WTNP125 - Déplétion d'un réservoir

Résumé :
Le test présenté ici permet de vérifier le bon fonctionnement des éléments de joints avec couplage hydromécanique en milieu saturé.

On modélise la déplétion d'un réservoir (réduction de l'importance d'un gisement du fait de son exploitation). Celui-ci est initialement entièrement traversé par une discontinuité et contient un unique liquide. Les lois de comportement de l'interface utilisées sont la loi cubique pour l'écoulement et la loi de Bandis pour la mécanique.

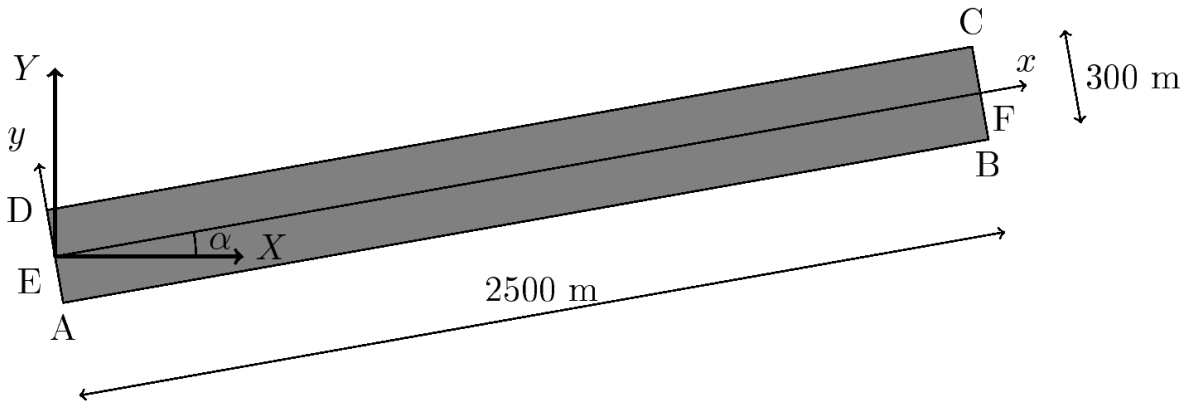
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

On reprend le cas-test proposé par Guiducci et al.[gui]

1.1 Géométrie

On considère un réservoir séparé en deux parties égales par une discontinuité horizontale $[EF]$.



Le repère (x, y) est défini par la discontinuité te le bord de la structure. On note α l'angle entre le repère (x, y) et le repère global (X, Y).

Coordonnées des points (en mètres) dans le repère (x, y) :

	x	y		x	y
A	0	-150	D	0	150
B	2500	-150	E	0	0
C	2500	0	F	2500	0

1.2 Propriétés du matériau

- Propriétés du fluide intersticiel (eau liquide) :

Masse volumique	$1000\,kg.m^{-3}$
Viscosité	$1.10^{-3}\,Pa.s$
Compressibilité	$3.10^{9}\,Pa$

- Propriétés de la matrice rocheuse :

La matrice est élastique et a les propriétés suivantes :

Module d'Young	$200\,MPa$
Coefficient de Poisson	$0{,}25$
Porosité	$0{,}4055$

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

Perméabilité intrinsèque $1{,}688.10^{-17} m^2$

- Propriétés de la discontinuité :

Les lois de comportement de la discontinuité sont détaillées dans la documentation [R7.02.15] [docR].

Le comportement mécanique de la discontinuité est donné la loi de Bandis.

On note ε l'ouverture de la fissure, $U_{\max}$ l'ouverture asymptrotique sous contrainte nulle et $U = U_{\max} - \varepsilon$ la fermeture de fissure.

