

RÉPONSE D'UN MILIEU RENFORCÉ LORS DE LA RUPTURE PAR RENVERSEMENT DE LA PAROI DE SOUTÈNEMENT-ÉTUDE SUR MODELE REDUIT.

DAOUD S. Mohamed¹, MEGHACHOU Mourad¹, ABBAD Hichem¹

¹Faculté de technologie, Université Djillali Liabès, Laboratoire de génie civil et environnement, Sidi Bel Abbes, Algérie. daoudmed22@yahoo.fr

Résumé : Le présent travail résume l'essentiel d'une étude faite sur le mode de rupture d'un milieu renforcé par des nappes géotextiles, cette rupture est produite par la rotation d'une paroi de soutènement. Cette étude sera faite sur le comportement d'un milieu analogique, simulant un matériau purement granulaire, constitué de rouleaux cylindriques en acier. Le renforcement est constitué de nappes en géotextile non tissé. Un modèle réduit bidimensionnel a été conçu afin de reproduire un mode de rupture par renversement de la paroi de soutènement. Afin de décrire le comportement cinématique du milieu analogique, nous avons réalisé plusieurs séries d'essais en faisant varier le nombre de nappes de renforcement. Pour chaque essai réalisé, une série de photos numériques est prise de face et analysées par corrélation d'image. Ces photos matérialisent des configurations déformées différentes du milieu granulaire, engendrées par la rotation imposée de la paroi mobile

Mots-clés : milieu granulaire, matériau analogique, renforcement géotextile, modèle réduit, étude cinématique, renversement.

Abstract: This work summarises a study made on the mode of rupture of a reinforced medium using geotextile layers, this rupture is produced by the rotation of a retaining wall. This study will be made on the behaviour of an analogical medium, simulating a purely granular material, made up of cylindrical steel rollers. The reinforcement consists of non woven geotextile layers. A two-dimensional small-scale model was conceived in order to reproduce the overturning rupture of a retaining wall. In order to describe the kinematic behaviour of the analogical medium, we carried out several series of tests while varying the number of reinforcement layers. For each test carried out, a series of digital photos is taken of face and analysed by image correlation method. These photographs materialise different deformed configurations of the granular medium, generated by the imposed rotation of the mobile plate.

Key-Words: granular medium, analogical material, geotextil reinforcement, small-scale model, kinematic study, overturning.

1. Introduction

Le renforcement des remblais par des nappes en géotextile derrière les murs de soutènement est une technique offrant de multiples avantages. De nombreuses applications expérimentales et réelles de renforcement des sols par géotextile ont été réalisées et ont démontré leur grande utilité [1] & [3].

Nos travaux ont été entrepris afin de faire une étude cinématique sur le comportement d'un milieu purement granulaire sous différentes configurations de renforcement en simulant une rupture par renversement. Le principe est d'utiliser un matériau analogique simulant un remblai derrière une paroi de soutènement pivotant autour d'un axe fixe. Le modèle réduit a été conçu afin de simuler les phénomènes de poussée de butée et de renversement par des mouvements contrôlés d'une paroi mobile. Une étude paramétrique sera faite sur des renforcements avec une, deux et trois nappes.

2. Présentation du modèle expérimental

Le modèle réduit est constitué d'un cadre rigide en profilé métallique auquel est reliée une paroi pivotante, sa rotation est assurée par un vérin lui-même relié à un moteur électrique. Un matériau analogique simulant un sol purement granulaire sera disposé contre la paroi. La largeur de remplissage de notre milieu sera de 550mm de largeur et 300mm de hauteur (Figure 2).

