

Thème 4 – Modélisation numérique

Modélisation numérique par éléments discrets

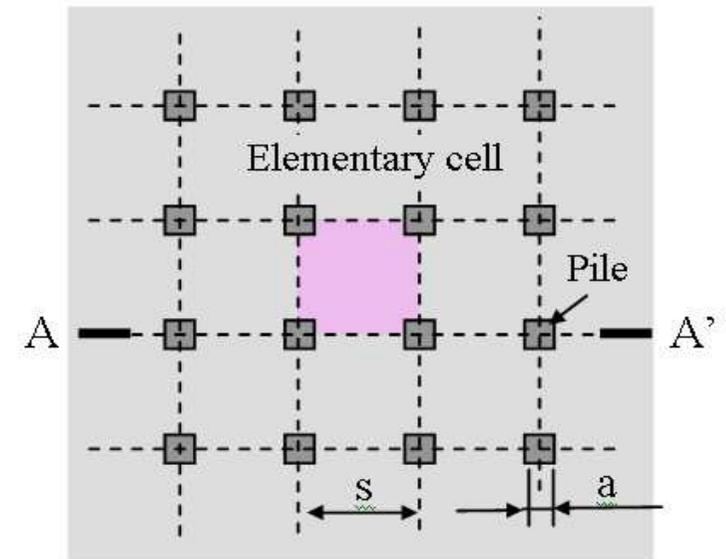
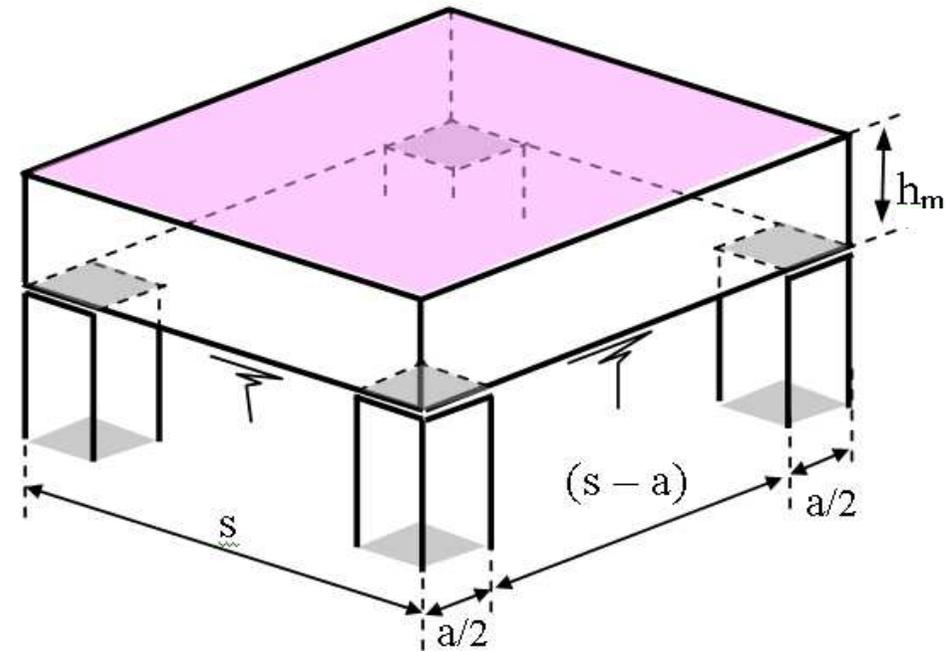
Bastien Chevalier, Pascal Villard & Gaël Combe

Université Joseph Fourier, Laboratoire 3S-R (Grenoble)



Modèle numérique

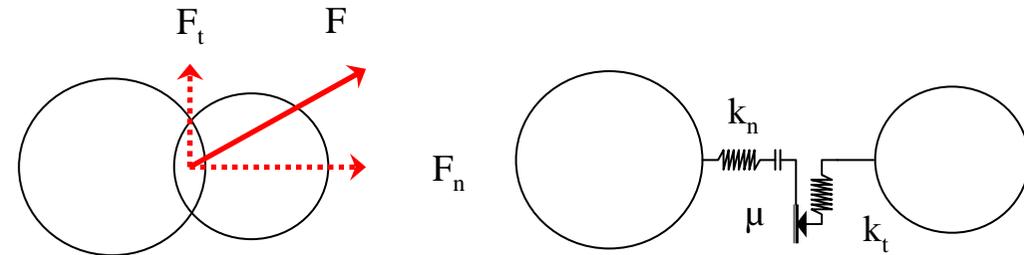
- Méthode des Eléments Discrets
(couplée à MEF pour les interfaces entre matelas et sols compressibles)
- Focus sur le rôle du matelas uniquement
- Effets
 - De la compressibilité du support,
 - De l'épaisseur du matelas,
 - De la présence d'un géosynthétique



Modèle numérique

- Méthode des Eléments Discrets:

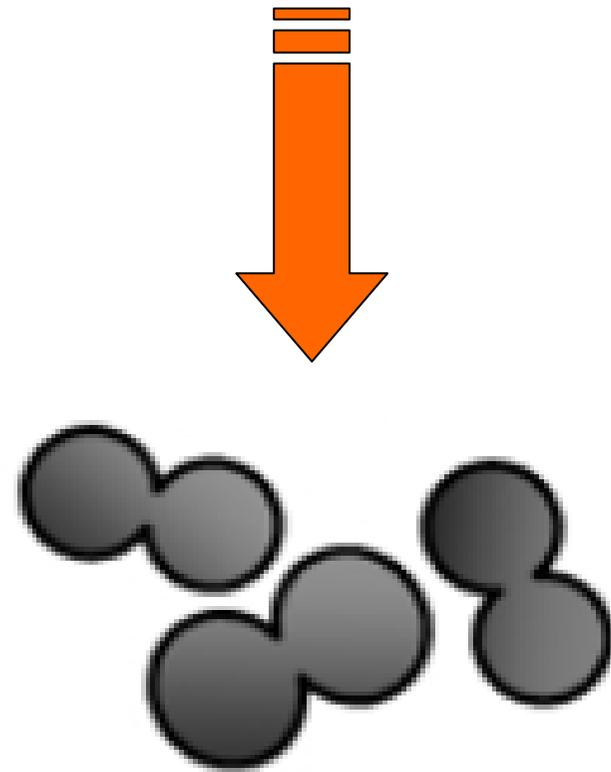
- Basée sur la dynamique moléculaire
 - Lois de contact linéaire
 - Frottement de Coulomb



