

WTNP129 – Modélisation HM d'un barreau saturé en liquide compressible

Résumé :

On étudie ici un problème HM saturé en liquide en dimension 2. Vu les symétries du problème traité, la solution est unidimensionnelle. La structure est soumise à une pression hydraulique imposée sur sa partie supérieure. Son comportement mécanique est élastique. Ce test a pour but de comparer la résolution par couplage avec la résolution par chaînage (cf documentation « Notice d'utilisation du modèle THM » [U2.04.05])

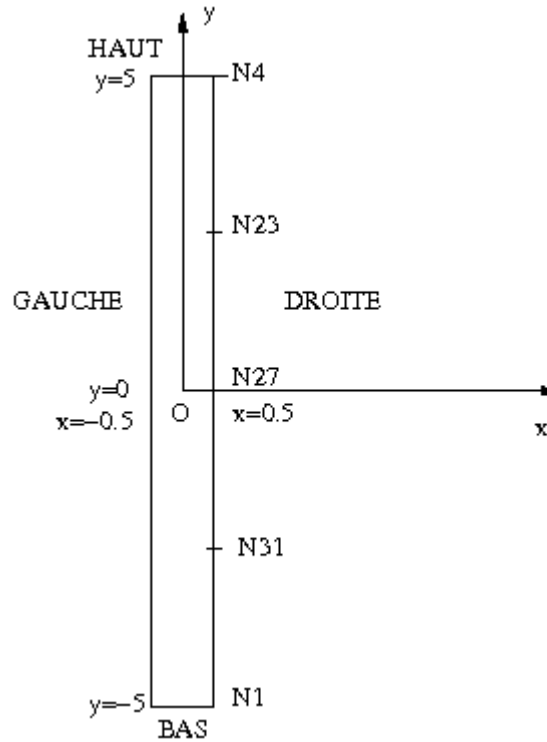
On a donc 3 modélisations dans ce test :

- Modélisation A : on résout le problème physique à l'aide de la méthode « classique », par couplage global
- Modélisation B : on résout le problème à l'aide de la méthode par chaînage des équations
- Modélisation C : Cette modélisation est identique à la modélisation A mais avec l'élément sous-intégré HM_SI
- Modélisation D : Cette modélisation est identique à la modélisation B mais fait appel à la loi de comportement `DRUCK_PRAGER` [R7.01.16] uniquement dans le but de valider certaines routines informatiques. Les paramètres matériaux sont identifiés pour que le calcul reste dans le domaine élastique et n'ont pas de sens physique.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère un barreau rectangulaire orienté selon l'axe Oy .



Les coordonnées des points sont données dans le tableau suivant :

| Point | $N4$ | $N23$ | $N27$ | $N31$ | $N1$ |
|----------------|------|-------|-------|-------|------|
| Abcisse (m) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Ordonnée (m) | 5 | 2.5 | 0 | -2.5 | -5 |

Le problème est modélisé sur l'intervalle de temps $[0; 10s]$.

1.2 Propriétés du matériau

On donne ici les paramètres du barreau

| | | |
|---|--|-----------------|
| Eau liquide | ρ : masse volumique ($kg.m^{-3}$) | 1000 |
| | $1/K_{lq}$: inverse de la compressibilité (Pa^{-1}) | 0.5E-9 |
| Coefficients matériau | r : masse volumique homogénéisée ($kg.m^{-3}$) | 2800 |
| | E : module de Young (Pa) | 5.8E9 |
| | ν : coefficient de Poisson (--) | 0. |
| | b : coefficient de Biot (-) | 1 |
| | K_{int} : perméabilité intrinsèque (m^2) | 1.E-8 |
| Coefficients matériau supplémentaires pour DRUCK_PRAGER | <i>ECROUISSAGE</i> : forme de l'écroissage | <i>LINEAIRE</i> |
| | α : coefficient de dépendance en pression (--) | 0.33 |
| | P_{ultm} : déformation plastique cumulée ultime (--) | 1.0 |
| | σ_Y : contrainte de plasticité (Pa) | 1.E8 |
| | H : module d'écroissage (Pa) | 0.0 |

1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur *HAUT*, on impose les conditions $\sigma \cdot n = 0$ et $p = 3.E6$ Pa.

Sur *GAUCHE* et *DROITE*, on impose les conditions $u_x = 0$ et flux de liquide nul $M \cdot n = 0$.

Sur *BAS*, on impose les conditions $u_x = u_y = 0$ et flux de liquide nul $M \cdot n = 0$.

1.4 Conditions initiales

La pression de fluide initiale est prise égale à 2 MPa . La porosité initiale est prise égale à 0.5.

