

WTNA110 – Modélisation axisymétrique du gonflement d'une argile avec le modèle ELAS_GONF

Résumé :

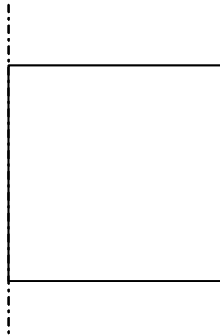
Ce test permet de valider le modèle dit « ELAS_GONF » qui a été développé par Dashnor Hoxha (LAEGO) et a été utilisé et validé dans le cadre d'un benchmark sur la modélisation des alvéoles de déchets C 5.2. Ce modèle élastique non linéaire dépendant de la succion, décrit le comportement gonflant de certains 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.

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. La géométrie est ici axisymétrique.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



hauteur : $h = 1\text{ m}$
largeur (rayon): $l = 1\text{ m}$

1.2 Propriétés du matériau

Propriétés élastiques :

$$E = 150 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

Paramètres spécifiques au modèle *ELAS_GONF* :

- $\beta_m = 0,1142$
- Pression de référence $A = 1. \text{ Mpa}$

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
	$Pr (Pa)$	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 $t=0$:

- $P_{gaz} = 1 \text{ atm}$
- $S = 0,5$ (soit $P_c = 44,7 \text{ Mpa}$ et $p_w = -44.6 \text{ Mpa}$)
- Contrainte totale nulle.

1.4 Conditions aux limites et chargements

Tous les déplacements sont bloqués au bord ($DX = DY = 0$).

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 $44,7 \text{ Mpa}$ et -10 Mpa .

1.5 Bibliographie

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.

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation Axis_HH2MS sur 1 maille Quad8.

Coordonnées des nœuds du maillage (unitaire) :

Noeuds	X	Y
N1	0	0
N2	1	0
N3	1	1
N4	0	1
N5	0,5	0
N6	1	0,5
N7	0,5	1
N8	0	0,5

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 N3). Dans la partie saturée ($P_c \leq 0$) 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 5.2 de manière à retrouver une pression de gonflement de 7MPa. En effet, lorsque la saturation atteint 1 (ou la pression capillaire 0), la pression de gonflement est donnée par la formule suivante :

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

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

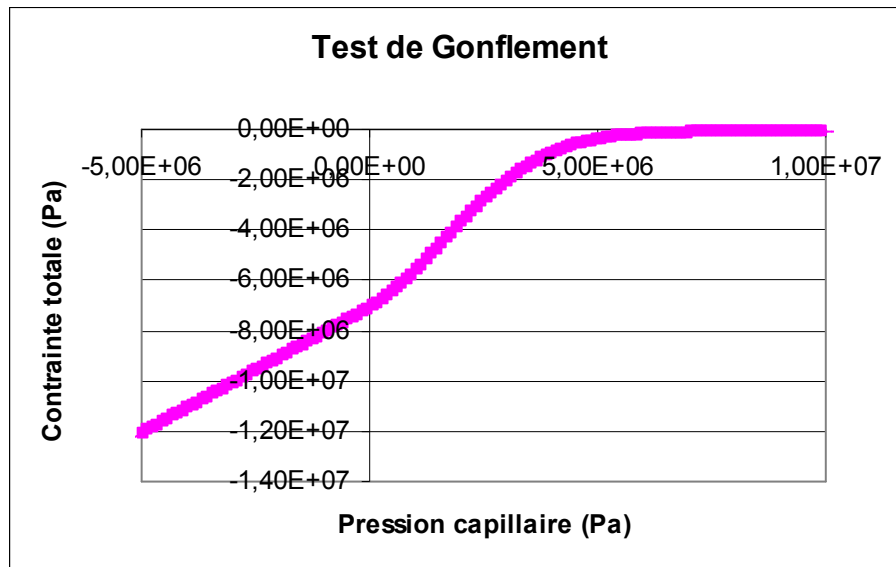


Figure 2.2-a test de gonflement

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

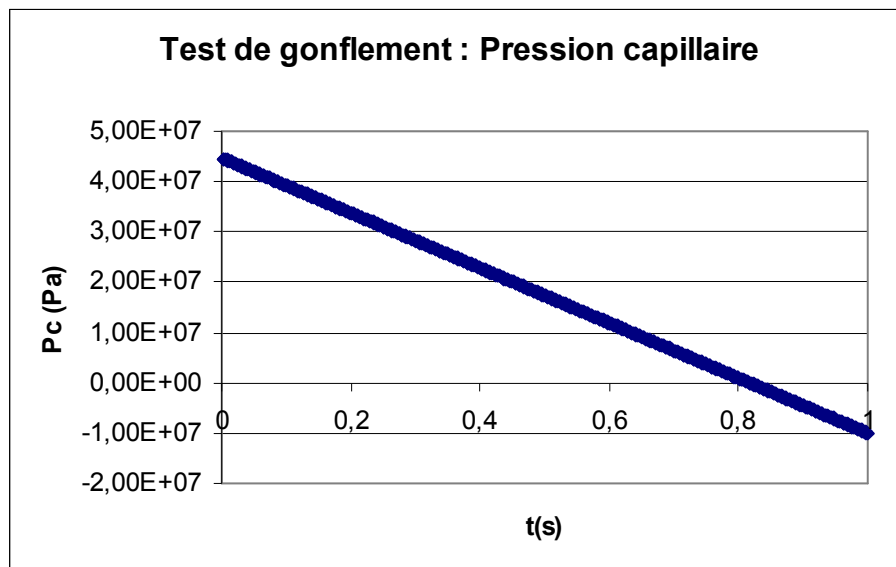


Figure 2.2-b : pression capillaire (N3)

2.3 Valeurs testées

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 :

<i>N</i>	Temps (s)	SIXX Aster	Erreur relative autorisée (%)
N3	0,6	$-4,56 \cdot 10^{-4}$	0.1%
N3	0.8163	$-5,67 \cdot 10^{-6}$	0.1%

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

<i>N</i>	Temps (s)	<i>SIXX Aster</i>	Erreur relative autorisée (%)
<i>N3</i>	0,6	-4,56.10 ⁴	0.1%
<i>N3</i>	0.8163	-5,67.10 ⁶	0.1%

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

<i>N</i>	Temps (s)	<i>SIXX Aster</i>	Erreur relative autorisée (%)
<i>N3</i>	0,6	$-4,56 \cdot 10^4$	0.1%
<i>N3</i>	0.8163	$-5,67 \cdot 10^6$	0.1%

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 Grandeurs testées et résultats

<i>N</i>	Temps (s)	<i>SIXX Aster</i>	Erreur relative autorisée (%)
<i>N3</i>	0,6	$-4,56 \cdot 10^4$	0.1%
<i>N3</i>	0.8163	$-5,67 \cdot 10^6$	0.1%