WTNV103 – Modélisation 3D du gonflement non contraint avec le modèle GonfElas

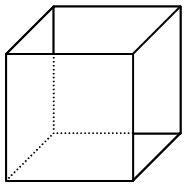
Résumé :

Ce test représente le gonflement d'une cellule que l'on remplit d'eau. Il utilise le modèle « GonfElas » qui a été initialement développé par Dashnor Hoxha. Il s'agit d'un modèle élastique non linéaire dépendant de la succion et décrivant le comportement gonflant de certains types d'argile. Ce modèle est écrit en fonction du couple de variables suivant : la contrainte nette et la succion (la succion est la pression capillaire). Il peut être considéré comme la partie élastique du modèle de Barcelone.
Ce test est une déclinaison du test wtnv136 avec des déplacements libres.

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 $A=1.\,Mpa$

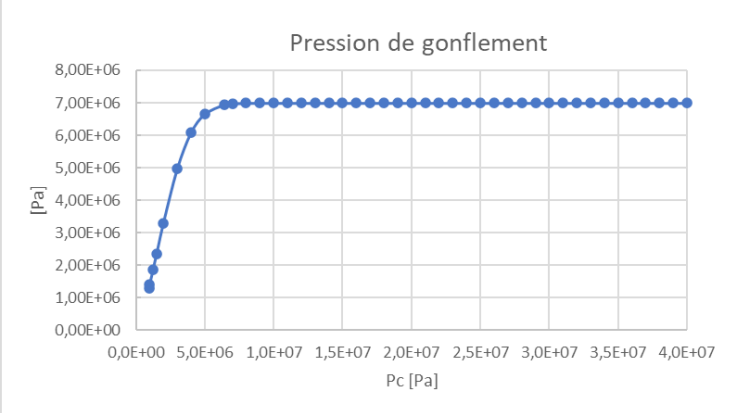
Ces paramètres A et β_m ont été calculés de manière à retrouver une pression de gonflement de $7\,MPa$. En effet, lorsque la saturation atteint 1 (ou la pression capillaire 0), la pression de gonflement est donnée par la formule suivante

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

sachant que la pression de gonflement globale est donnée par la relation suivante (cf. doc R7.01.41):

$$P_{gf}(Pc_0)=\int_{Pc_0}^{0} b\left(1+\frac{Pc}{A}\right)e^{-\beta_m\left(\frac{s}{A}\right)^2}\,dPc$$

L'allure de cette pression peut être obtenue en intégrant et est représentée par la courbe suivante :



Avec ces paramètres, la pression de gonflement se stabilise dès que la pression capillaire dépasse 6,5 MPa.

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

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.
	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 $pw=-44.6\,Mpa$)
Contrainte totale égale à - 1atm.

1.4 Conditions aux limites et chargements

Seuls les déplacements BAS, DERRIERE, GAUCHE sont bloqués, les autres sont laissés libres.
Les pressions de gaz sont imposées à 1 atm.
La saturation initiale est de $50\,\%$ (Pc = 44,7 MPa) : on diminue la pression capillaire sur tout l'échantillon (ce qui revient à augmenter la saturation, donc à hydrater) et on vérifie qu'à contrainte nulle, les déplacements sont positifs et qu'il y a bien gonflement.
Plus précisément on impose sur l'ensemble du domaine un chargement en pression capillaire décroissant linéairement en 1s entre $44,7\,Mpa$ et $-10\,Mpa$ (cf. Figure 1.4-1).

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

La pression capillaire devient négative après 0,8 s. Par ailleurs, les températures sont constantes (cas isothermes).

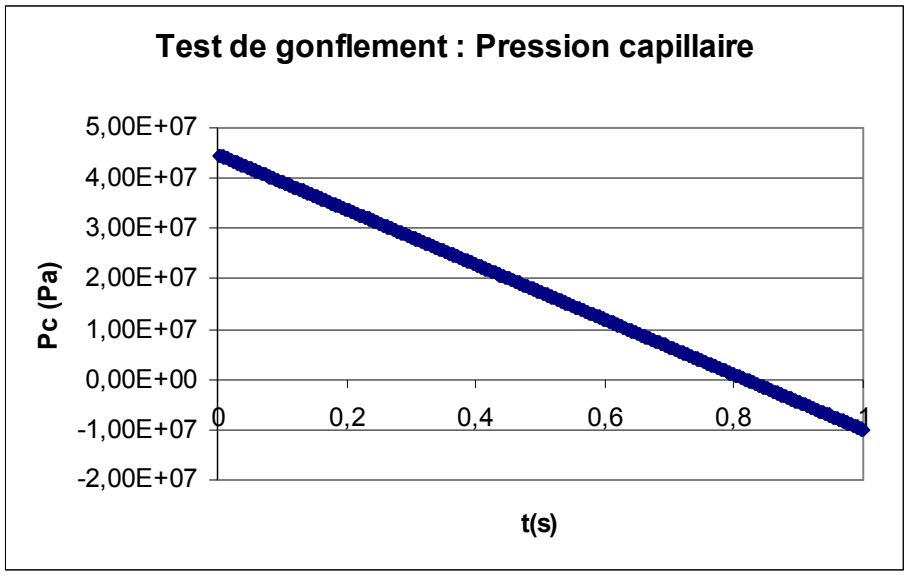


Figure 1.4-1: Chargement en pression capillaire

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_THH2MS sur 1 maille HEXA20.

1 seconde est simulée par 10 pas de temps.

2.2 Résultat de la modélisation A

La Figure 2.2-1 montre l'évolution du déplacement dY en fonction du temps (l'évolution est la même dans les 3 directions, le test étant parfaitement symétrique). Le post traitement est ici fait au nœud $N8$ de coordonnées $(0,5\ ;0,5\ ;0,5)$. On vérifie bien que les déplacements évoluent de manière positive.
On constante une forte accélération du gonflement à partir de 0,7 s qui correspond à l'instant où la pression de gonflement se stabilise à 7MPa (voir ci-dessus).

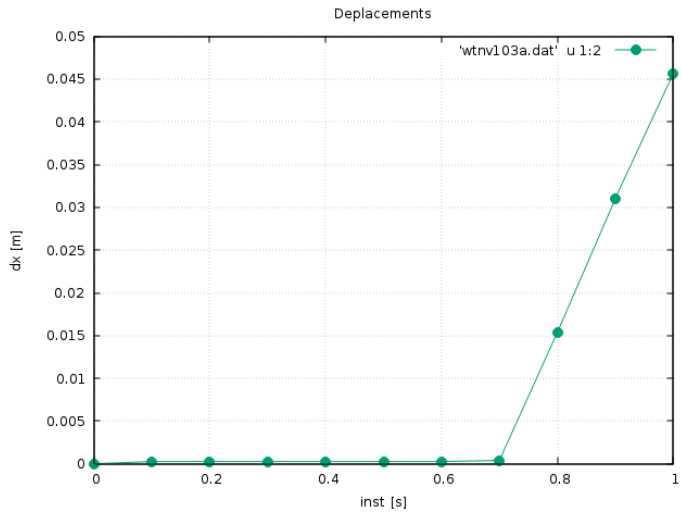


Figure 2.2-1 Gonflement

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 un test sur les 3 directions :

N	Temps (s)	dX Aster	Erreur relative autorisée (%)
$N8$	0,8	0,01538	0.1%

N	Temps (s)	dY Aster	Erreur relative autorisée (%)
$N8$	0,8	0,01538	0.1%

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

N	Temps (s)	dZ Aster	Erreur relative autorisée (%)
$N8$	0,8	0,01538	0.1%

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