WTNA113 – Modélisation d'injection d'eau incompressible dans un milieu saturé

Résumé :

On étudie un barreau cylindrique saturé en haut duquel on injecte un flux. La loi de comportement du fluide associée est de type LIQU_SATU. La modélisation est hydromécanique (HM). Le fluide est incompressible et le milieu est infiniment rigide. Il s'agit donc d'un problème stationnaire comportant une solution analytique. Ce test a pour objectif de valider la bonne prise en compte d'une condition aux limites de type flux hydraulique dans le cas d'une modélisation axisymétrique.

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

1 Problème de référence

1.1 Présentation

On étudie dans ce cas test le comportement hydraulique d'un milieu poreux saturé constitué par un seul fluide : l'eau dans sa phase liquide. La loi de comportement du fluide associée est de type LIQU_SATU. La modélisation est hydromécanique (HM). Le fluide est incompressible et le milieu est infiniment rigide. Il s'agit donc d'un problème stationnaire comportant une solution analytique. Ce test a pour objectif de valider la bonne prise en compte d'une condition aux limites de type flux hydraulique dans le cas d'une modélisation axisymétrique.

1.2 Géométrie

On représente un barreau de longueur $L=1\mathrm{m}$. Sa largeur l n'intervient pas dans la solution analytique car le problème est purement 1D. On prend ici $l=0,2\,m$. Le point N1 correspond au point de coordonnée $(0,0)$.

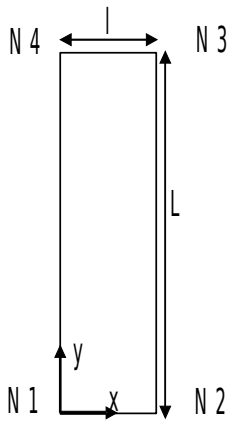


Illustration 1: barreau vertical

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

1.3 Propriétés du matériau

Eau liquide	Masse volumique $\rho_l(kg.m^{-3})$	10^3
	Viscosité dynamique de l'eau liquide $\mu_l(Pa.s)$	0.001
	Compressibilité $K_w(Pa^{-1})$	0
Solide	Module d'Young drainé $E(Pa)$	$7.5\,10^{15}$
	Coefficient de Poisson ν	0.3
Etat de référence	Porosité ϕ	0.2
	Température $T^{ref}(K)$	293
	Pression liquide $P^{ref}(Pa)$	0
	Pression de vapeur $Pv^{ref}(Pa)$	0.1
Constantes	Constante des gaz parfaits R	8.32
Coefficients homogénéisés	Masse volumique homogénéisée $r_0(kg.m^{-3})$	2200
	Coefficient de Biot b	0.6
	Perméabilité intrinsèque $K_{int}(m^2)$	$K_{int}=10^{-12}$

Tableau 1.3-1: Données matériaux

La gravité de l'eau est négligée.

1.4 Conditions aux limites et chargements

Sur tous les bords
déplacements bloqués $u_x=u_y=u_z=0$
Bord supérieur :
flux hydrique : $q=1\,kg.s^{-1}.m^{-2}$
Bord inférieur :
Pression de liquide : $P_{lq}=P_0=1\,atm$

Bords latéraux :
flux nul

1.5 Conditions initiales

La pression initiale est de $1\,atm$. Tous les autres champs sont nuls.

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

2 Solution de référence

La solution de référence est unidimensionnelle car elle ne dépend que de la coordonnée verticale (chargement 1D). Le système saturé en eau se ramène à résoudre le problème de conservation de la masse :

$$\frac{\partial(\phi \rho_l)}{\partial t} - \mathrm{div}\left(K_{\mathrm{int}} \frac{\rho_l}{\mu_l} \nabla P_l\right) = q$$

où q est le flux imposé sur le bord.

•Le liquide est incompressible : $\rho_l = cst$

•La matrice est incompressible (rigidité infinie) : la porosité reste donc constante $\phi = cst$.

On obtient donc dans ce cas un écoulement stationnaire qui se résume à l'écriture du flux :

$$-\mathrm{div}\left(K_{\mathrm{int}} \frac{\rho_l}{\mu_l} \nabla P_l\right) = q$$

Si on note P_L la pression en $Y = L$, on obtient donc après discrétisation :

$$K_{\mathrm{int}} \frac{\rho_l}{\mu_l} \frac{P_L - P_0}{L} = q$$

Ce qui donne avec les données renseignées précédemment : $P_L = 1.1\,10^6\,Pa$

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

- Modélisation en déformations planes AXIS_HMS.
- Comportement hydraulique LIQU_SATU.
- 10*10 éléments $Q8$.
- Discrétisation en 1 pas de temps de 100 s.

3.2 Résultat de la modélisation A

On présente les résultats des nœuds N3 et N4 qui chacun correspondent à la pression P_L

Tableau de résultats aux différents instants :

$N°$ NŒUD	Numéro d'ordre	$PRE1(Pa)$	Tolérance $(\%)$
$N3$	1	1.110^6	1
$N4$	1	1.110^6	1

Tableau 1: Résultats

Les résultats sont en parfait accord avec la solution analytique.

4 Modélisation B

Il s'agit de la même modélisation mais avec une modélisation de type AXIS_HMD. Les résultats sont logiquement exactement les mêmes que ci-dessus.

5 Modélisation C

Il s'agit de la même modélisation mais avec une modélisation de type AXIS_THMS. La température est bloquée partout. Il s'agit juste de s'assurer que cette modélisation est bien traitée. Les résultats sont logiquement exactement les mêmes que ci-dessus.

6 Synthèse des résultats

Les résultats sont en parfait accord avec la solution analytique.

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