Dans la direction normale à la fissure, on a

$$d\,\sigma'_n = -K_{\mathrm{ni}} \frac{dU}{\left(1 - \frac{U}{U_{max}}\right)^{\gamma}} \tag{1.2.1}$$

Dans la direction tangentielle, on a

$$\sigma'_t = K_t [\![u_t]\!] \tag{1.2.2}$$

Rigidité normale initiale K_{ni}	$1.10^9 Pa.m^{-1}$
Ouverture asymptotique U_{max}	$2{,}17\,mm$
Coefficient γ	2
Rigidité tangentielle K_{t}	$1.10^{12} Pa.m^{-1}$

L'écoulement dans la fissure est donné par la loi cubique.

1.3 Conditions initiales

Les conditions initiales sont les suivantes :

- ouverture initiale ε_0 : $3{,}04.10^{-4} m$
- pression initiale dans le massif : $48{,}7\,MPa$
- contrainte de compression dans les deux directions du plan : $62\,MPa$

1.4 Conditions aux limites

Les conditions aux limites mécaniques et hydrauliques sont données par les figures 1.4.1 à 1.4.3.

Sur $[AB]$: déplacements bloqués en y et flux hydraulique nul
Sur $[BC]$: déplacements bloqués en x et flux hydraulique nul
Sur $[CD]$: pression mécanique de $62\,MPa$ et flux hydraulique nul

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

Sur $[DA]$: pression mécanique de $62\,MPa$ et pression imposée p^*
Remarque : la pression mécanique n'est appliquée que sur le massif (pas sur la fissure)

L'évolution de la pression p^* imposée par le puits situé en $x=0$ est la suivante (voir aussi figure 1.4.3) :

- Diminution linéaire de $48{,}7\,MPa$ à $33{,}7\,MPa$ pendant les $7{,}5$ premières années d'exploitation
- Maintient à $33{,}7\,MPa$ pendant les $12{,}5$ années suivantes.