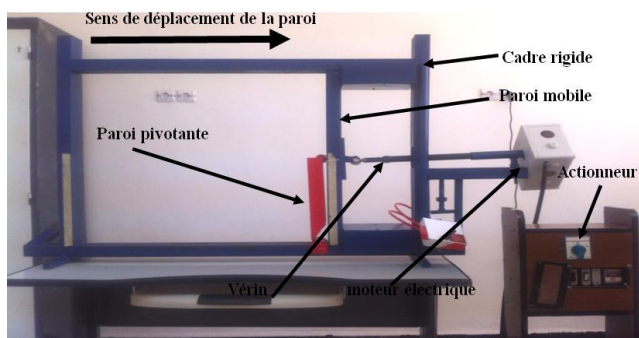


Figure 1 Photo du dispositif utilisé



Figure 2 : Disposition du matériau analogique

Schneebeli a montré que l'étude des problèmes en mécanique des matériaux granulaires peut être approchée à l'aide d'un dispositif 2D en remplaçant le sol en question par un empilement de rouleaux cylindriques ([2] et [4]).

Les rouleaux utilisés sont en acier et ont un diamètre de 4mm et une longueur de 70mm. Le matériau est dit monodisperse puisque un seul diamètre et un seul matériau est utilisé. Ces tiges supposées indéformables simulent ainsi des grains incompressibles.

Les déformations du milieu sont déterminées en supposons les champs de déplacement continu bien que les incréments de déplacement imposés sont discontinu. La mise en place des tiges est de telle sorte à avoir une configuration orthorhombique, celle-ci permettant de mettre le milieu dans un état dense avec un indice des vides de 0,142.

Afin d'obtenir un grain visuel, les tiges ont été teintées en leur extrémité par 5 couleurs différentes (Figure 3).

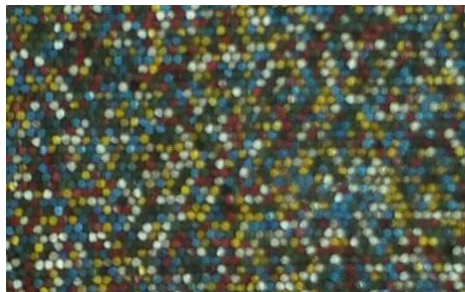


Figure 3 : Zoom sur le matériau constituant le matériau analogique

Pour les essais on a utilisé un géotextile non tissée d'une densité de 700 g/m^2 et de 3mm d'épaisseur. Avec une résistance à la traction de 45 KN/m , une déformation limite de 50% et une résistance au poinçonnement statique de 8400 N . Afin de simuler des nappes de renforcement, le géotextile a été découpé en bandes de 550mm de longueur et 70mm de largeur (Figure 4).



Figure 4 : Vue sur les bandes de renforcement

La procédure de remplissage diffère selon le nombre de nappes, à savoir dans le cas de l'essai sans renforcement le matériau est disposé sur toute la hauteur (300mm) en un trait. Pour un renforcement avec une seule nappe la hauteur de remplissage est divisée en deux ($2 \times 150 \text{ mm}$), pour un renforcement avec deux nappes on aura $3 \times 100 \text{ mm}$, pour un renforcement avec trois nappes on aura $4 \times 75 \text{ mm}$ (Figure 5).

