WTNV136 – Modélisation 3D du gonflement d'une argile avec le modèle GonfElas

Résumé :

Ce test permet de valider le modèle dit «GonfElas ». Ce modèle élastique non linéaire dépendant de la succion, décrit le comportement gonflant de certains types d'argile. Typiquement il est utilisé pour modéliser le comportement des bouchons d'argile compacté - ou bentonite - utilisés pour fermer les alvéoles de stockage de déchets radioactifs. C'est une version très simplifiée (partie élastique) du modèle de Barcelone.
Ce modèle est écrit en fonction du couple de variables suivant : la contrainte nette et la succion (la succion est la pression capillaire).

Ce test représente la pression de gonflement d'une cellule d'argile que l'on remplit d'eau. Ce cas-test est la déclinaison du cas test WTNA110 à une géométrie 3D .

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Un cube de $1\,m$ de coté.

1.2 Propriétés du matériau

Propriétés élastiques :

$E+150.10^{6}\,Pa$
$\nu=0.3$

Paramètres spécifiques au modèle `GonfElas` *:*

- $\beta_m=0.1142$
- Pression de référence $A=1.\,Mpa$

Propriétés hydrauliques :

Eau liquide	Masse volumique ($kg.m^{-3}$)	1.10^3
	Chaleur à pression constante ($J.K^{-1}$)	4180
	coefficient de dilatation thermique du liquide (K^{-1})	10^{-4}
	Compressibilité (Pa^{-1})	5.10^{-10}
	Viscosité ($Pa.s$)	10^{-3}
Gaz	Masse molaire ($kg.\,Mol^{-1}$)	0,002
	Chaleur à pression constante ($J.K^{-1}$)	1000
	Viscosité ($Pa.s$)	$9.\,10^{-6}$
Squelette	Capacité calorifique à contrainte constante ($J.K^{-1}$)	1000
Constantes	Constante des gaz parfaits	8,315
Coefficients homogénéisés	Masse volumique homogénéisée ($kg.m^{-3}$)	2000
	Coefficient de Biot	1
	Paramètres du modèle de Van-Genuchten	
	N	1,61
	$Pr(Mpa)$	16.10^{6}
	Sr	0
Etat de référence	Porosité	0,366
	Température ($°K$)	303
	Pression capillaire (Pa)	0.

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

Pression de gaz (Pa)	10

1.3 Conditions initiales

A $t=0$:

- $Pgaz=1\text{atm}$
- $S=0,5$ (soit $Pc=44,7\,Mpa$ et $p_w=-44.6\,Mpa$)
- Contrainte totale en compression égale à -1 atm.

1.4 Conditions aux limites et chargements

Tous les déplacements sont bloqués au bord ($DX=DY=DZ=0$).
Les flux sont nuls.
La saturation initiale est de $50\,\%$: on augmente la saturation et on suit l'évolution de la contrainte totale. Par définition, la pression de gonflement est la contrainte obtenue à resaturation complète.

Pour cela on impose sur l'ensemble du domaine un chargement en pression capillaire décroissant linéairement en 1s entre $44,7\,Mpa$ et $-10\,Mpa$.

1.5 Références bibliographiques

1. Gérard, P., Charlier R., Barnichon, J.D., Su, K. Shao, J-F, Duveau, G., Giot, R., Chavant, C. Collin, F. « Numerical modeling of coupled mechanics and gas transfert » Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, 2008, vol. 38, No. 1, pp. 101-120.

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

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D _HH2MS sur 1 maille HEXA20.

1 seconde est simulée par 500 pas de temps.

2.2 Résultat de la modélisation A

La Figure 2.2-a montre l'évolution de la contrainte totale en fonction de la pression capillaire homogène en tout point. Le post traitement est ici fait au nœud $N8$ de coordonnées $(0,5\,;0,5\,;0,5)$. Dans la partie saturée ($Pc \leq 0$), la diminution de la pression capillaire correspond à une augmentation de pression d'eau et la contrainte totale croît linéairement. On constate que la pente de la courbe est continue.

Les paramètres A et β_m ont été calculés de manière à retrouver une pression de gonflement de $7\,MPa$. Lorsque la saturation atteint 1 (ou la pression capillaire 0), la pression de gonflement est donnée par la formule suivante :

$$\frac{P_{gf}}{A} = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{\beta_m}} + \frac{1}{2\beta_m}$$

On retrouve donc bien l'allure classique de la contrainte de gonflement et on vérifie que la courbe coupe bien l'axe des ordonnées ($PC = 0$) avec une valeur de $7\,Mpa$.

