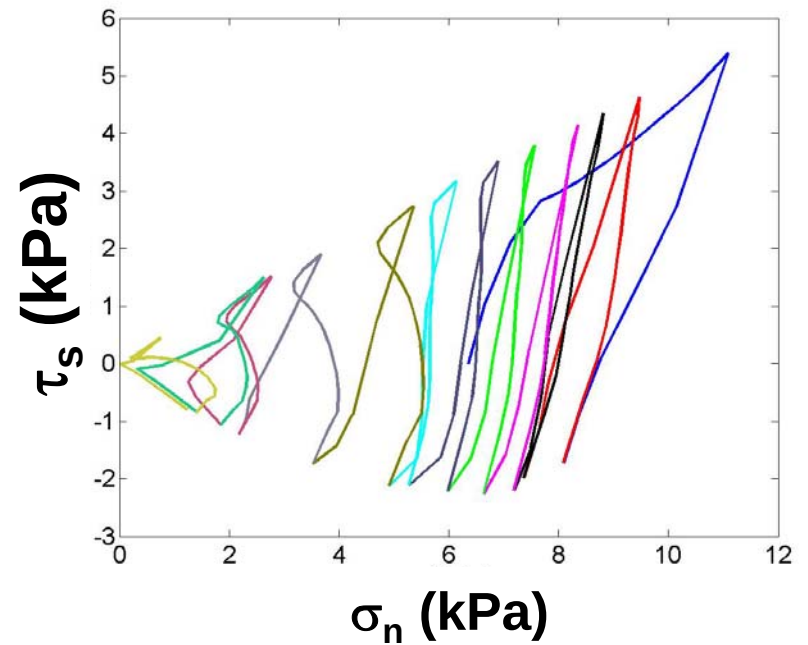
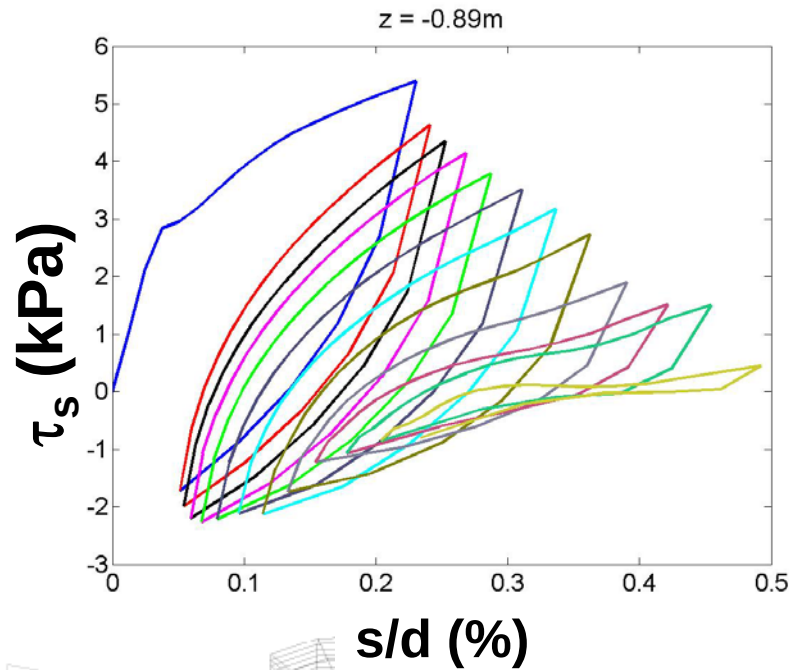
fatigue de frottement cyclique