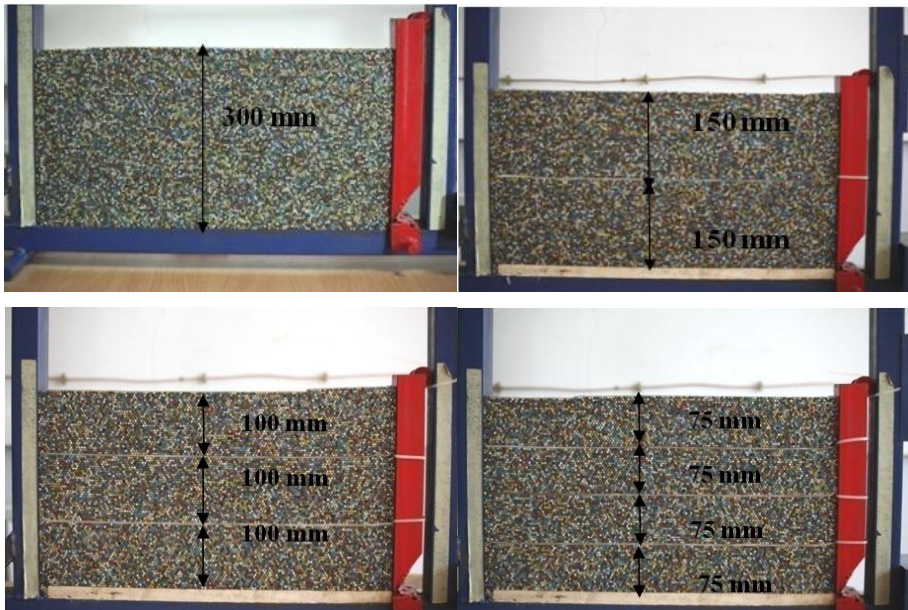


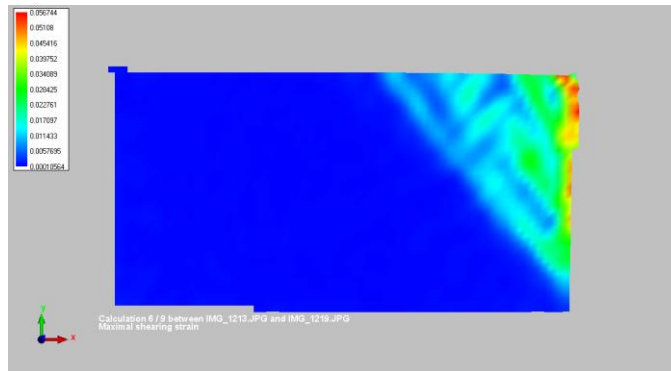
Figure 5 : Vue sur les différents types de configuration de renforcement

Les déplacements de la paroi mobile seront effectués selon incréments égaux, et les prises de photos seront appliquées après chaque incrément. Cependant l'analyse sera effectuée pour des rotations totales de la paroi de : 0.5° (1/100), 0.75° (1/75), 1° (1/50).

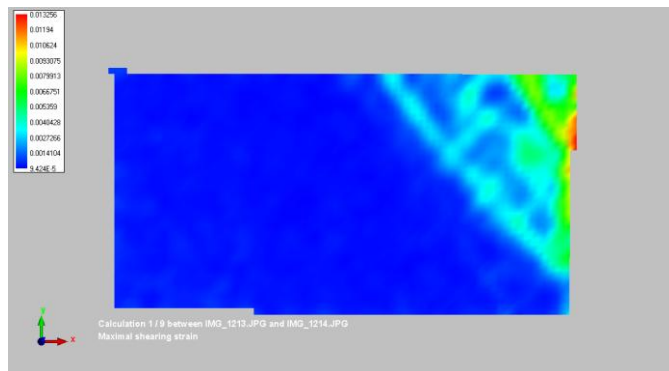
3. Analyses et interprétations des résultats

Pour une première approche l'analyse sera faite sur la configuration et le développement des bandes de cisaillement dans le milieu et ce pour différentes configurations de renforcement (milieu sans renforcement, milieu renforcé avec : une, deux et trois nappes). Les rotations de la paroi aux quelles les observations seront faites seront de : 1/100, 1/75 et 1/50.

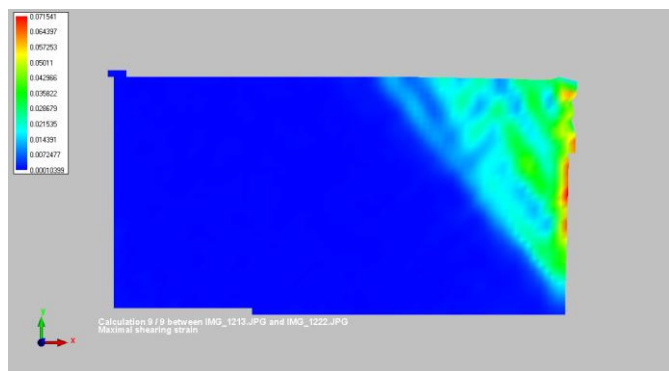
Dans ce qui suit, nous présenterons les résultats pour un milieu non renforcé, les incréments de rotation ne seront pas précisés, seul une étude phénoménologique sera faite.



