SSNV210 – Essai de cisaillement drainé avec la loi de Hujeux

Résumé

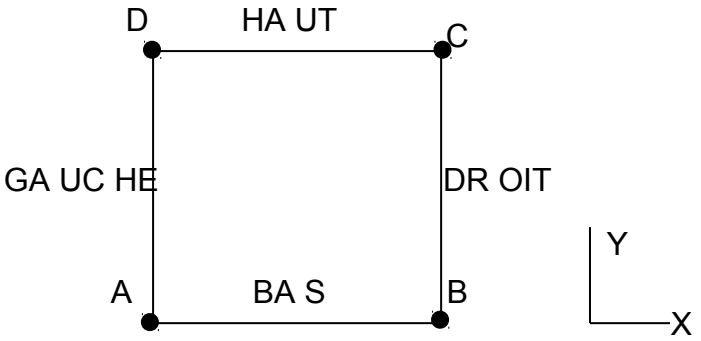
On réalise un *essai de cisaillement en mécanique pure* (équivalent à des conditions hydrauliques drainées) avec *la loi de Hujeux*. Les solutions sont obtenus avec des paramètres élastiques orthotropes modélisant un comportement isotrope et on compare les résultats à une modélisation avec paramètres élastiques isotropes afin de valider les termes en cisaillement du tenseur de Hooke orthotrope de la loi de Hujeux.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

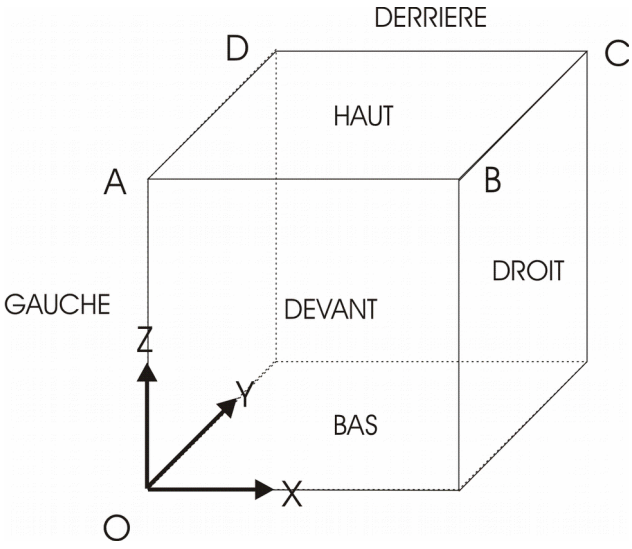
1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Pour la modélisation A l'essai de cisaillement est effectué sur un seul élément fini isoparamétrique de forme carrée QUAD8, groupe de maille nommé $BLOC$. La longueur de chaque arête vaut $1\mathrm{m}$. Les différents côtés de ce carré sont des groupes de maille nommés $HAUT$, BAS, $DROIT$ et $GAUCHE$. Le groupe de mailles $COTE$ contient par ailleurs les groupes de maille $DROIT$ et $GAUCHE$; le groupe de maille $APPUI$ le groupe de maille BAS.



Pour la modélisation B l'essai est effectué sur un seul élément fini isoparamétrique de forme cubique HEXA8. La longueur de chaque arête vaut 1. Les différentes facettes de ce cube sont des groupes de mailles nommés $HAUT$, BAS, $DEVANT$, $ARRIERE$, $DROIT$ et $GAUCHE$.



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.2 Propriétés de matériaux du sable d'Hostun

Les propriétés élastiques sont :

•module de compressibilité isotrope : $K=148\,MPa$

•module de cisaillement : $\mu=68\,MPa$

Les propriétés élastiques orthotropes équivalentes sont :

• $E_L=E_T=E_N=176.906250\,MPa$

• $G_L=G_T=G_N=68\,MPa$

• $\nu_L=\nu_T=\nu_N=0.30078125$

Les propriétés anélastiques (modèle de Hujeux) sont issues du mémoire de thèse de K.Hamadi **[2]** et correspondent à du sable d'Hostun peu dense :

•puissance de la loi élastique non-linéaire : $n_e=0.$ (élastique linéaire)

• $\beta=30.$

• $d=2.5$

• $b=0.2$

•angle de frottement : $\phi=33°$

•angle caractéristique : $\Psi=33°$

•pression critique : $P_{CO}=-400\,kPa$

•pression de référence : $P_{ref}=-1000\,kPa$

•rayon élastique du mécanisme isotrope : $r_{ela}^{s}=10^{-4}$

•rayon élastique du mécanisme déviatoire : $r_{ela}^{d}=0.01$

• $a_{mon}=0.017$

• $a_{cyc}=0.0001$

• $c_{mon}=0.08$

• $c_{cyc}=0.04$

• $r_{hys}=0.05$

• $r_{mob}=0.9$

• $x_m=1.$

• $dila=1.$

1.3 Conditions aux limites et chargements

L'essai de cisaillement présenté ici est réalisé en modélisation `D_PLAN` (modélisation A) et `3D` (modélisation B).