Mécanisme 3: $\Delta p < 0$, $\Delta \varepsilon_v < 0$



mobilité cyclique

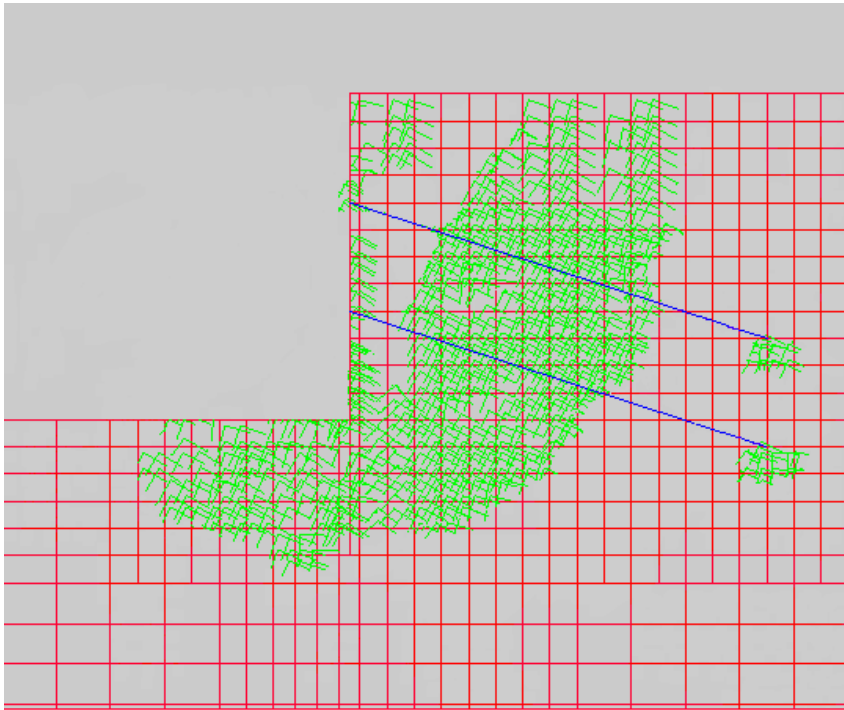


(N=12, QT =200 kN)

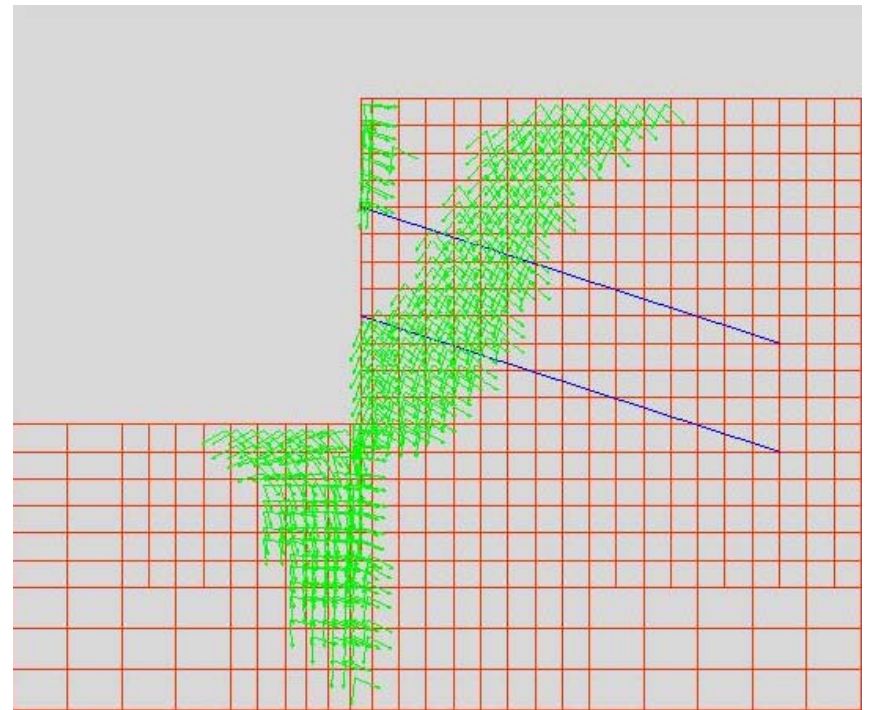


analyse de stabilité

Zones instables: critère de Rice

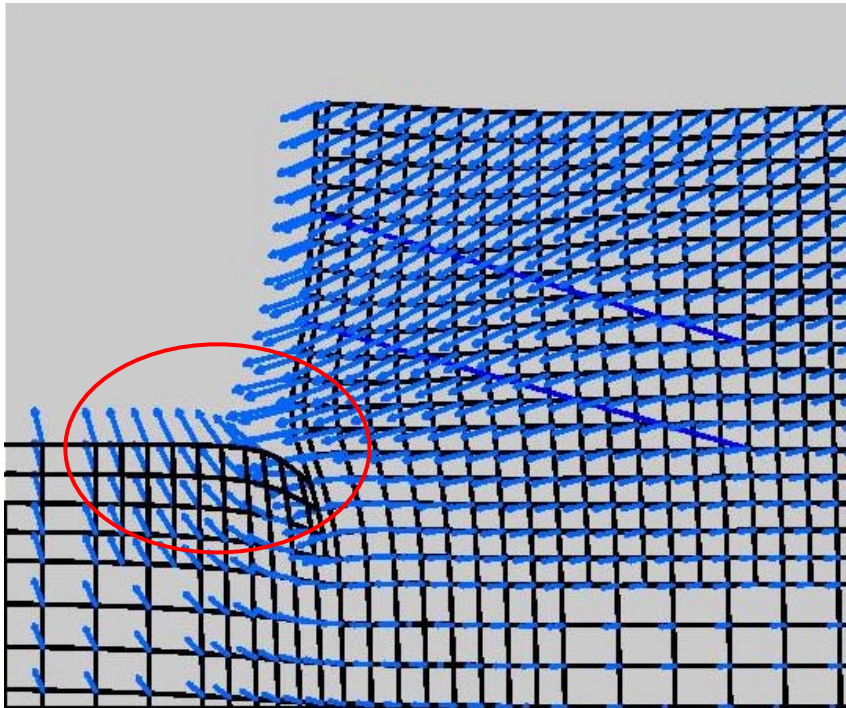


ECP « Hujeux »