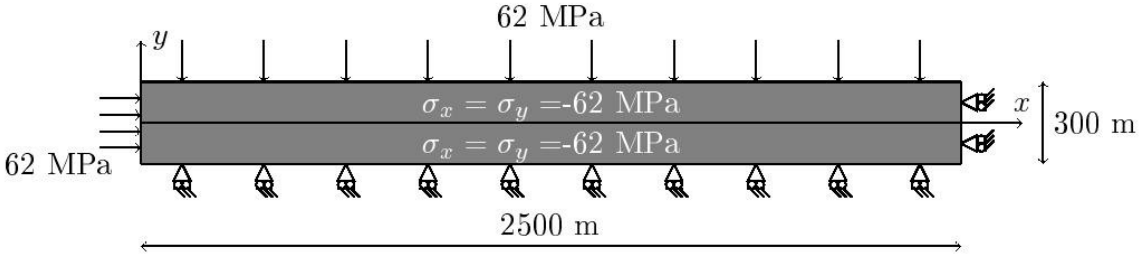


Illustration 1.4.1: Conditions aux limites et initiales mécaniques

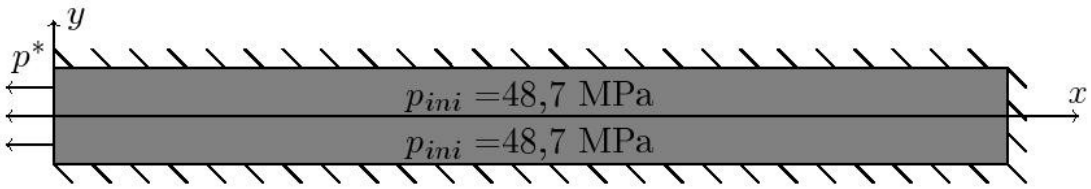


Illustration 1.4.2: Conditions aux limites et initiales hydrauliques

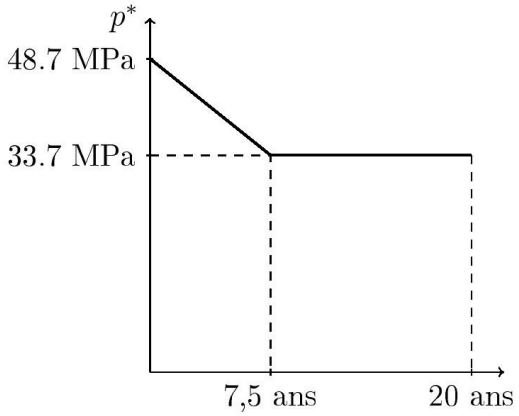


Illustration 1.4.3: Scénario d'exploitation

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

2 Solution de référence

On compare les résultats à ceux obtenus par *LAGAMINE*, le code d'éléments finis pour la géomécanique de l'Université de Liège.

2.1 Références bibliographiques

Table des Matières

gui Guiducci, C., Collin, F., Radu, J.P., Pellegrino, A., Charlier, R., "Numerical modeling of Hydro-Mechanical fracture behavior",ISRM 2003-Technology roadmap for rock mechanics,South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003
docR: "Modélisation des fissures avec couplage hydromécanique en milieu poreux saturé", Manuel de référence de Code_Aster, R7.02.15

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

Le repère global est choisi de manière à ce que la discontinuité soit horizontale dans ce repère ($\alpha = 0°$ donc un angle d'Euler de $90°$).

La modélisation est réalisée en déformation plane avec 1092 éléments QU4 pour le massif et 91 éléments QU4 pour la discontinuité.

Discrétisation en temps :

- 25 pas de temps pour les $7,5$ premières années
- 25 pas de temps pour les $12,5$ années suivantes.

3.2 Grandeurs testées et résultats

On compare les résultats obtenus avec *Code_Aster* avec ceux obtenus par le code *LAGAMINE*.

On présente le profil de pression le long de la discontinuité à $7,5$ et 20 ans (figure 3.2.1), les variations de l'ouverture le long de la discontinuité à $7,5$ et 20 ans (figure 3.2.2) et le flux sortant de la fissure au niveau du puits par jour (figure 3.2.3).

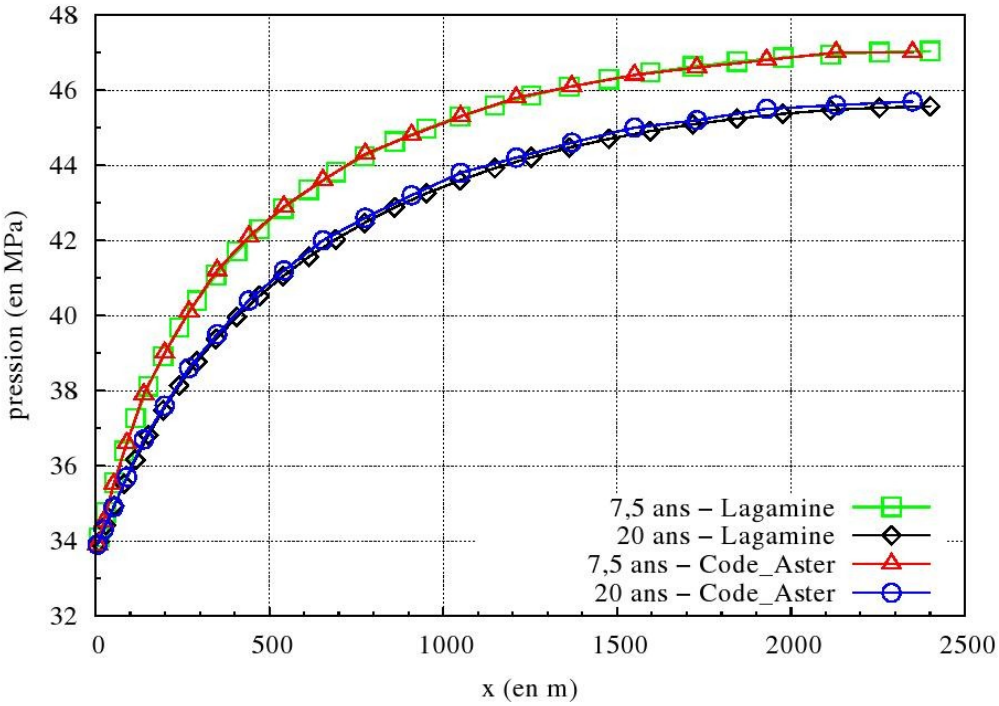


Illustration 3.2.1: Pression le long de la discontinuité à 7,5 ans et 20 ans et comparaison avec les résultats de *LAGAMINE*

