WSLP100 - Essai de désaturation par suintement dans un échantillon poreux non saturé

Résumé :

Ce test permet de valider les conditions de suintement hydraulique. La modélisation est réalisée en 2D avec un modèle D_PLAN_HHMS et une loi de comportement élastique linéaire.

Ce cas-test contient une seule modélisation.

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

1 Problème de référence

1.1 Description

L'essai consiste à désaturer un échantillon poreux perméable avec des conditions aux limites initialement imperméables sur les bords (flux d'eau sortante nul). A l'instant $t=0$, on impose « une ouverture » de 50cm sur le bord droit à l'aide des conditions de suintement, comme illustré ci-dessous. La hauteur d'eau diminue progressivement jusqu'à se stabiliser au niveau du rebord inférieur de l'ouverture.

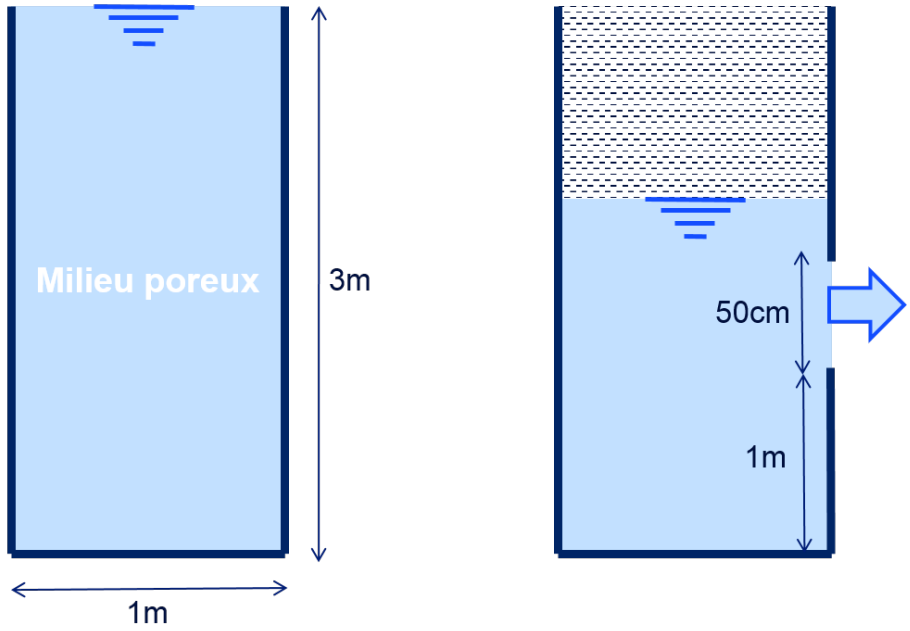


Image 1.1-a : Description du cas-test

1.2 Géométrie

Les dimensions de l'échantillon rectangulaire sont :

- hauteur : $h=3\,m$
- largeur : $l=1\,m$

La longueur de la section de suintement est de : $e=50\,cm$. Elle est placée sur le bord droit, entre une hauteur de 1m et 1.5m.

1.3 Propriétés du matériau

Les propriétés élastiques sont :

- $E=515\,MPa$
- $\nu=0.3$
- $\rho=2670\,kg.m^{-3}$

La loi de comportement associée au modèle hydraulique HH2M est LIQU_GAZ : on considère donc 1 phase liquide sans air dissous et une phase gaz sans vapeur d'eau.
Les propriétés du modèle hydraulique sont présentées dans le tableau ci-dessous :

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

Eau liquide	Masse volumique ($kg.m^{-3}$)	10^3
	Inverse du coefficient de compressibilité (Pa^{-1})	0
	Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}
	viscosité ($Pa.s$)	10^{-3}
Gaz	Masse molaire ($kg.mole^{-1}$)	$29{,}965.10^{-3}$
Etat initial	Porosité	0,4
	Température (K)	293
	Pression capillaire (Pa)	0
	Pression de gaz (Pa)	1
	Saturation initiale en liquide	0,9999
Constantes	Constante des gaz parfaits	8,315
Coefficients homogénéisés	Masse volumique homogénéisée ($kg.m^{-3}$)	2670
	Coefficient de Biot	1
	Courbe capillaire	$S_r(P_c)=\left(1+\left(\frac{P_c}{10^{+7}}\right)^{1.7}\right)^{-0,412}$

Tableau 1.3-1 : Propriétés hydrauliques

1.4 Conditions aux limites et chargements

Les conditions aux limites sont :

- Blocage du déplacement vertical de la base : $DY=0$
- Blocage du déplacement horizontal des deux bords : $DX=0$
- Pressions d'eau et d'air nulles sur le bord supérieur : $PRE1=PRE2=0$
- Conditions de suintement sur la section de l' « ouverture » : $PRE1\geq 0$

Le chargement imposé est l'accélération de la pesanteur.

Le calcul est effectué entre $t=0$ et $t=0{,}2\,s$ par pas de $0{,}001\,s$ jusqu'à $t=0{,}02\,s$, puis par pas de $0{,}01\,s$ jusqu'à $t=0{,}2\,s$.