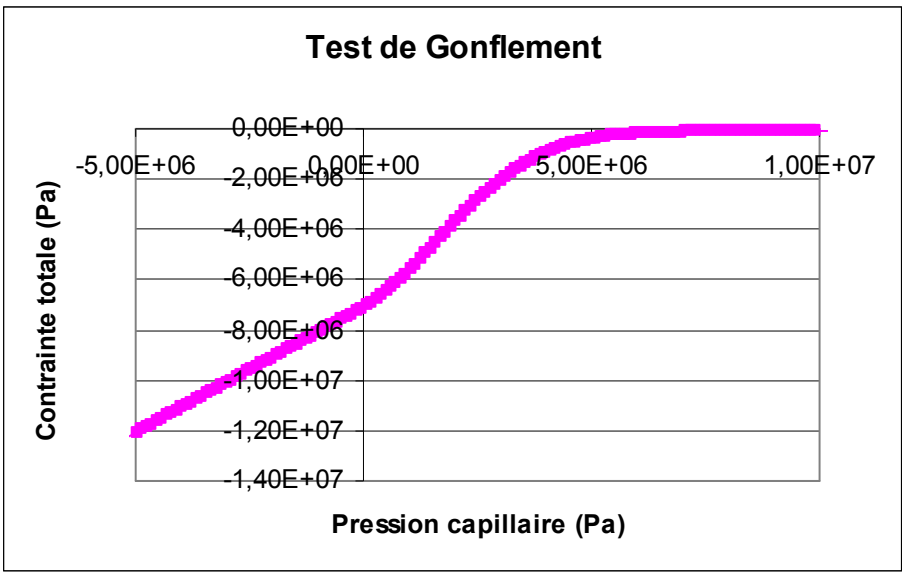


Figure 2.2-a test de gonflement

On rappelle sur la figure l'évolution de la pression capillaire en fonction du temps correspondant au chargement du problème:

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

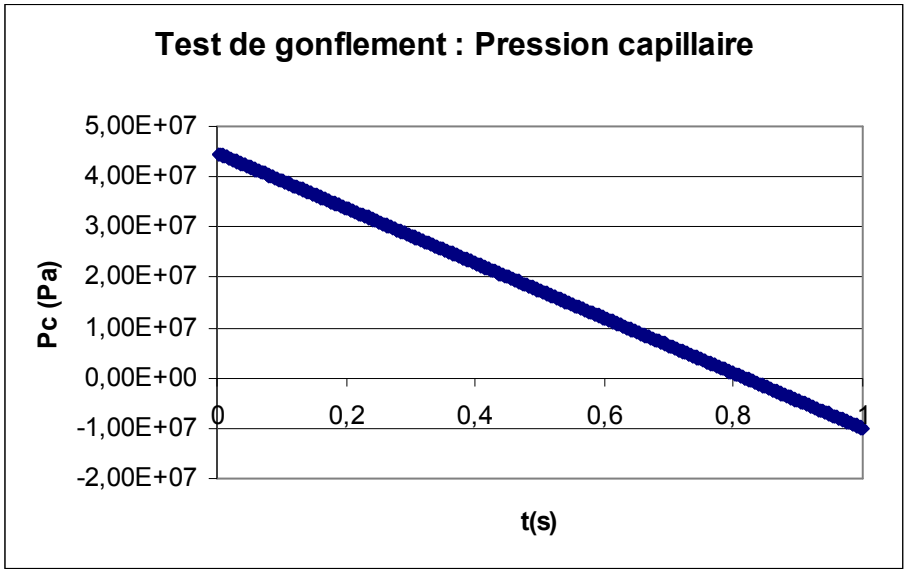


Figure 2.2-b : pression capillaire (N3)

2.3 Grandeurs testées et résultats

Ce cas-test n'a pas de valeur de référence, on en fait donc un cas de non régression.
On effectue des tests sur deux valeurs :

N	Temps (s)	$SIXX$ Aster	Erreur relative autorisée (%)
N8	0,6	-4,56.10 ^{4}	0.1%
N8	0.8163	-5,67.10 ^{6}	0.1%

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

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Même modélisation que la modélisation A mais en HH2MS, la succion étant imposée, les résultats qui en dépendent ne changent pas.

3.2 Grandeurs testées et résultats

N	Temps (s)	$SIXX$ Aster	Erreur relative autorisée (%)
N8	0,6	$-4{,}56.10^{4}$	0.1%
N8	0.8163	$-5{,}67.10^{6}$	0.1%

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

4 Modélisation C

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Même modélisation que la modélisation A mais en THH2MS, la succion étant imposée, les résultats qui en dépendent ne changent pas.

4.2 Grandeurs testées et résultats

N	Temps (s)	$SIXX$ Aster	Erreur relative autorisée (%)
N8	0,6	$-4{,}56.10^{4}$	0.1%
N8	0.8163	$-5{,}67.10^{6}$	0.1%

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

5 Modélisation D

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Même modélisation que la modélisation B mais en THHMS, la succion étant imposée les résultats qui en dépendent ne changent pas.

5.2 Valeurs testées

N	Temps (s)	$SIXX$ *Aster*	Erreur relative autorisée (%)
$N8$	0,6	-4,56.10 ^{4}	0.1%
$N8$	0.8163	-5,67.10 ^{6}	0.1%

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

6 Modélisation E

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D HH2MS_DIL sur 1 maille HEXA20.

Il s'agit de la même modélisation que la modélisation A, mais avec second gradient.

6.2 Valeurs testées

Il s'agit d'un test de non-regression.

N	Temps (s)	$SIXX$ *Aster*	Erreur relative autorisée (%)
N8	0,6	-4,56.10 ^{4}	0.1%
N8	0.8163	-5,66.10 ^{6}	0.1%

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