2 Solution de référence

On s'intéresse aux valeurs de DY , $PRE1$ et $SIYY$ en 5 nœuds (*N4*, *N23*, *N27*, *N31*, *N1*) situés sur le bord droit du barreau aux deux instants $t = 1$ sec et $t = 10$ secondes.

Les tests effectués sont des tests de non-régression pour la modélisation A.

Pour les modélisations B, C et D, les tests effectués sont des tests d'adhérence aux résultats de la modélisation A (de type *AUTRE_ASTER*).

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation D_PLAN_HMS.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 83

Nombre de mailles et types : 16 mailles QUAD8



3.3 Grandeurs testées et résultats

On réalise les tests de non-régression suivants.

| Identification | Type de référence | Référence |
|---------------------|-------------------|---------------------|
| $N23 - PRE1 - t=1$ | NON_REGRESSION | 1.4477057505633E+06 |
| $N27 - PRE1 - t=1$ | NON_REGRESSION | 9.8618261792096E+05 |
| $N31 - PRE1 - t=1$ | NON_REGRESSION | 6.8416253970115E+05 |
| $N1 - PRE1 - t=1$ | NON_REGRESSION | 5.7968660741362E+05 |
| $N23 - PRE1 - t=10$ | NON_REGRESSION | 1.9965914222579E+06 |
| $N27 - PRE1 - t=10$ | NON_REGRESSION | 1.9937017653319E+06 |
| $N31 - PRE1 - t=10$ | NON_REGRESSION | 1.9917709562082E+06 |
| $N1 - PRE1 - t=10$ | NON_REGRESSION | 1.991092945817E+06 |
| $N4 - DY - t=1$ | NON_REGRESSION | 1.8807606329922E-03 |
| $N23 - DY - t=1$ | NON_REGRESSION | 1.139326750168E-03 |
| $N27 - DY - t=1$ | NON_REGRESSION | 6.19182033214E-04 |
| $N31 - DY - t=1$ | NON_REGRESSION | 2.6539252530741E-04 |

| | | |
|-------------------|----------------|---------------------|
| N4 - DY - t=10 | NON_REGRESSION | 3.4385071565836E-03 |
| N23 - DY - t=10 | NON_REGRESSION | 2.5771817886894E-03 |
| N27 - DY - t=10 | NON_REGRESSION | 1.7172304114012E-03 |
| N31 - DY - t=10 | NON_REGRESSION | 8.5833064233171E-04 |
| N4 - SIYY - t=1 | NON_REGRESSION | 2.00000E+06 |
| N23 - SIYY - t=1 | NON_REGRESSION | 1.4477057505633E+06 |
| N27 - SIYY - t=1 | NON_REGRESSION | 9.8618261792096E+05 |
| N31 - SIYY - t=1 | NON_REGRESSION | 6.8416253970115E+05 |
| N1 - SIYY - t=1 | NON_REGRESSION | 5.7968660741362E+05 |
| N4 - SIYY - t=10 | NON_REGRESSION | 2.00000E+06 |
| N23 - SIYY - t=10 | NON_REGRESSION | 1.9965914222579E+06 |
| N27 - SIYY - t=10 | NON_REGRESSION | 1.9937017653319E+06 |
| | NON_REGRESSION | 1.9917709562082E+06 |

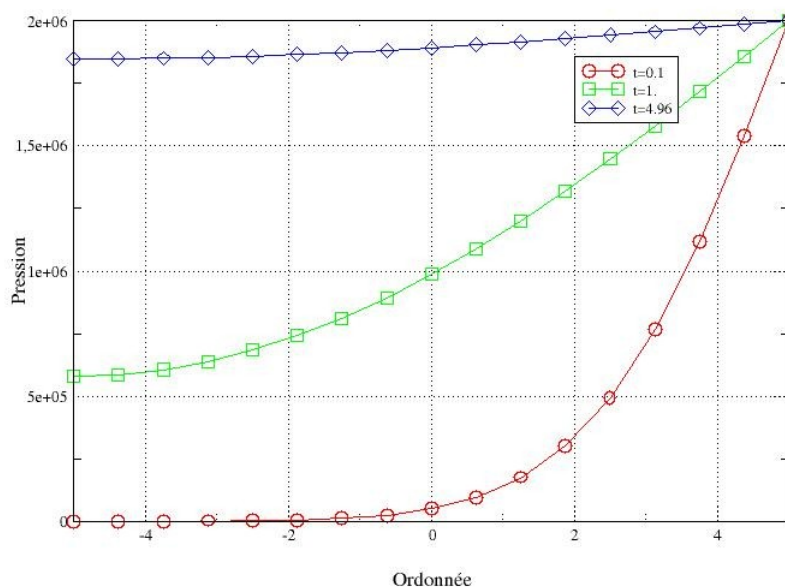


Illustration 1: Pression sur le bord droit à 3 instants

| | | |
|-------------------|----------------|--------------------|
| N31 - SIYY - t=10 | | |
| N1 - SIYY - t=10 | NON_REGRESSION | 1.991092945817E+06 |

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise les modélisations D_PLAN_HS pour l'hydraulique et D_PLAN_SI pour la mécanique.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est identique à celui de la modélisation A.