1.5 Conditions initiales

La contrainte effective initiale dans l'échantillon est isotrope et géostatique, à savoir égale à :
$\sigma'_{XX}=\sigma'_{YY}=\sigma'_{ZZ}=(\rho-10^3)\,g\,z$

La pression d'eau initiale est géostatique : $\begin{cases} PRE1=10^3\,g\,z \\ PRE2=0 \end{cases}$

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

2 Solution de référence

Une solution analytique à un problème d'écoulement avec conditions de suintement n'étant pas facile à calculer, on propose ici un cas-test suffisamment intuitif pour que certaines valeurs intermédiaires et finales attendues puissent être testées.

Ainsi les valeurs finales à $t=0,2\,s$ attendues testées sont :

- A la base : $PRE1=-10^3 g$
- En haut du trou : $PRE1=+5.10^2 g$
- En haut du bord droit : $PRE1=+2.10^3 g$

A un instant intermédiaire où la hauteur de colonne d'eau n'a pas encore atteint l'ouverture :
$PRE1=0$

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation D_PLAN_HHMS

3.2 Caractéristiques du maillage

- Nombre de nœuds : 981
- Nombre de mailles : 80 de type SEG3 et 300 de type QUAD8

On définit les nœuds de post-traitement suivants :

- $NBASE$: à la base du bord droit
- $NTROU$: au milieu de l'ouverture
- $NSUP$: au sommet du bord droit

Les conditions aux limites en déplacement imposées sont :

- Sur la face BAS : $DY=0$ et $PRE2=0$
- Sur les faces $GAUCHE$ et $DROIT$: $DX=0$ et $PRE2=0$
- Sur la face $HAUT$: $PRE1=0$

3.3 Grandeurs testées et résultats

Valeurs de la pression hydraulique $PRE1$ (sachant que $PRE2=0 \quad \forall t$ sur le bord droit) :

Noeud	Instant [sec]	Référence [Pa]
$NTROU$	5.10^{-3}	0.
$NBASE$	0.2	-9810.
$NTROU$	0.2	4905.
$NSUP$	0.2	19620.

Tableau 3.3-1 : Synthèse des valeurs de réference

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

4 Synthèse des résultats

L'évolution temporelle de la pression hydraulique le long du bord droit est présentée sur la figure suivante.

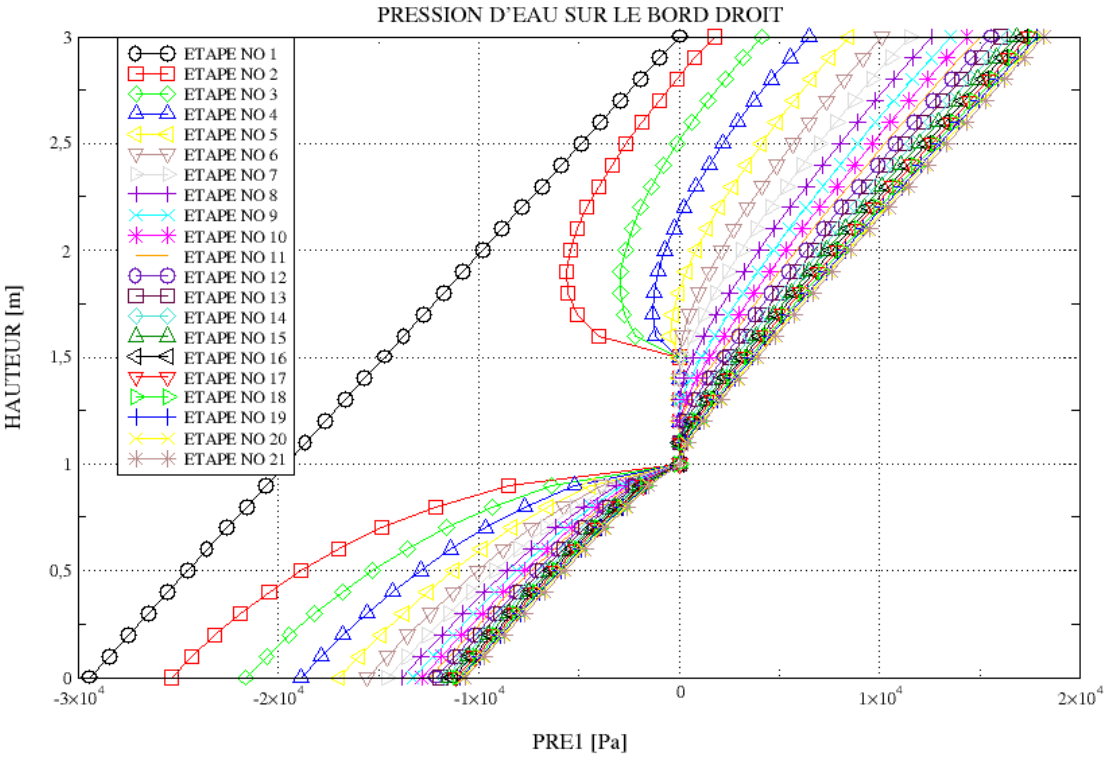


Image 4-a : Evolution temporelle des profils de pression hydraulique (PRE1) sur le bord droit

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