Pour la modélisation A, les déplacements normaux au plan d'études sont nuls. On impose sur l'éprouvette un déplacement vertical tout en maintenant la pression latérale constante dans le plan d'étude. Dans le modèle considéré, l'élément carré représente un quart de l'échantillon. Les conditions aux limites sont donc les suivantes :

Les conditions de symétrie :

• $u_y=0.$ sur le groupe de maille BAS

• $u_x=0.$ sur le groupe de maille $GAUCHE$

Les conditions de pression latérale :

• $P_n=100\,kPa$ sur le groupe de maille $COTE$

Les conditions de chargement :

• $P_n=100\,kPa$ sur le groupe de maille $HAUT$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

• $u_x = -1\ mm$ sur le groupe de maille $HAUT$

Le chargement s'effectue en deux phases :

•Un état de contraintes isotrope, $P_o = 100\ kPa$, est affecté initialement sur la maille $BLOC$;

•Un déplacement hoizontal est imposé sur le groupe de mailles $HAUT$ et varie entre $t = 0.$ et $t = 10.$ de $u_y = 0.$ et $u_x = -1\ mm$.

Pour la modélisation B, on impose sur l'éprouvette un encastrement sur la face BAS et un déplacement horizontal selon X sur la face $HAUT$, tout en maintenant la pression latérale constante dans les faces latérales. Les conditions aux limites sont donc les suivantes :

La condition d'encastrement :

• $u_x = u_y = u_z = 0$ sur le groupe de maille BAS

Les conditions de pression latérale :

• $P_n = 100\ kPa$ sur les groupes de maille $DEVANT$, $ARRIERE$, $DROIT$ et $GAUCHE$.

Les conditions de chargement :

• $P_n = 100\ kPa$ sur le groupe de maille $HAUT$ appliqué dès le premier instant de calcul et maintenu par la suite

• $u_x = -0{,}2\ m$ sur le groupe de maille $HAUT$ appliqué progressivement par une fonction rampe

Le chargement s'effectue donc en deux phases :

•Un état de contraintes isotrope, $P_o = 100\ kPa$, est affecté initialement sur les mailles $HAUT$, $DEVANT$, $ARRIERE$, $DROIT$ et $GAUCHE$. ;

•Un déplacement horizontal selon X est imposé sur le groupe de mailles $HAUT$ et varie entre $t = 0.$ et $t = 10.$ de $u_x = 0.$ et $u_x = -0.2\ m$.

1.4 Résultats

Les solutions sont post-traitées au point C , en termes de contrainte σ_{xy} , de déformation volumique totale ε_v et de coefficients d'écrouissage isotrope $\left(r_{ela}^{iso,m} + r_{iso}^{m} \right)$ et déviatoire $\left(r_{ela}^{d,m} + r_{dev}^{m} \right)$.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.5 Références bibliographiques

[1] Foucault A. « *Modélisation du comportement cyclique des ouvrages en terre intégrant des techniques de régularisation ».* Thèse de Docteur, École Centrale Paris, Châtenay Malabry, France, 2010.

[2] Hamadi K. « *Modélisation des bifurcations et des instabilités dans les géomatériaux*». Thèse de Docteur, École Centrale Paris, Châtenay Malabry, France, 2006

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est bidimensionnelle à déformations planes D_PLAN et statique non-linéaire.
Le déplacement horizontal imposé à la facette supérieure varie entre 0 et $-1\,mm$ en 100 pas de temps entre $t=0.$ et $t=10$. La subdivision automatique du pas de temps est activée pour gérer les situations de non convergence de l'intégration locale.

2.2 Grandeurs testées et résultats

Les solutions sont calculées au point C pour le matériau orthotrope et comparées à une modélisation code_aster avec un matériau isotrope. Elles sont données en termes de contrainte σ_{xy} , de déformation volumique totale ε_v et de coefficients d'écrouissage isotrope $\left(r_{ela}^{iso,m}+r_{iso}^{m}\right)$ et déviatoire $\left(r_{ela}^{d,m}+r_{dev}^{m}\right)$, et récapitulées dans les tableaux suivants :

$\sigma_{xy}(kPa)$

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	-9.905E+03	0.1

$\varepsilon_V = trace(\varepsilon)$

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	-6.604E-05	0.1

$\left(r_{ela}^{d,m}+r_{dev}^{m}\right)$ (Plan YZ)

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	1.69732E-02	0.1

$\left(r_{ela}^{d,m}+r_{dev}^{m}\right)$ (Plan XY)

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	1.43123E-01	0.1

$\left(r_{ela}^{iso,m}+r_{iso}^{m}\right)$

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	1.00107E-01	0.1

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est tridimensionnelle 3D et statique non-linéaire.
Le déplacement horizontal imposé à la facette supérieure varie entre 0 et $-0.05\,m$ en 100 pas de temps entre $t=0.$ et $t=10$. La subdivision automatique du pas de temps est activée pour gérer les situations de non convergence de l'intégration locale.

3.2 Grandeurs testées et résultats

Les solutions sont calculées au point C pour le matériau orthotrope et comparées à une modélisation code_aster avec un matériau isotrope. Elles sont données en termes de contrainte σ_{xy}, de déformation volumique totale ε_v et de coefficients d'écrouissage isotrope $\left(r_{ela}^{iso,m}+r_{iso}^{m}\right)$ et déviatoire $\left(r_{ela}^{d,m}+r_{dev}^{m}\right)$, et récapitulées dans les tableaux suivants :

$\sigma_{xy}(kPa)$

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	-2.19255E+04	0.1

$\varepsilon_V = trace(\varepsilon)$

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	-1.83338E-03	0.2

$\left(r_{ela}^{d,m}+r_{dev}^{m}\right)$ (Plan XY)

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	8.86260E-01	0.1

$\left(r_{ela}^{iso,m}+r_{iso}^{m}\right)$

t	TYPE	ISOTROPE	Tolérance (%)
10.0	'AUTRE_ASTER'	9.12771E-02	0.1

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)