

---

## WTNA110 – Modélisation axisymétrique du gonflement d'une argile avec le modèle ELAS\_GONF

---

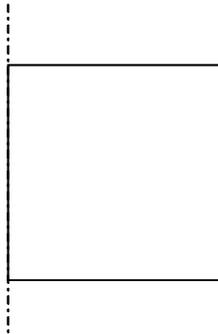
### Résumé :

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 ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	1.10 <sup>3</sup>
	Chaleur à pression constante ( $\text{J.K}^{-1}$ )	4180
	coefficient de dilatation thermique du liquide ( $\text{K}^{-1}$ )	10 <sup>4</sup>
	Compressibilité ( $\text{Pa}^{-1}$ )	5.10 <sup>-10</sup>
	Viscosité ( $\text{Pa.s}$ )	10 <sup>-3</sup>
Gaz	Masse molaire ( $\text{kg.Mol}^{-1}$ )	0,002
	Chaleur à pression constante ( $\text{J.K}^{-1}$ )	1000
	Viscosité ( $\text{Pa.s}$ )	9. 10 <sup>-6</sup>
Squelette	Capacité calorifique à contrainte constante ( $\text{J.K}^{-1}$ )	1000
Constantes	Constante des gaz parfaits	8,315
Coefficients homogénéisés	Masse volumique homogénéisée ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	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  $-10 \text{ Mpa}$ .

## 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  $\beta_m$  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 7 Mpa .

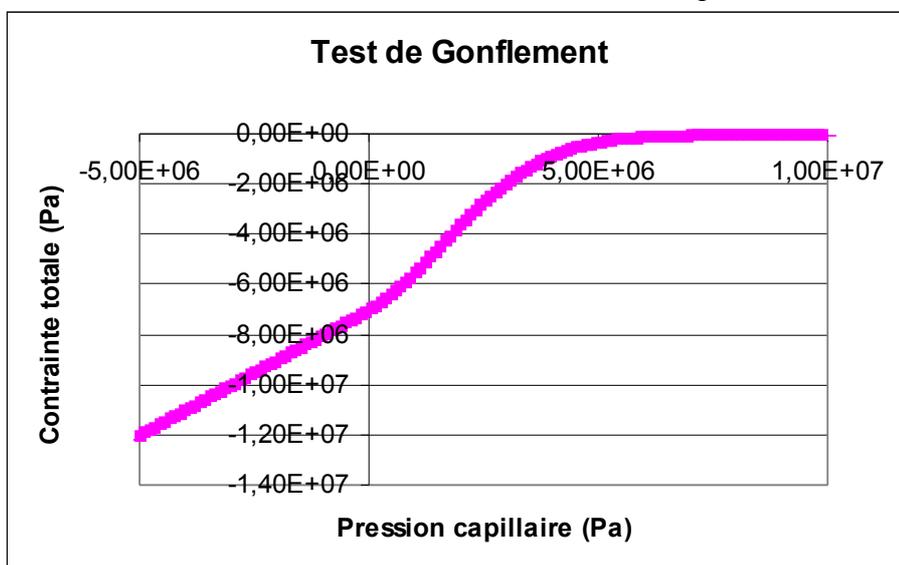


Figure 2.2-a test de gonflement

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

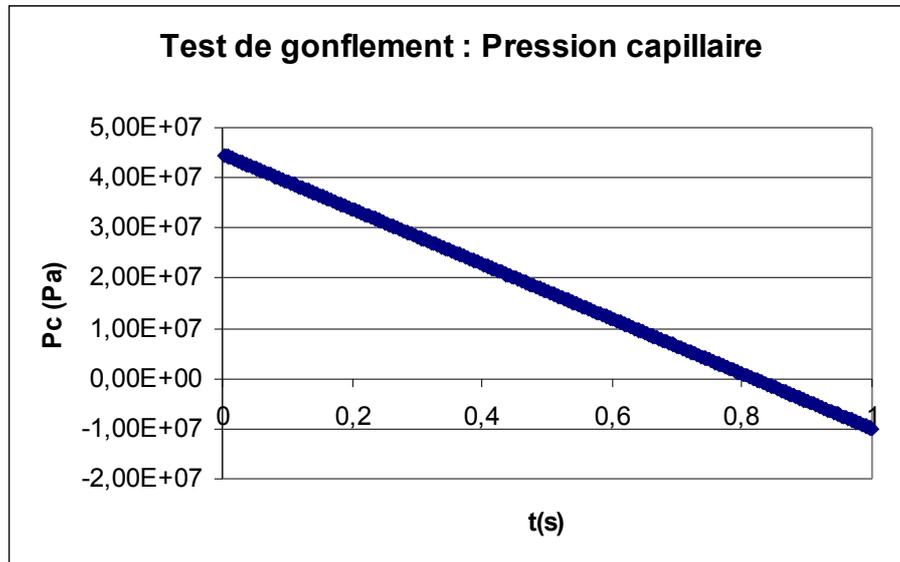


Figure 2.2-b : pression capillaire ( N3 )

## 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 :

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