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

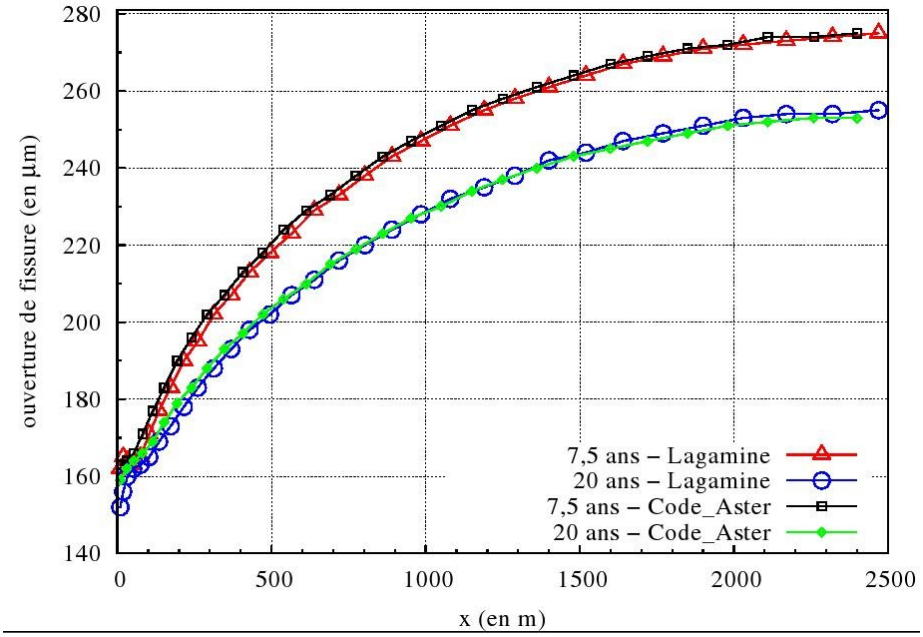


Illustration 3.2.2: Ouverture de la discontinuité le long du réservoir après 7,5 et 20 ans et comparaison avec les résultats de *LAGAMINE*

Les résultats sont quasiment identiques à ceux obtenus avec *LAGAMINE*.

