

### VI.1 Présentation du problème :

Il est possible de considérer le complexe (sol, géosynthétique) comme un matériau homogène. Nombreuses études ont été effectuées sur l'interaction sol/géosynthétique afin de déterminer la cohésion apparente de matériau à utiliser (Bathurst et carpurapu 1993 ; Reiffsteck 1996 ; Rajagopal et al. 1998 ; Malarvizhi et Ilamparuthi 2008).

Bathurst et carpurapu (1993) ont proposé une relation pour prédire la cohésion apparente de la colonne ballastée encapsuler par géosynthétique.

$$c_{ce} = \frac{\Delta\sigma_{3g}}{2} \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_c}{2}\right) \quad (1)$$

avec :

$$\Delta\sigma_{3g} = \frac{2E_g \varepsilon_c}{d(1 - \varepsilon_a)} \quad (2)$$

$$\varepsilon_c = \frac{(1 - \sqrt{1 - \varepsilon_a})}{1 - \varepsilon_a} \quad (3)$$

dans laquelle :

$\varphi_c$	Est	l'angle de frottement du ballast,
$\Delta\sigma_{3g}$		l'accroissement de la contrainte circonférentielle,
$E_g$		le module d'Young de la nappe géosynthétique,
$D$		le diamètre de la colonne,
$\varepsilon_c$		la déformation circonférentielle,
$\varepsilon_a$		la déformation axiale.

Malarvizhi et Ilamparuthi (2008) ont réalisé une importante série d'essais sur un modèle physique, et le comparer avec un modèle numérique, cette étude donne la cohésion apparente par la relation suivante :

$$c_{ce} = \frac{\Delta\sigma_{1g}}{2} \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_c}{2}\right) + \frac{\Delta\sigma_{3g}}{2} \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_c}{2}\right) \quad (4)$$

avec :

$$\Delta\sigma_{1g} = \frac{\pi d E_g \varepsilon_a (1 - \varepsilon_a)}{A_0} \quad (5)$$

dans laquelle :

$\Delta\sigma_{1g}$  Est l'accroissement de la contrainte axiale,

$d_\varepsilon$  le diamètre de la colonne a la déformation axiale  $\varepsilon$ ,

$A_c$  la surface de la section de la colonne.

## VI. 2 Validation du modèle et comparaison :

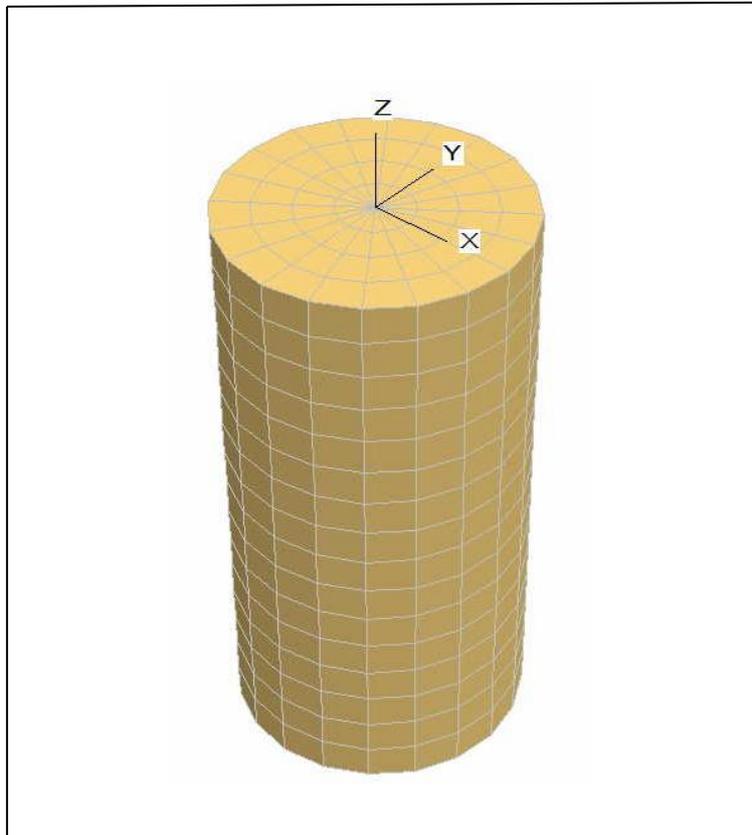
Dans la présente étude, une modélisation numérique tridimensionnelle de l'essai triaxial sur une colonne ballastée avec et sans encapsulation par géosynthétique a été réalisée pour trouver la cohésion apparente, comme illustrées sur la figure 1. Il s'agit d'un cylindre à une section de diamètre  $d_c = 0,80$  m, avec une hauteur de 1,60m. Le comportement du ballast est régi par une loi élastique-parfaitement plastique et le critère de Mohr-Coulomb avec la règle d'écoulement associée a été adopté. Les valeurs des paramètres du ballast sont présentées dans le tableau 1. La nappe géosynthétique est modélisée en utilisant l'élément de structure du type « geogrid ». L'interface sol-géogrid est caractérisée par la cohésion  $c_{gs}$ , l'angle de frottement  $\varphi_{gs}$  et la raideur du ressort  $k$ . Le glissement se produit dans le ballast et non à l'interface sol-renforcement ( $\varphi_{gs} = \varphi_c$  et  $c_{gs} = c_c$ ). Les valeurs des paramètres de l'élément géogrid sont données dans le tableau 2.