(a)



(b)



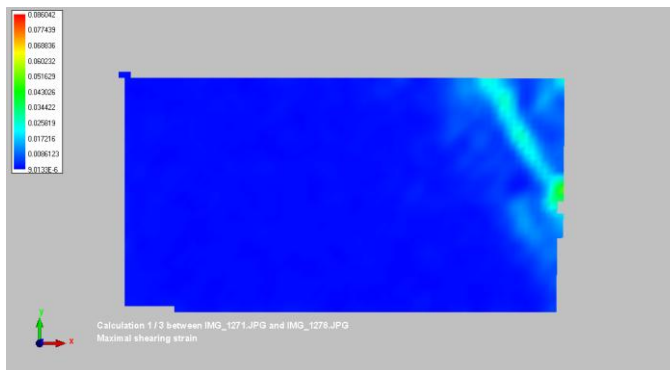
(c)

Figure 6 : Évolution du cisailment max pour : (a) 1er incrément, (b) 6ème incrément (c) 9 incrément.

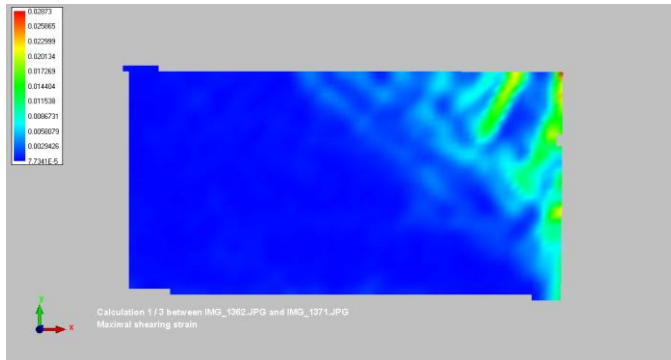
Observations et commentaires

- Le cisaillement au contact de la paroi est plus intense que le reste du milieu.
 - Les bandes de cisaillement restent en général avec la même allure mais une intensification est observée au cours des différents incréments.
 - La rupture du milieu se fait selon un bloc triangulaire avec des bandes de cisaillement parallèles ayant une orientation de la base de la paroi vers la surface libre. Cependant d'autres bandes moins intenses apparaissent avec une orientation perpendiculaire aux bandes principales. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que lors du renversement de la paroi le déplacement des tiges appartenant au bloc triangulaire se fait d'autant plus verticalement que horizontalement pouvant ainsi provoquer des cisaillements selon des orientations perpendiculaires en forme de « V ».
 - Les bandes de cisaillement sont plus intense sur la partie supérieure et avoisinante à la paroi, ceci est dû à l'effet de renversement puisque en terme de déplacement c'est cette partie qui subit le plus de déplacement.
- **Comparaison entre les différentes configurations de renforcement**

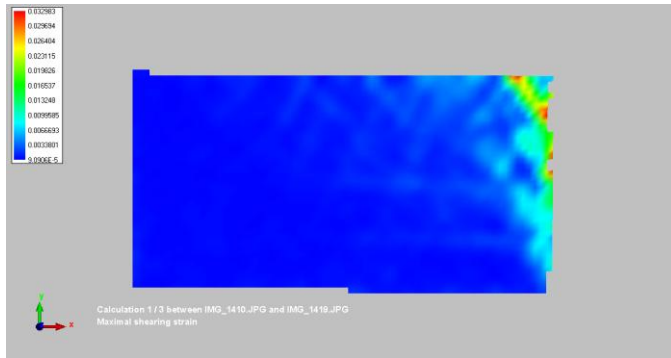
- *Incrément de renversement à 1/100 :*



(a)