Nombre de nœuds : 83

Nombre de mailles et types : 16 mailles QUAD8

Les maillages mécanique et hydraulique sont identiques.

4.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Type de référence | Référence | Erreur |
|-------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| N23 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.4477057505633E+06 | 0.0495% |
| N27 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 9.8618261792096E+05 | 0.294% |
| N31 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.8416253970115E+05 | 0.850% |
| N1 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 5.7968660741362E+05 | 1.24% |
| N4 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.8807606329922E-03 | 0.299% |
| N23 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.139326750168E-03 | 0.483% |
| N27 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.19182033214E-04 | 0.772% |
| N31 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 2.6539252530741E-04 | 1.09% |
| N4 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 2.00000E+06 | 1.0E-08% |
| N23 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.4477057505633E+06 | 0.0495% |
| N27 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 9.8618261792096E+05 | 0.294% |
| N31 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.8416253970115E+05 | 0.850% |
| N1 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 5.7968660741362E+05 | 1.24% |
| N23 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9965914222579E+06 | 0.0202% |
| N27 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9937017653319E+06 | 0.0373% |
| N31 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9917709562082E+06 | 0.0488% |
| N1 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.991092945817E+06 | 0.0528% |
| N4 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 3.4385071565836E-03 | 0.0335% |
| N23 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 2.5771817886894E-03 | 0.0414% |
| N27 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.7172304114012E-03 | 0.0475% |
| N31 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 8.5833064233171E-04 | 0.0514% |
| N4 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 2.00000E+06 | 9.31E-14% |
| N23 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9965914222579E+06 | 0.0202% |

| | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|---------|
| N27 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9937017653319E+06 | 0.0373% |
| N31 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9917709562082E+06 | 0.0488% |
| N1 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.991092945817E+06 | 0.0528% |

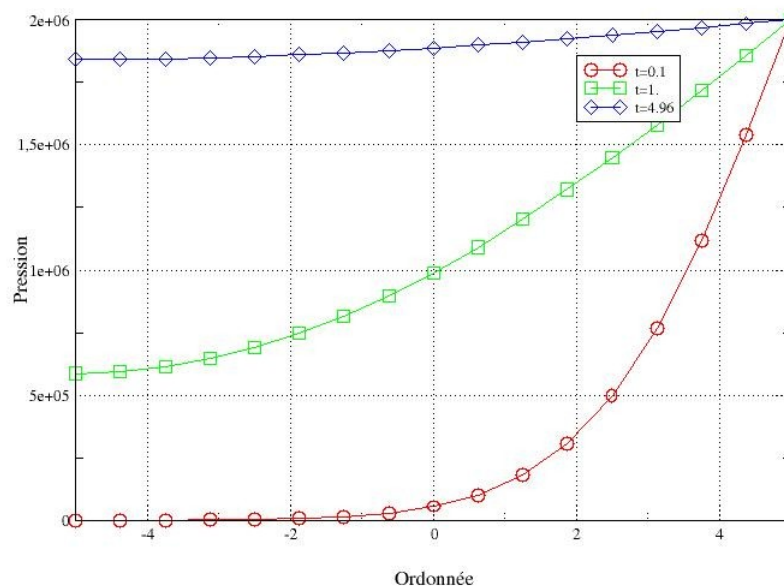


Illustration 2: Pression sur le bord droit à 3 instants

5 Modélisation C

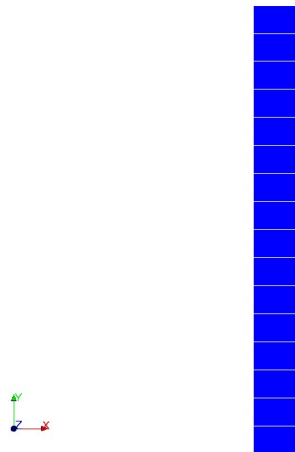
5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation D_PLAN_HM_SI.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 83

Nombre de mailles et types : 16 mailles QUAD8



5.3 Grandeurs testées et résultats

Les tests de non-régression sont effectués en version 11.0.25.