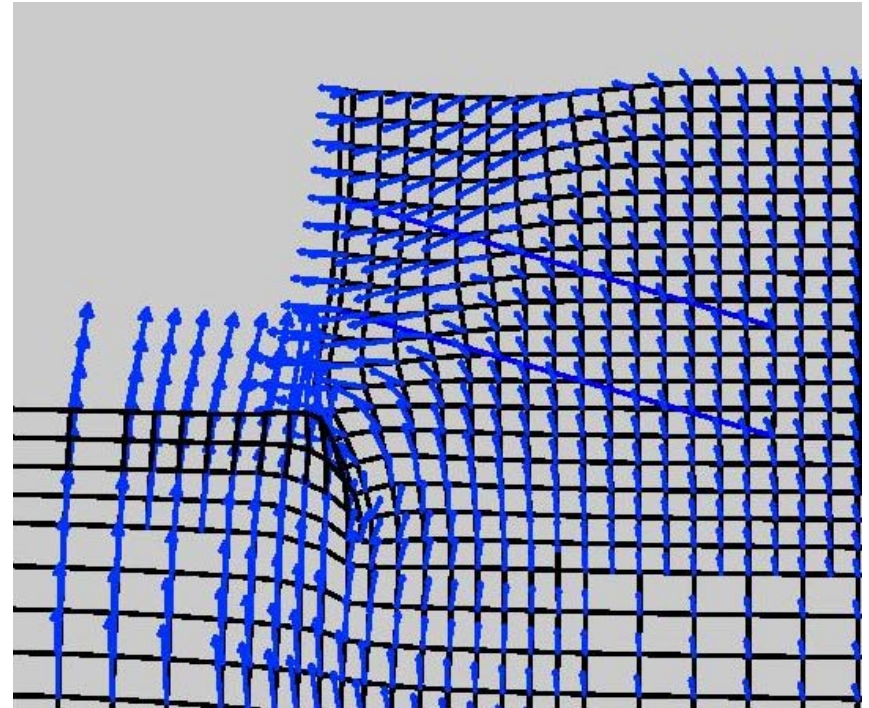


Mohr-Coulomb

analyse de stabilité



ECP « Hujeux »

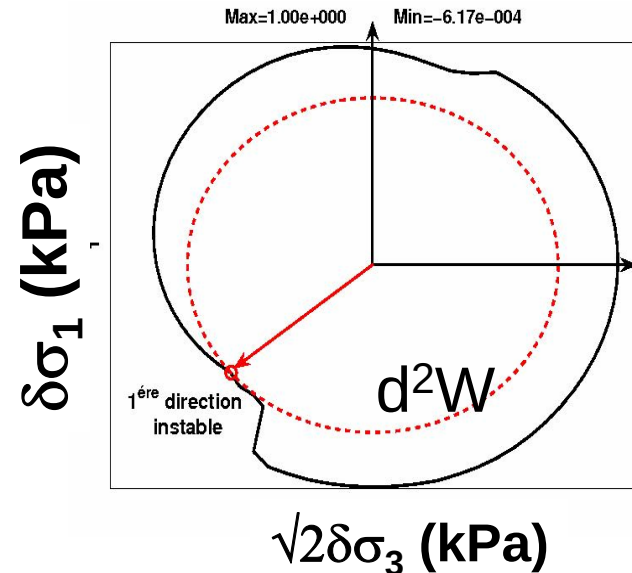


Mohr-Coulomb

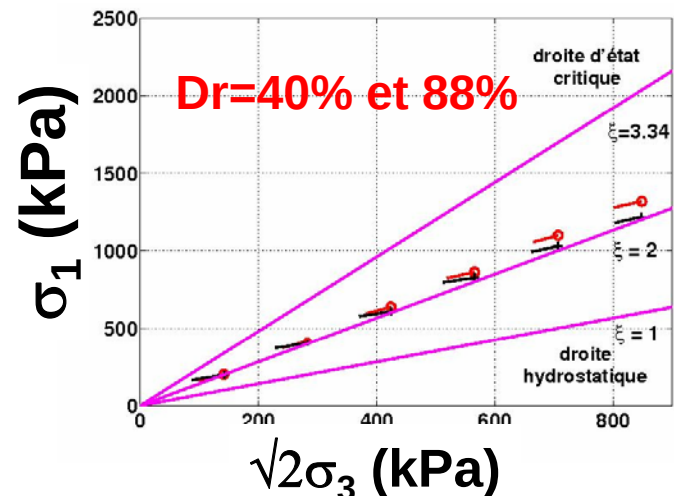
analyse de stabilité

- Réponse du modèle:
 - le chemin de sollicitation
 - l'état initial du matériau
 - p_0/p_{c0}
- Des instabilités apparaissent avant d'atteindre l'état critique