- Particules \rightarrow Clumps

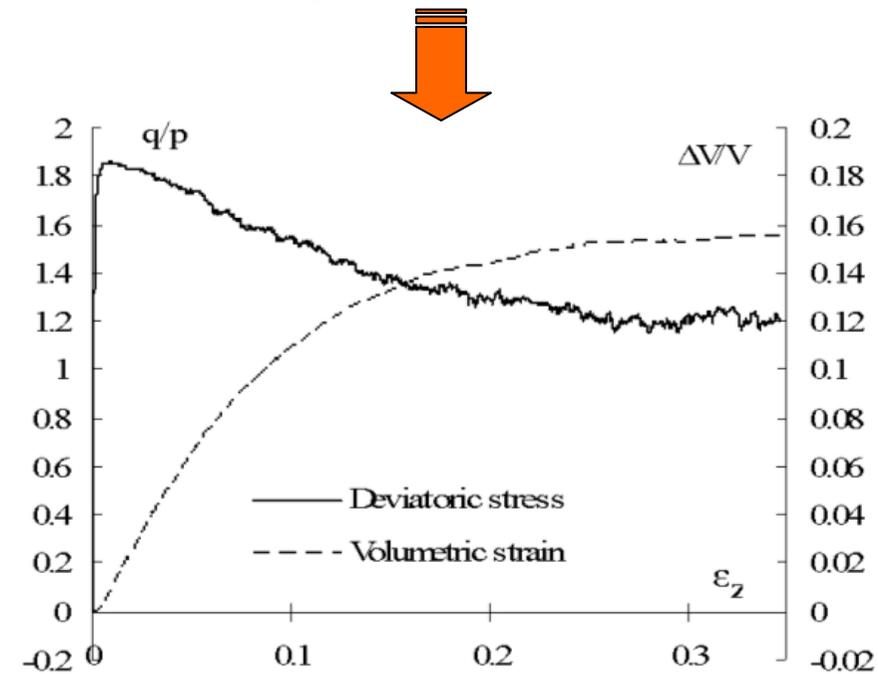
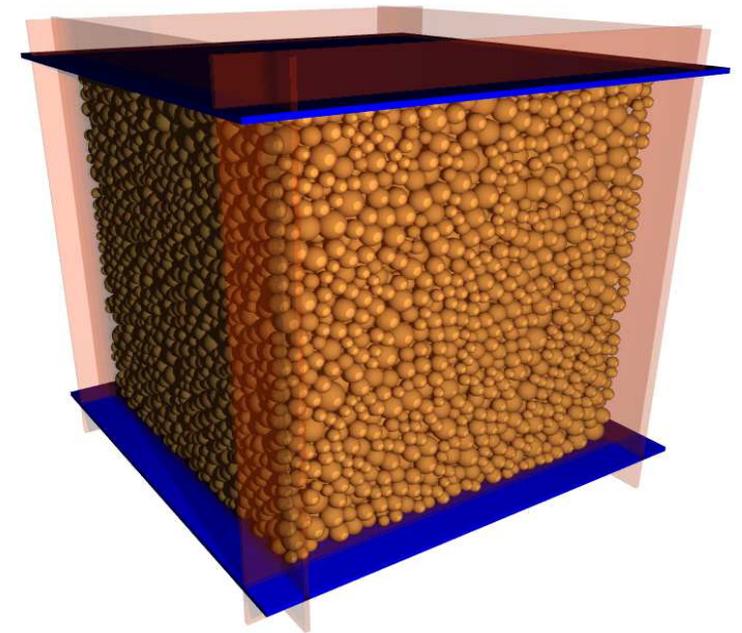
- Afin d'augmenter la résistance au cisaillement du matelas modélisé

- Etat de densité maximal pour le matelas granulaire



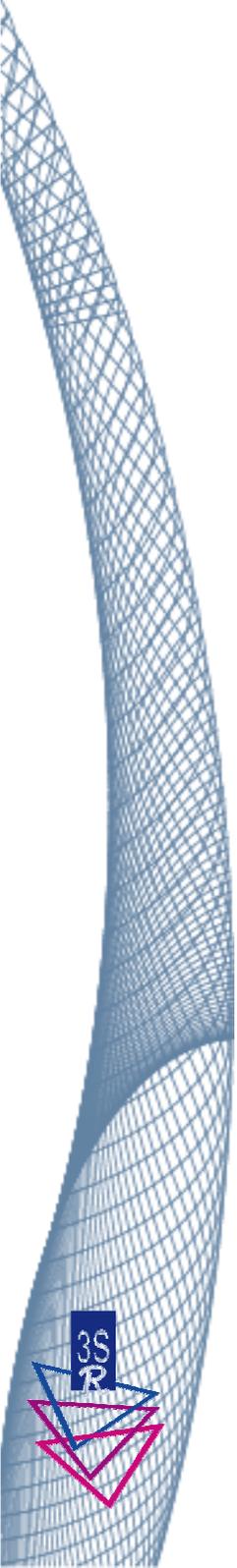
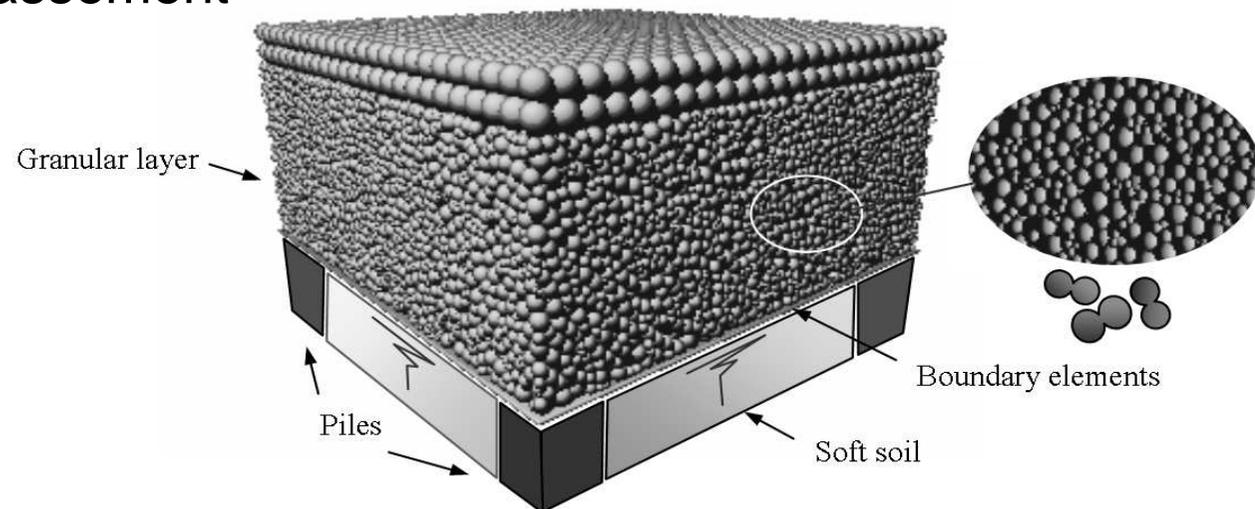
Modèle numérique