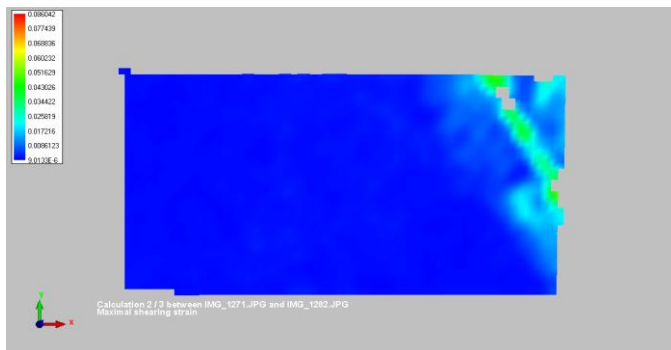
(b)



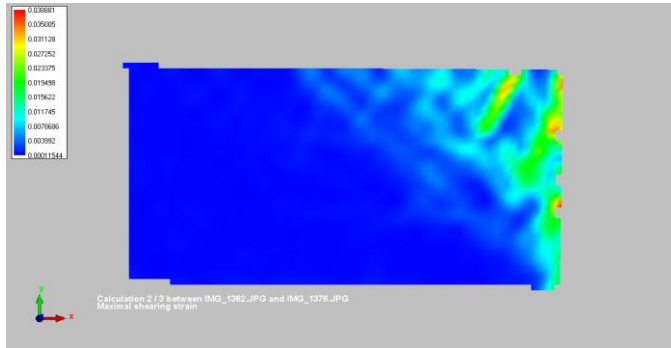
(c)

Figure 7 : Cisaillement max pour l'incrément 1/100 : (a) renforcement avec une nappe, (b) renforcement avec deux nappes, (c) renforcement avec trois nappes

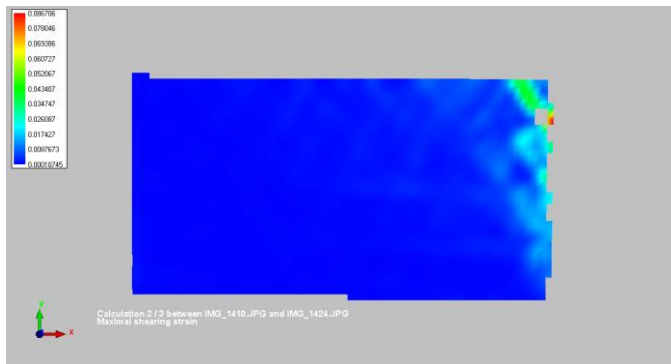
- *Incrément de renversement à 1/75 :*



(a)



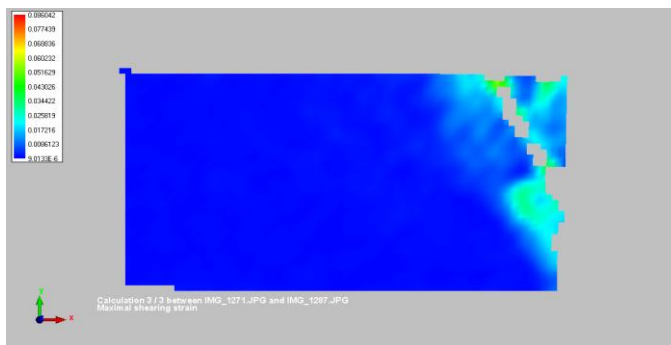
(b)



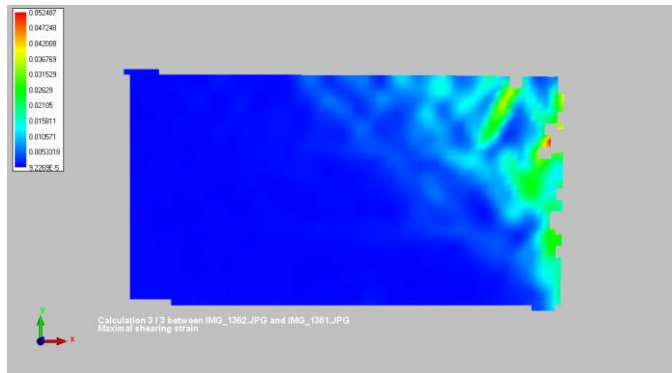
(c)

Figure 8. Cisaillement max pour l'incrément 1/75 : (a) renforcement avec une nappe, (b) renforcement avec deux nappes, (c) renforcement avec trois nappes