| Identification | Type de référence | Référence | Erreur |
|------------------|-------------------|---------------------|----------|
| N23 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.4477057505633E+06 | 0.0044% |
| N27 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 9.8618261792096E+05 | 0.0462% |
| N31 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.8416253970115E+05 | 0.151% |
| N1 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 5.7968660741362E+05 | 0.226% |
| N4 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.8807606329922E-03 | 0.0506% |
| N23 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.139326750168E-03 | 0.0829% |
| N27 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.19182033214E-04 | 0.136% |
| N31 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 2.6539252530741E-04 | 0.197% |
| N4 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 2.00000E+06 | 1.0E-13% |
| N23 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.4477057505633E+06 | 0.0044% |
| N27 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 9.8618261792096E+05 | 0.0462% |
| N31 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.8416253970115E+05 | 0.151% |
| N1 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 5.7968660741362E+05 | 0.226% |

| | | | |
|----------------------------|-------------|---------------------|---------|
| <i>N23</i> - PRE1 - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.9965914222579E+06 | 0.0012% |
| <i>N27</i> - PRE1 - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.9937017653319E+06 | 0.0023% |
| <i>N3I</i> - PRE1 - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.9917709562082E+06 | 0.003% |
| <i>NI</i> - PRE1 - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.991092945817E+06 | 0.0032% |
| <i>N4</i> - DY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 3.4385071565836E-03 | 0.002% |
| <i>N23</i> - DY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 2.5771817886894E-03 | 0.0025% |
| <i>N27</i> - DY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.7172304114012E-03 | 0.0029% |
| <i>N3I</i> - DY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 8.5833064233171E-04 | 0.0031% |
| <i>N4</i> - SIYY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 2.00000E+06 | 1E-13% |
| <i>N23</i> - SIYY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.9965914222579E+06 | 0.0012% |
| <i>N27</i> - SIYY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.9937017653319E+06 | 0.0023% |
| <i>N3I</i> - SIYY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.9917709562082E+06 | 0.003% |
| <i>NI</i> - SIYY - $t=10$ | AUTRE_ASTER | 1.991092945817E+06 | 0.0032% |

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise les modélisations D_PLAN_HS pour l'hydraulique et D_PLAN_SI pour la mécanique.

6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est identique à celui de la modélisation A.

Nombre de nœuds : 83

Nombre de mailles et types : 16 mailles QUAD8

Les maillages mécanique et hydraulique sont identiques.

6.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont identiques à celles de la modélisation B.

| Identification | Type de référence | Référence | Erreur |
|-------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| N23 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.4477057505633E+06 | 0.0495% |
| N27 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 9.8618261792096E+05 | 0.294% |
| N31 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.8416253970115E+05 | 0.850% |
| N1 - PRE1 - t=1 | AUTRE_ASTER | 5.7968660741362E+05 | 1.24% |
| N4 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.8807606329922E-03 | 0.299% |
| N23 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.139326750168E-03 | 0.483% |
| N27 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.19182033214E-04 | 0.772% |
| N31 - DY - t=1 | AUTRE_ASTER | 2.6539252530741E-04 | 1.09% |
| N4 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 2.00000E+06 | 1.0E-08% |
| N23 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 1.4477057505633E+06 | 0.0495% |
| N27 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 9.8618261792096E+05 | 0.294% |
| N31 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 6.8416253970115E+05 | 0.850% |
| N1 - SIYY - t=1 | AUTRE_ASTER | 5.7968660741362E+05 | 1.24% |
| N23 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9965914222579E+06 | 0.0202% |
| N27 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9937017653319E+06 | 0.0373% |
| N31 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9917709562082E+06 | 0.0488% |
| N1 - PRE1 - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.991092945817E+06 | 0.0528% |
| N4 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 3.4385071565836E-03 | 0.0335% |
| N23 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 2.5771817886894E-03 | 0.0414% |
| N27 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.7172304114012E-03 | 0.0475% |
| N31 - DY - t=10 | AUTRE_ASTER | 8.5833064233171E-04 | 0.0514% |
| N4 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 2.00000E+06 | 9.31E-14% |
| N23 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9965914222579E+06 | 0.0202% |

| | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|---------|
| N27 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9937017653319E+06 | 0.0373% |
| N31 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.9917709562082E+06 | 0.0488% |
| N1 - SIYY - t=10 | AUTRE_ASTER | 1.991092945817E+06 | 0.0528% |

7 Synthèse des résultats

Les valeurs fournies par *Code_Aster* sont en parfait accord avec les valeurs de référence.