- Paramètre du modèle
 - Obtenir un ordre de grandeur de résistance au cisaillement proche du matériau réel
 - Détermination des paramètres par modélisation d'essais triaxiaux
 - Angle de frottement au pic: 44°
 - Angle de frottement critique: 30°



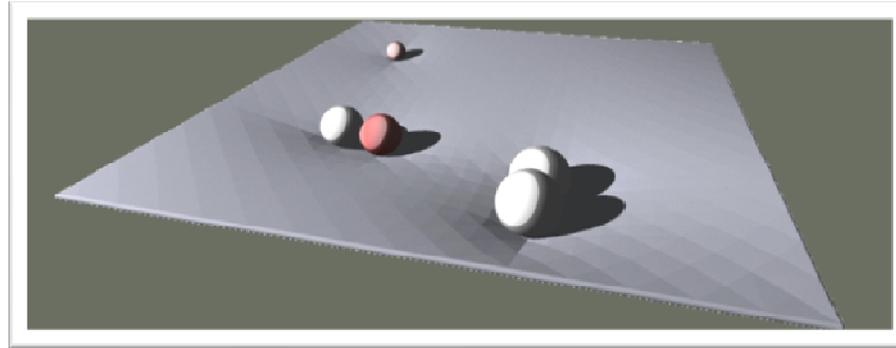
Modèle numérique

- Matelas granulaire
 - Mis en place par expansion progressive des particules
 - Garantie d'homogénéité des caractéristiques du matelas
- Support compressible:
 - Modèle simple de Winkler
 - 4 compressibilités différentes:
0.25 / 0.50 / 0.75 / 1.00 MPa
pour 1.0 m de tassement

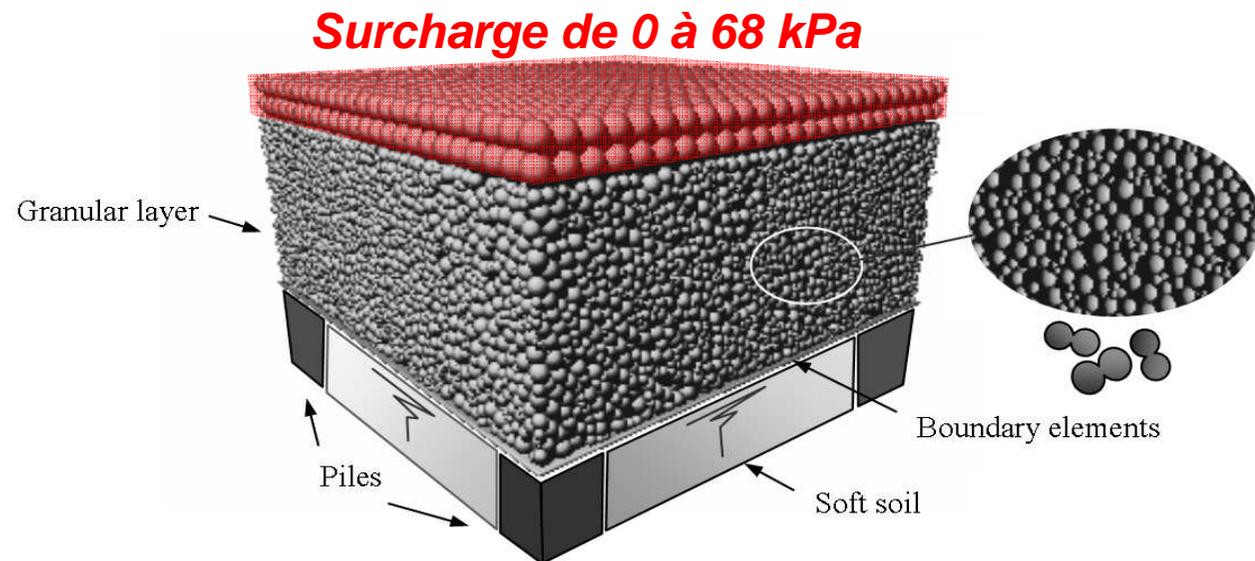


Modèle numérique

- Interface matelas / support compressible
 - Membrane d'éléments finis triangulaires à 3 noeuds