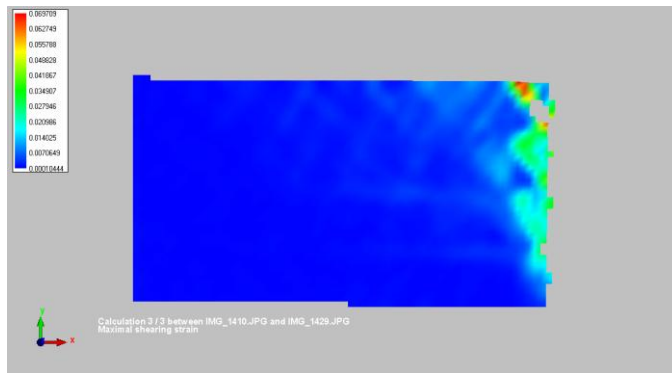
- *Incrément de renversement à 1/50 :*



(a)



(b)



(c)

Figure 9 : Cisaillement max pour l'incrément 1/50 : (a) renforcement avec une nappe, (b) renforcement avec deux nappes, (c) renforcement avec trois nappes.

Observations et commentaires

- On remarque que pour un renforcement à une nappe, une première bande de cisaillement se forme, prenant naissance à partir du point de jonction de la nappe avec la paroi vers la surface libre du milieu. Il y a formation d'une deuxième bande de cisaillement moins intense apparaissant dans la partie inférieure à la nappe.
- Pour le renforcement avec deux nappes, on remarque la formation de deux bandes de cisaillement principales d'intensité égale apparaissant chacune sur les deux parties supérieures du milieu, cependant leur orientation est

perpendiculaire à celle observée pour le cas d'une seule nappe. De plus il y a présence de bandes de cisaillement secondaires sur toute la surface du bloc renversé.

- Pour le cas avec trois nappes le cisaillement est moins propagé, ceci est expliqué par un renforcement plus important par rapport au deux autres.

En analysant les différents incréments de rotations, on remarque que les observations précédentes sont valables, toutefois avec une intensification des différentes bandes de cisaillement.

4. Conclusion

Au vu des résultats obtenus nous pouvons conclure de qui suit :

- Pour ce qui est du cisaillement max, nous avons pu caractériser le comportement déjà connu des milieux granulaires, à savoir l'apparition des bandes de cisaillement.
- L'analyse des différents résultats pour les différents essais; nous donne une vue sur l'influence que peut avoir le nombre de nappe de renforcement sur le comportement de notre milieu au cours de la rupture par renversement. Comme constat général nous pouvons dire que l'intensité du cisaillement est plus importante dans la partie supérieure du milieu, du fait que c'est cette partie qui subit le plus de déplacement.

Références

- [1] E.M Palmeira., F. Tatsuoka, R.J. Bathurst, P.E. Stevenson, J.G. Zornberg, *Advances in Geosynthetics Material and Applications for Soil Reinforcement and Environmental Protection Works*, Electronic J. of Geotechnical Engineering, Special Volume, 2008.
- [2] G. Schneebeli, *une analogie mécanique pour l'étude de la stabilité des ouvrages en terre à deux dimensions*, Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics & Foundation Engineering (I.C.S.M.F.E.), volume 2, Londres, 1957.
- [3] H. Wilson-Jones, J-P. Gourc, *Ouvrages renforcés par des géosynthétiques dans un modèle analogique plan*, Thèse de

- [4] Doctorat de l'Université Scientifique et Médical de Grenoble, Grenoble, France, 319 pages, (1992).
- [5] N. Dolzhenko, Etude expérimentale et numérique de modèle réduit bidimensionnel du creusement d'un tunnel. Développement d'une loi de comportement spécifique, Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, 2005.
- [6] P. Vacher, S. Dumoulin, F. Morestin, S. Mguil-Touchal, Bidimensional strain measurement using digital images, Proc. Instn. Mech. Engrs, vol. 213, Part C IMChE, p.811-817, 1999.