**Tableau4. 1** : Caractéristiques mécaniques de colonne ballastée, d'après Abusharar et Han (2011) et Zhang et al. (2014)

	Diamètre ou Epaisseur du mur $d$	Module d'Young $E$	Coefficient t de Poisson $\nu$	Poids volumique $\gamma$	Angle de frottement $\varphi$	Cohésio n $c$
Unité	M	MPa	-	kg/m <sup>3</sup>	°	kPa
Colonne ballastée	0,800	40	0,30	1700	38	0

**Tableau4. 2** : Caractéristiques de géosynthétique

	Raideur de la géogrille $J$	Coefficient de Poisso n $\nu$	Epaisseur $t$	Angle de frottement $\varphi_{gs}$	Cohésion $c_{gs}$	Raideur du ressort $k$
Unité	kN/m	-	M	°	kPa	kPa /m
Géosynthétique	500	0.4	$5 \times 10^{-3}$	32	0	$10^3$



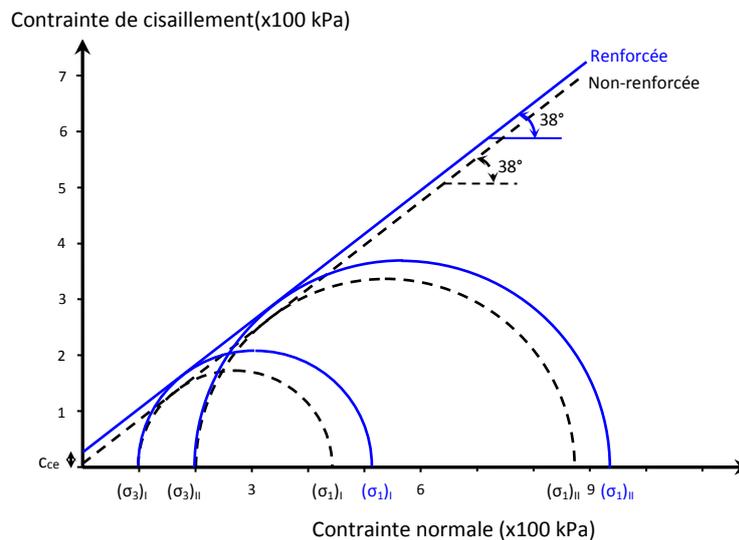
**Figure VI.1:** Modèle de l'essai triaxial de la colonne ballastée.

La modélisation numérique a été répétée pour deux différentes valeurs de contrainte isotrope  $\sigma_3$ , dans les deux cas (avec et sans encapsulation par géosynthétique), on peut tracer les cercles de Mohr ainsi de déterminer la droite intrinsèque du ballast et du matériau composite (ballast, géosynthétique) comme illustrées sur la figure VI.2 :

La cohésion apparente déterminée en utilisant la relation de Bathurst et carpurapu (1993) est  $c_{ce} = 12,6$  kPa, en outre l'utilisation des relations de Malarvizhi et Ilamparuthi (2008) nous donne une cohésion apparente  $c_{ce} = 23,6$  kPa. La modélisation tridimensionnelle de la colonne ballastée avec encapsulation par géosynthétique nous donne une cohésion apparente  $c_{ce} = 22,8$

kPa. Il est clair que dans le cas d'un ballast encapsulé par géosynthétique, le modèle tridimensionnel de la présente étude donnent des résultats en excellent accord avec les résultats en utilisant les relations de Malarvizhi et Ilamparuthi (2008) ; par ailleurs, on peut constater une sous-estimation de la cohésion apparente trouvée par l'utilisation de la relation de Bathurst et carpurapu (1993). Aussi, il est intéressant de noter que la courbe intrinsèque du ballast non-renforcée nous donne les mêmes caractéristiques mécaniques du ballast modélisé ( $\varphi_c = 38^\circ$  et  $c_c = 0$  kPa).

Après la comparaison des résultats obtenus par l'utilisation des relations de Bathurst et carpurapu (1993) et Malarvizhi et Ilamparuthi (2008) avec le résultat du modèle de la présente étude, on adopte la méthode de Malarvizhi et Ilamparuthi (2008) pour trouver la cohésion apparente des colonnes ballastées encapsulées par géosynthétique.



**Figure VI.2 :** La droite intrinsèque du ballast et du ballast renforcé par géosynthétique.