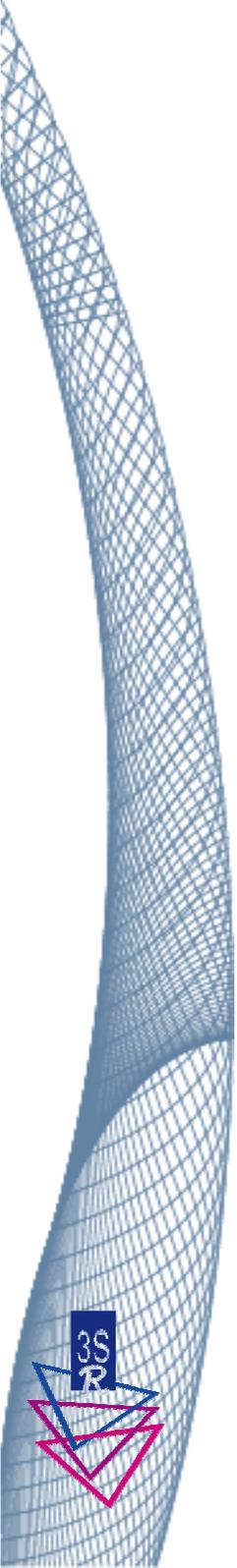
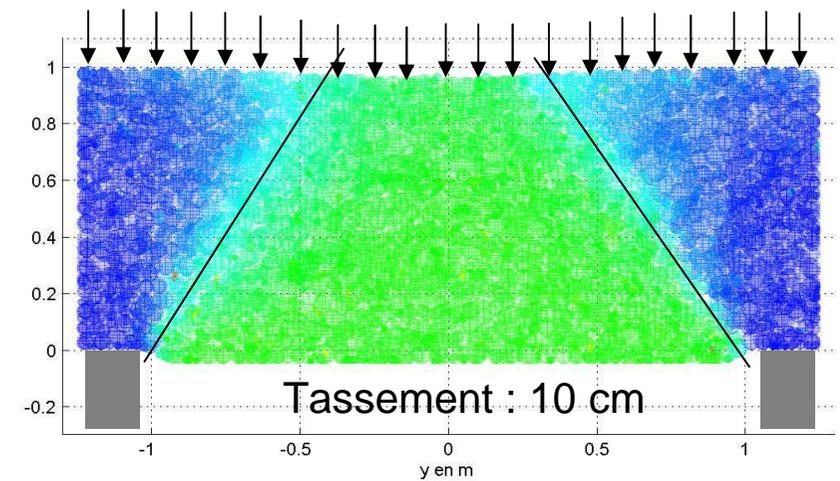
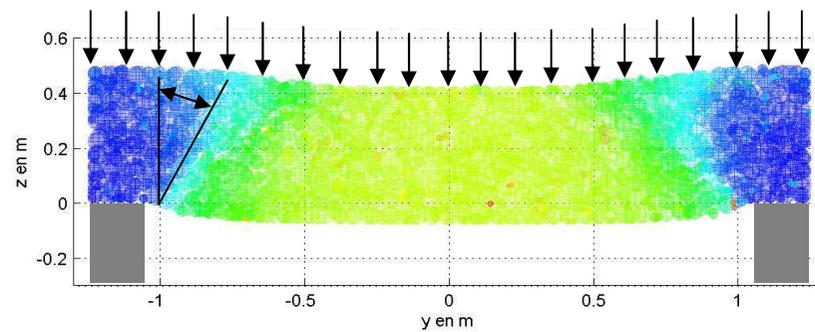
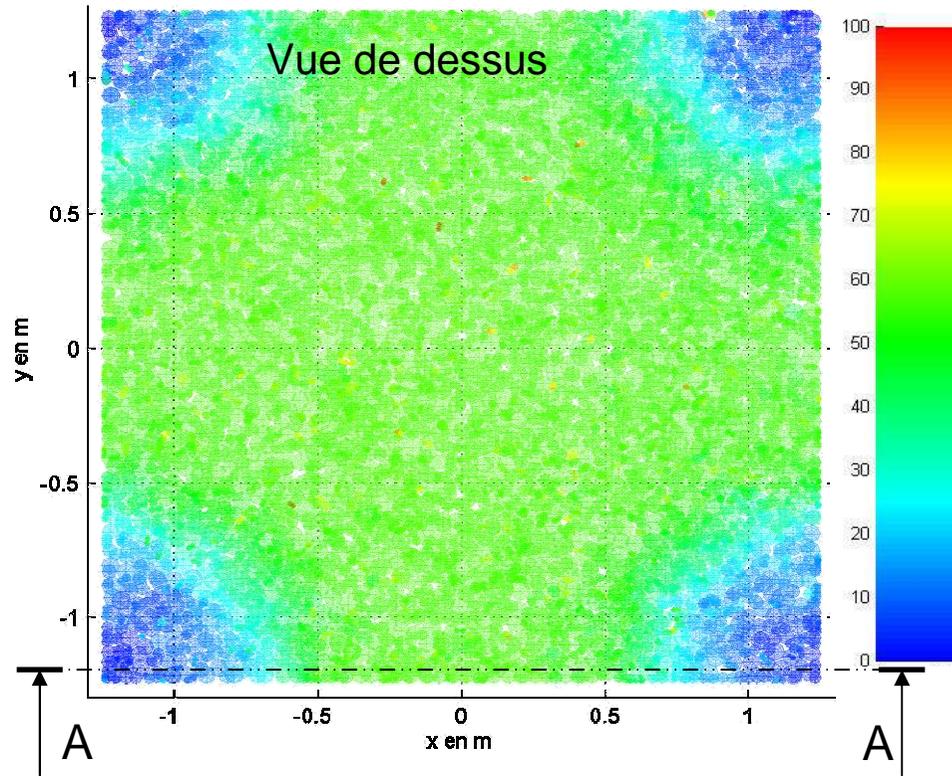


- Inclusions
 - Blocage des noeuds de l'interface
- Surcharge appliquée par paliers:
 - Poids propre,
 - 12kPa de surcharge,
 - 25kPa “
 - 47kPa “
 - 68kPa “