Thèse Kamel Hamadi 2006



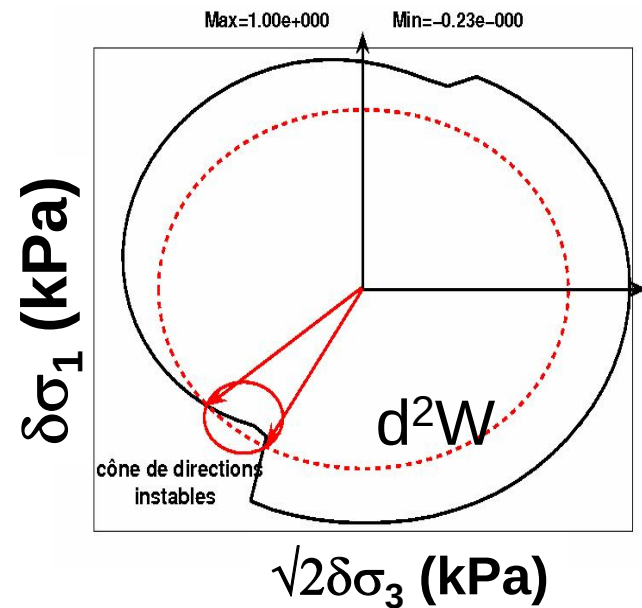
Dr=40%, $\sigma_3 = 100$ kPa et $\xi = 2.0$



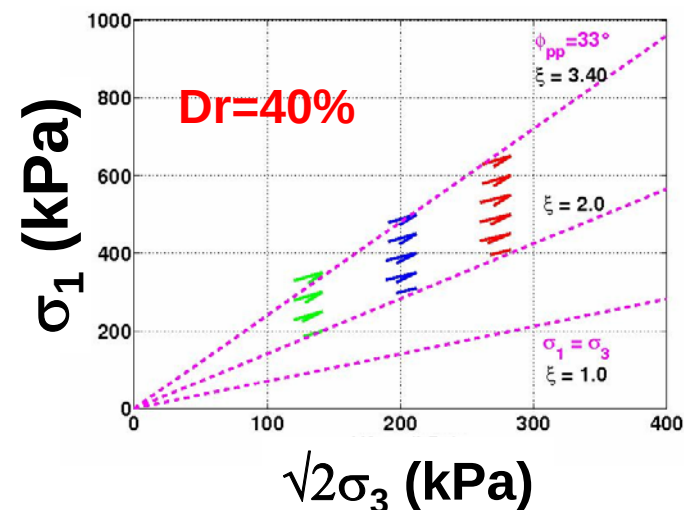
analyse de stabilité

- Réponse du modèle:
 - le chemin de sollicitation
 - l'état initial du matériau
 - p_0/p_{c0}
- Des instabilités apparaissent avant d'atteindre l'état critique

Thèse Kamel Hamadi 2006



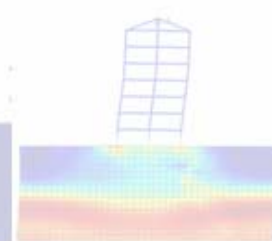
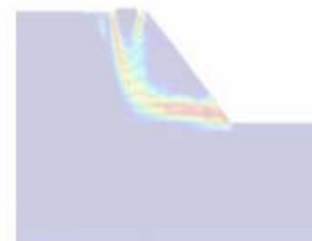
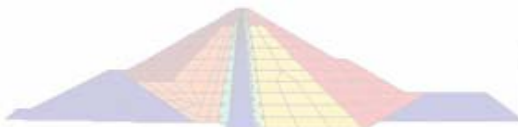
Dr=40%, $\sigma_3 = 100$ kPa et $\xi = 2.5$



conclusions

- Concepts relativement simples pour étudier les problèmes complexes

- Outil intégré
 - calcul aux limites
 - interaction sol-structure
 - modèles de comportement
 - identification des paramètres
 - statique-dynamique



remerciements

- K.C. Vossoughi (2001)
 - Fernando Lopez-Caballero (2003)
 - Farhad Elmi (r.i.p.) (2003)
 - Kamel Hamadi (2006)
 - Sofia D'Aguiar (2008)
 - Esteban Saez (2008)
-
- Et tout ceux qui ont contribué
au projet
depuis les années 80