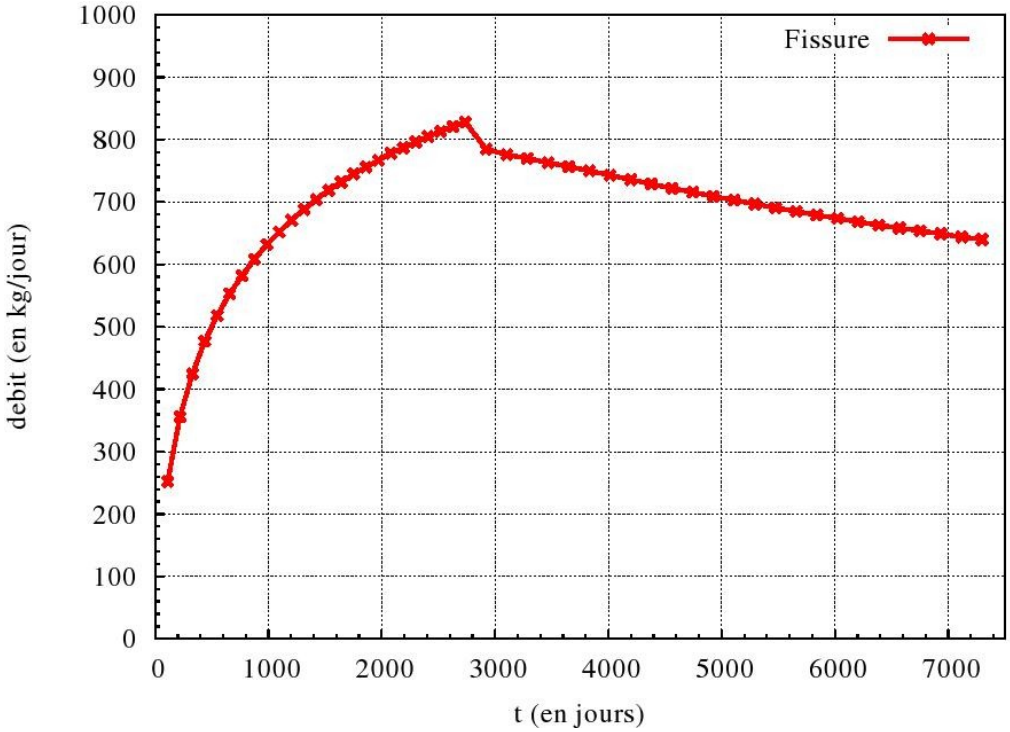


Illustration 3.2.3: Débit massique sortant de la fissure au niveau du puits par jour au cours du temps obtenu avec *Code_Aster*

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

Les valeurs de références sont celles obtenues avec *LAGAMINE*.

$X(m)$	$Y(m)$	**Temps (années)**	**Référence** $PRE1$ **(** MPa **)**	**Tolérance (** $\%$ **)**
256,97	0	7,5	39,95	1.0%
516,51	0	7,5	42,68	1.0%
256,97	0	20	38,45	1.0%
516,51	0	20	40,98	1.0%

$X(m)$	$Y(m)$	**Temps (années)**	**Référence** $V1$ **(** m **)**	**Tolérance (** $\%$ **)**
516,51	0	7,5	2,20E-04	1.0%
516,51	0	20	2,04E-04	1.0%

On ajoute un cas de non régression :

$X(m)$	$Y(m)$	**Temps (années)**	**Référence** $FH11X$ $(kg.m^{-1}.s^{-1})$	**Tolérance (** $\%$ **)**
516,51	0	7,5	-7,0189E-03	0.10%
516,51	0	20	-5,3847E-03	0.10%

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Afin de vérifier que les résultats sont indépendants de l'orientation de la discontinuité (donnée par les angles d'Euler définis dans AFFE_CARA_ELEM), on reprend la modélisation A avec une rotation de $\alpha=-90°$. Le repère direct défini par la normale et la tangente à la fissure est alors identique au repère global. L'angle d'Euler est donc égal à zéro.

4.2 Grandeurs testées et résultats

$X(m)$	$Y(m)$	Temps (années)	Référence $PRE1$ (MPa)	Différence (%)
256,97	0	7,5	39,95	1.0%
516,51	0	7,5	42,68	1.0%
256,97	0	20	38,45	1.0%
516,51	0	20	40,98	1.0%

$X(m)$	$Y(m)$	Temps (années)	Référence $V1$ (m)	Différence (%)
516,51	0	7,5	2,20E-04	1.0%
516,51	0	20	2,04E-04	1.0%

On ajoute un cas de non régression :

$X(m)$	$Y(m)$	Temps (années)	Référence $FH11X$ $(kg.m^{-1}.s^{-1})$	Différence (%)
516,51	0	7,5	-7,0189E-03	0.10
516,51	0	20	-5,3847E-03	0.10

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

5 Synthèse des résultats

On teste ici l'élément de joint avec couplages hydromécaniques avec plusieurs orientations de fissure. On obtient dans tous les cas avec *Code_Aster* des résultats identiques à ceux obtenus avec *LAGAMINE*.

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