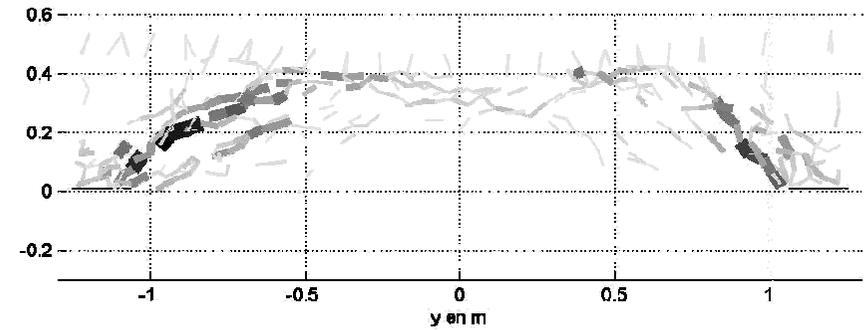
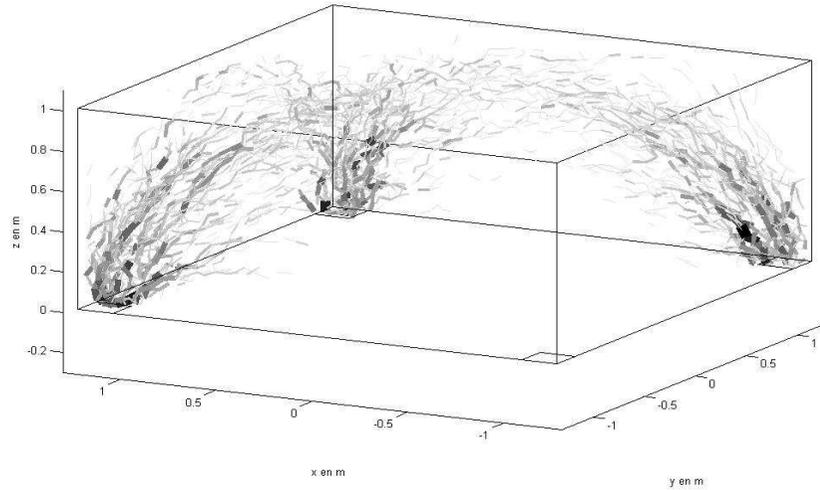


Mécanismes observés

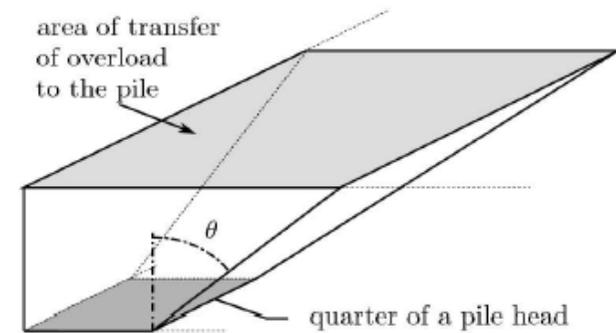
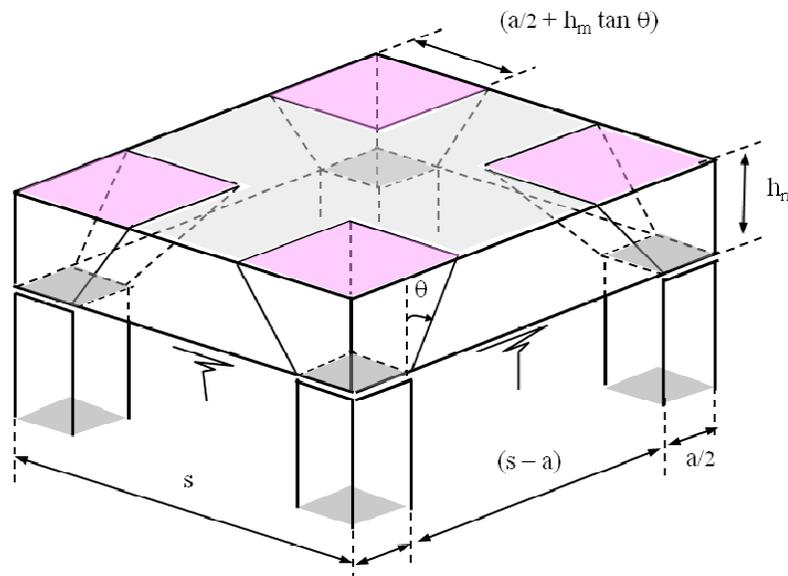
- Champs de déplacements



Mécanismes observés



- Zone de rupture similaire à celle proposée par Carlsson
 - \ Carlsson recommande $\theta=15^\circ$
 - \ valeur observée $\theta=45^\circ$
 - (proche de l'angle de frottement au pic)



Prédiction des transferts de charge

- En utilisant les hypothèses de Carlsson
 - Pas de transferts verticaux entre zone “passive” et zone “active”

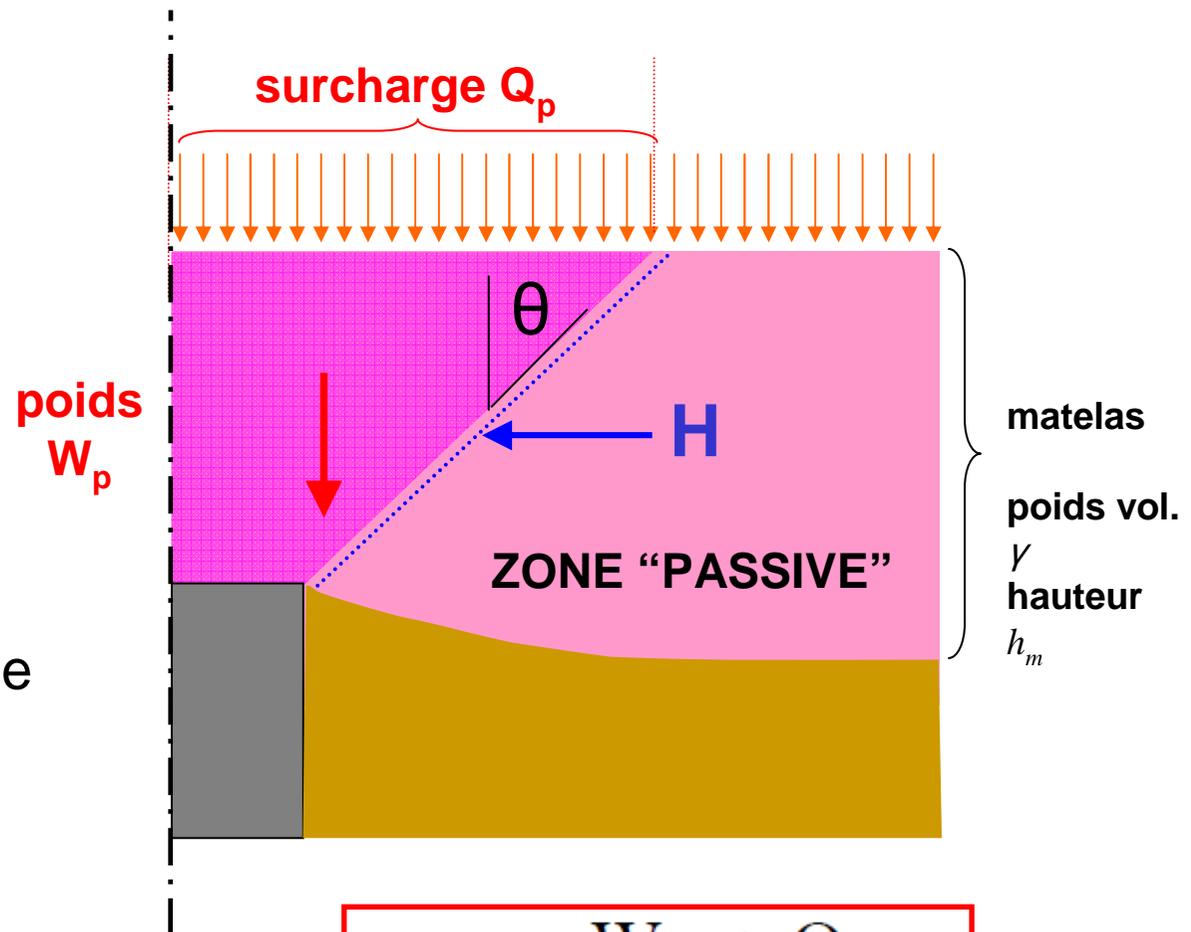
- Bilan des transferts de la zone active:

$$W_p = \frac{\gamma}{6 \tan \theta} \left((a + 2h_m \tan \theta)^3 - a^3 \right)$$

$$\text{for } h_m \leq h^* = \frac{s - a}{2 \tan \theta}$$

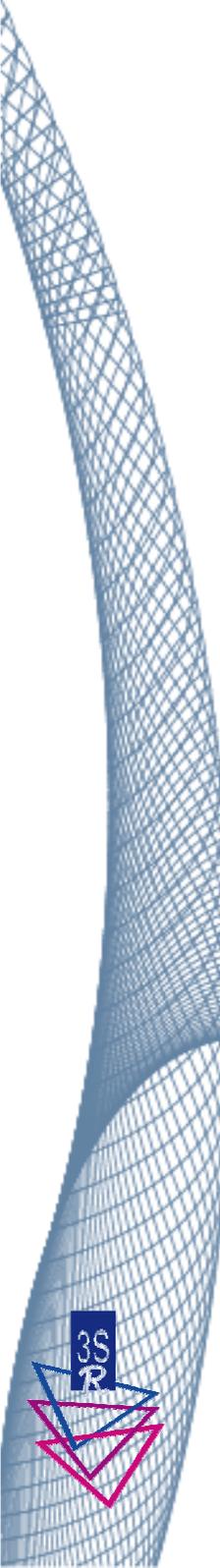
- Surcharge supportée

$$Q_p = q(a + 2h_m \tan \theta)^2$$

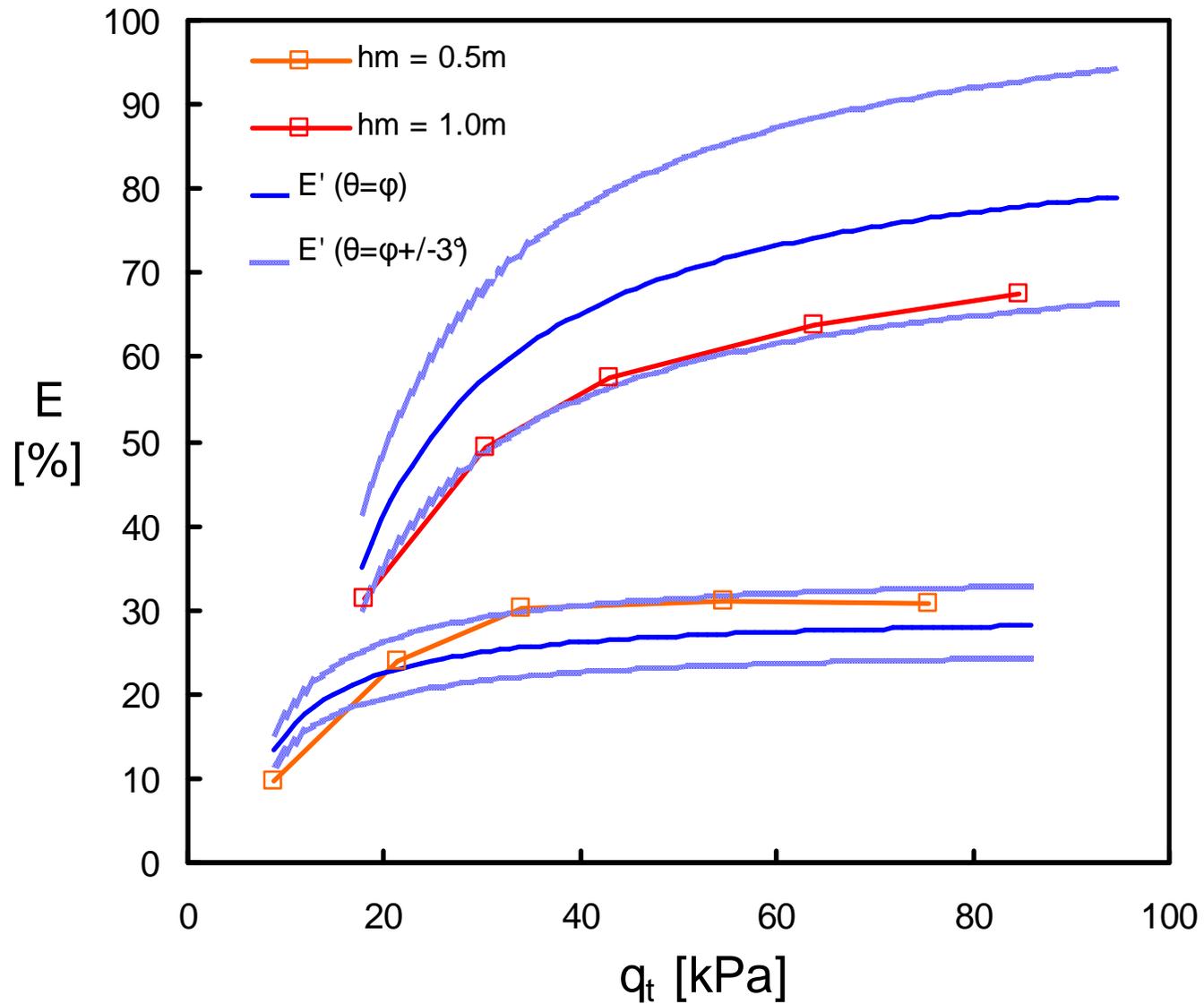


$$E' = \frac{W_p + Q_p}{s^2 (\gamma h_m + q)}$$

- D'où une efficacité estimée:



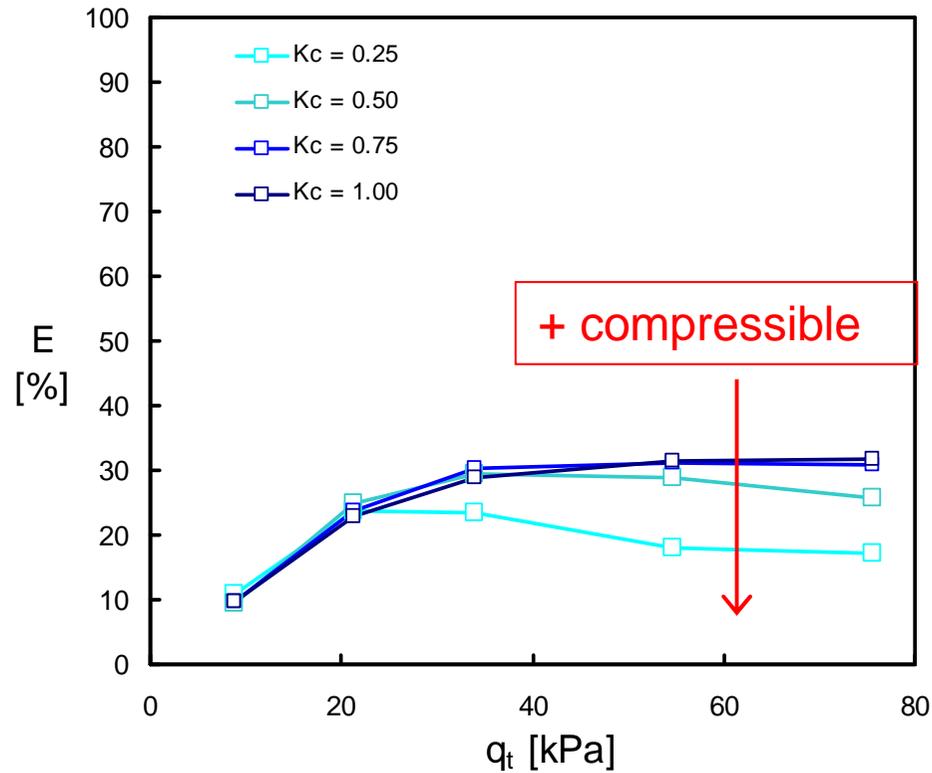
Prédiction des transferts de charge



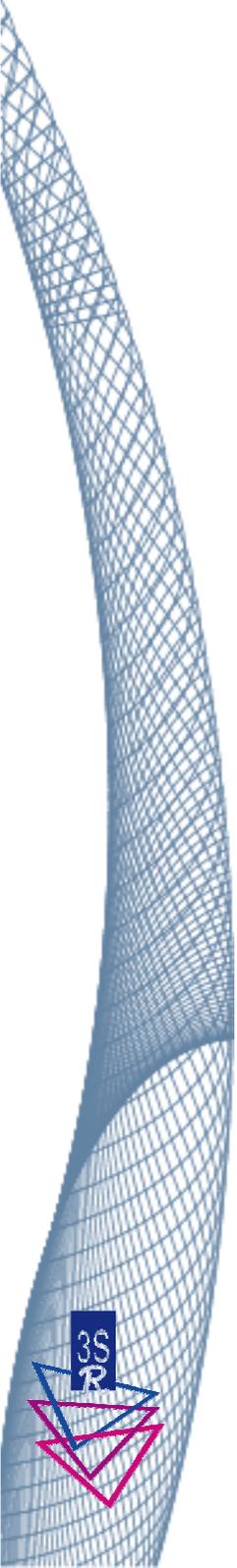
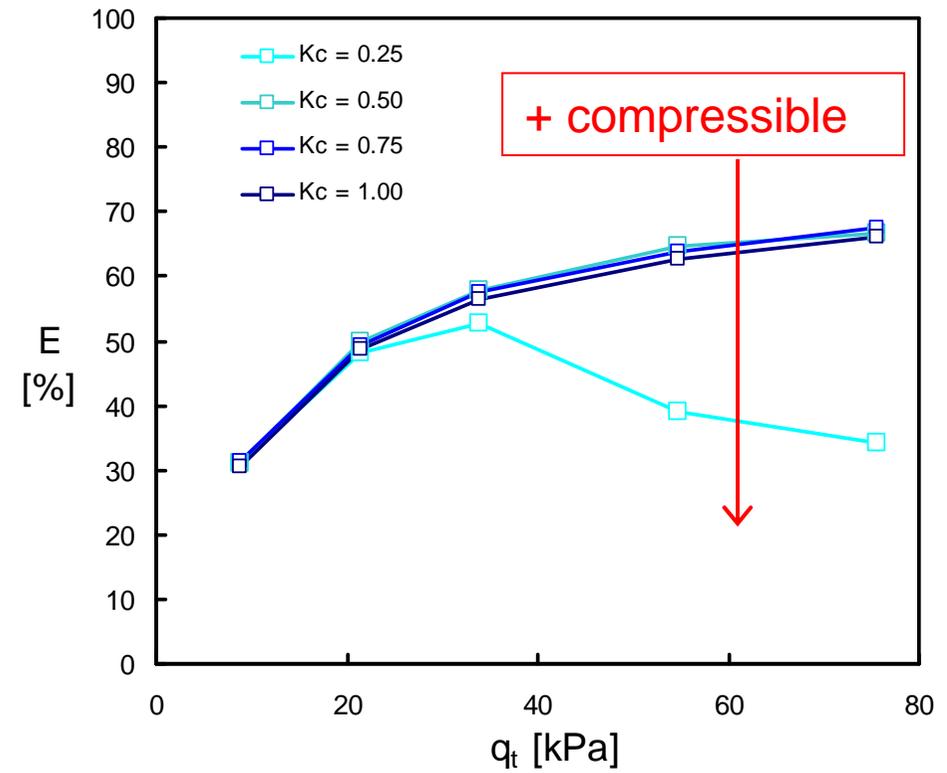
Pour une compressibilité du support de 0.75MPa/m

