

## WTNV136 – Modélisation 3D du gonflement d'une argile avec le modèle ELAS\_GONF

---

### Résumé :

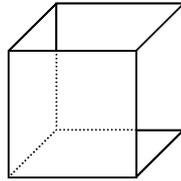
Ce test permet de valider le modèle dit « ELAS\_GONF » qui a été développé par Dashnor Hoxha (LAEGO) et a été utilisé et validé dans le cadre d'un benchmark sur la modélisation des alvéoles de déchets  $C$ . Ce modèle élastique non linéaire dépendant de la succion, décrit le comportement gonflant de 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. Ce cas-test est la déclinaison du cas test WTNA110 à une géométrie 3D.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Un cube de 1 m de coté.

### 1.2 Propriétés du matériau

Propriétés élastiques :

$$E = 150.10^6 \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

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
	$Pr$ (Mpa)	16.10 <sup>6</sup>
	$Sr$	0
Etat de référence	Porosité	0,366

---

Température ( ° K )	303
Pression capillaire ( Pa )	0.
Pression de gaz ( Pa )	10

## 1.3 Conditions initiales

A  $t=0$  :

$$P_{gaz} = 1 \text{ atm}$$

$$S = 0,5 \text{ (soit } P_c = 44,7 \text{ Mpa et } p_w = -44,6 \text{ Mpa)}$$

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 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.

## 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  $\beta_m$  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 :

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

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  $7 MPa$ .

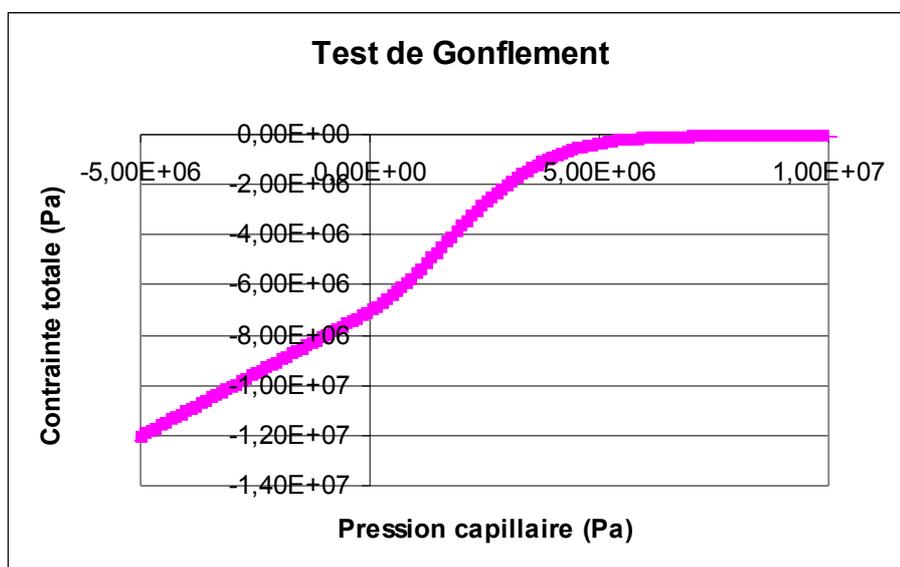


Figure 2.2-a test de gonflement

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

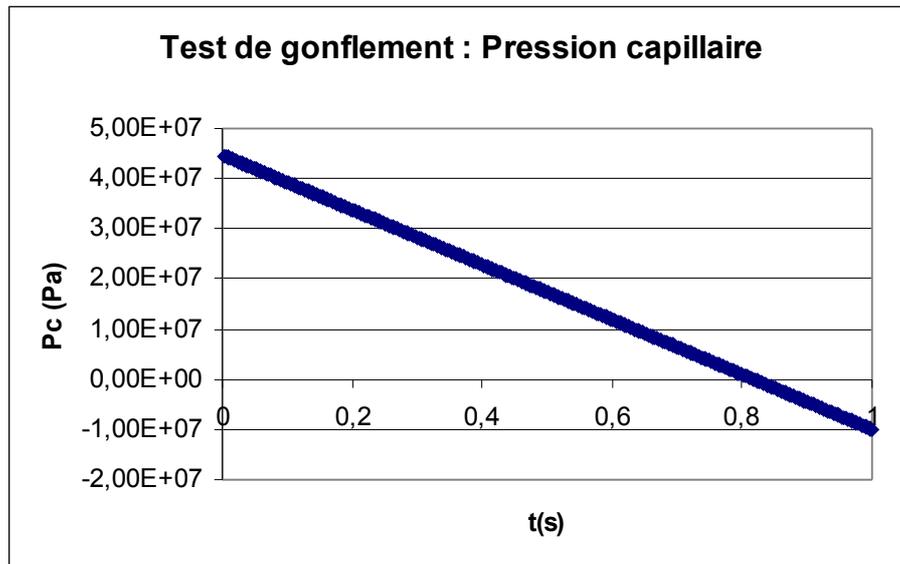


Figure 2.2-b : pression capillaire (N3)

### 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 :

<i>N</i>	Temps ( s )	<i>SIXX Aster</i>	Erreur relative autorisée ( % )
<i>N8</i>	0,6	$-4,56 \cdot 10^{-4}$	0.1%
<i>N8</i>	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 ( <i>s</i> )	<i>SIXX Aster</i>	Erreur relative autorisée ( % )
<i>N8</i>	0,6	$-4,56 \cdot 10^4$	0.1%
<i>N8</i>	0.8163	$-5,67 \cdot 10^6$	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>N8</i>	0,6	-4,56.10 <sup>4</sup>	0.1%
<i>N8</i>	0.8163	-5,67.10 <sup>6</sup>	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 Valeurs testées

<i>N</i>	Temps ( <i>s</i> )	<i>SIXX Aster</i>	Erreur relative autorisée ( % )
<i>N8</i>	0,6	$-4,56 \cdot 10^{-4}$	0.1%
<i>N8</i>	0.8163	$-5,67 \cdot 10^{-6}$	0.1%