Effet de la compressibilité du support

Epaisseur $h_m = 0.5m$



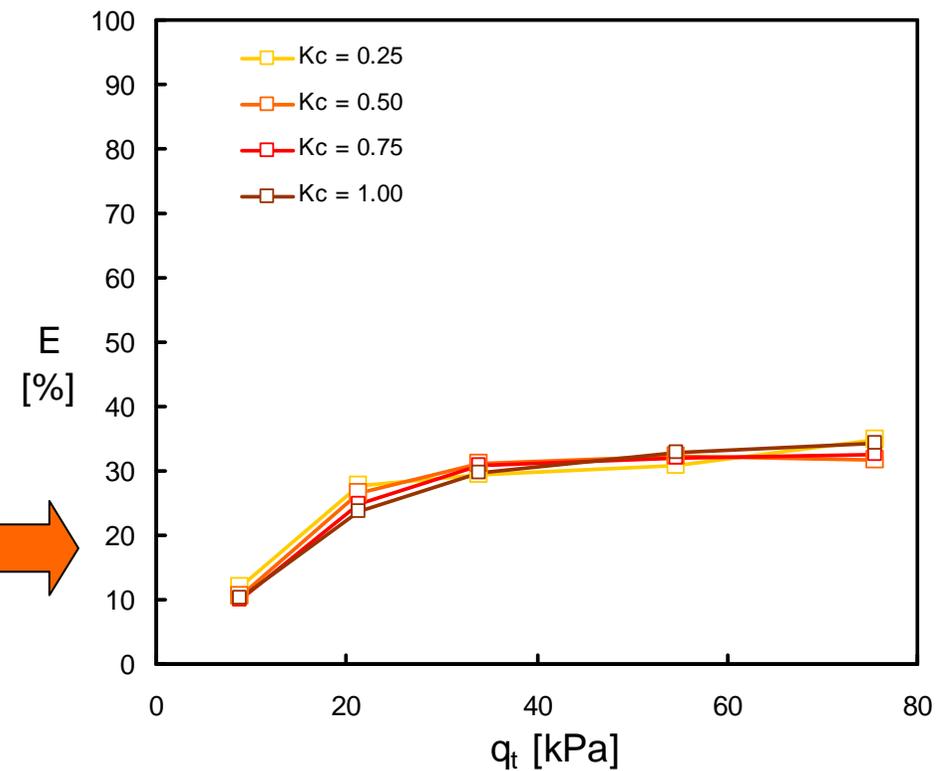
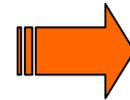
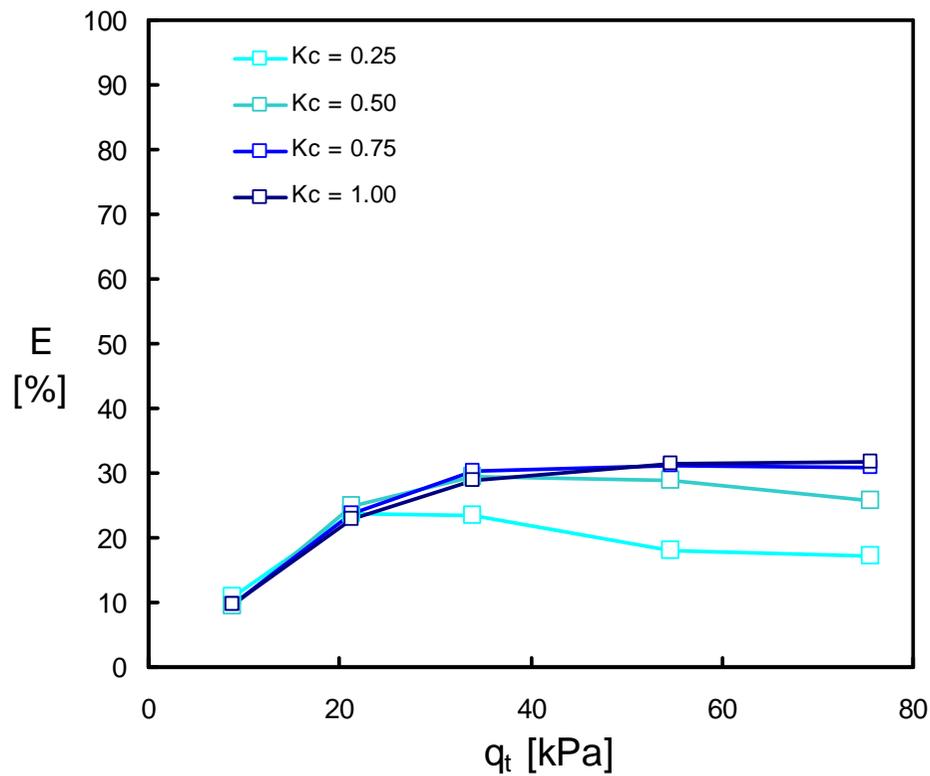
Epaisseur $h_m = 1.0m$



Effet d'un géosynthétique en base

Epaisseur $h_m=0.5m$
sans géosynthétique

Epaisseur $h_m=0.5m$
Avec géosynthétique



Bilan

- Les résultats ont montré un mécanisme de transfert de charge proche de celui proposé par Carlsson
 - “pyramide” inversée au-dessus de chaque pile
- Cependant, l’inclinaison de la frontière entre zone “active” et “passive” est assez différente de celle préconisée par Carlsson
 - proche de l’angle de frottement du matériau
- La prédiction des transferts de charge basée sur les hypothèses de Carlsson, modifiée par les nouvelles observations donnent des résultats satisfaisants



Bilan

- Un effet important de la compressibilité du support compressible sur l'efficacité des transferts de charge a été observée
 - Cet effet est néfaste car les transferts de charge peuvent diminuer fortement lorsque le support est plus compressible
 - La compressibilité du support (et donc son tassement) n'est pas prise en compte dans les méthodes de prédictions
 - L'ajout d'un géosynthétique en base permet de limiter cet effet de la compressibilité.

