

## 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.

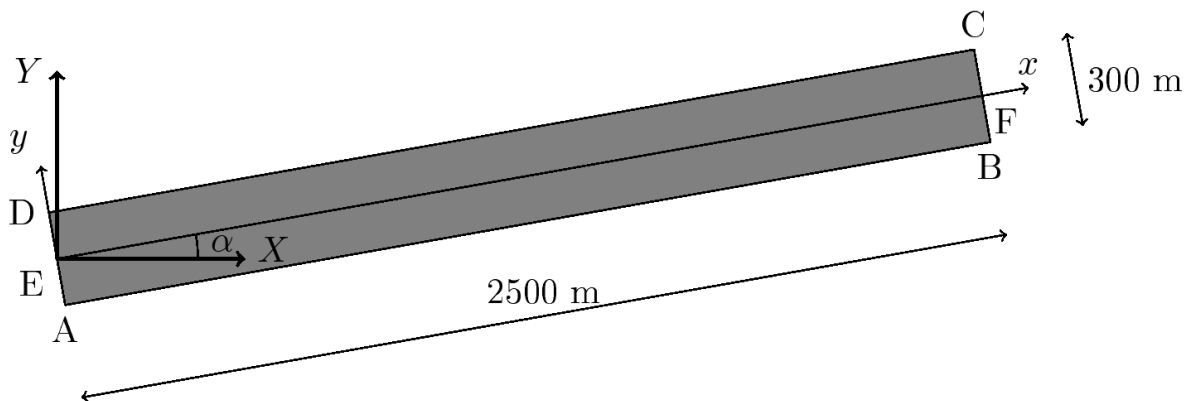
On modélise la déplétion d'un réservoir (réduction de l'importance d'un gisement du fait de son exploitation). Celui-ci est initialement entièrement traversé par une discontinuité et contient un unique liquide. Les lois de comportement de l'interface utilisées sont la loi cubique pour l'écoulement et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

## 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 et le bord de la structure. On note  $\alpha$  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 interstitiel (eau liquide) :

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

•Propriétés de la matrice rocheuse :

La matrice est élastique et a les propriétés suivantes :

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

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

Dans la direction normale à la fissure, on a

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

Dans la direction tangentielle, on a

$$\sigma'_t = K_t \llbracket u_t \rrbracket \quad (1.2.2)$$

Rigidité normale initiale $K_{ni}$	$1.10^9 Pa.m^{-1}$
Ouverture asymptotique $U_{max}$	$2,17 mm$
Coefficient $\gamma$	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  $\varepsilon_0 : 3,04.10^{-4} m$
- 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

Sur  $[DA]$  : pression mécanique de  $62 MPa$  et pression imposée  $p^*$

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

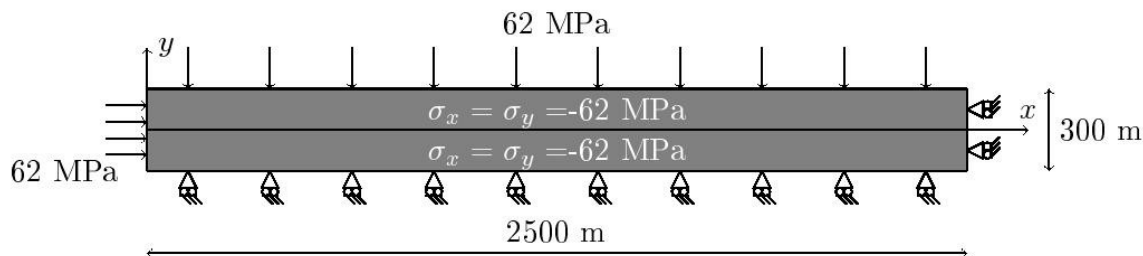


Illustration 1.4.1: Conditions aux limites et initiales mécaniques

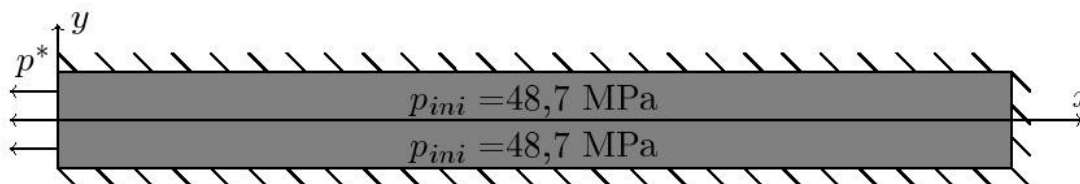


Illustration 1.4.2: Conditions aux limites et initiales hydrauliques

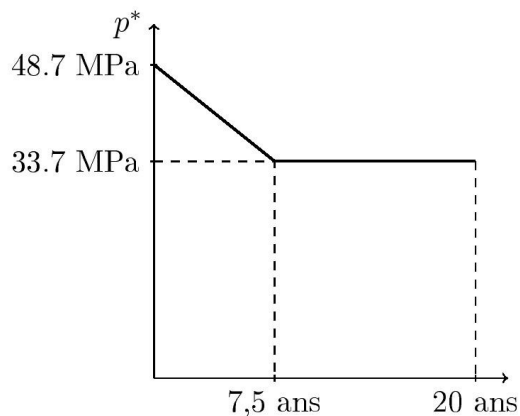


Illustration 1.4.3: Scénario d'exploitation

## 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

[1] 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

[2] "Modélisation des fissures avec couplage hydromécanique en milieu poreux saturé", Manuel de référence de *Code\_Aster*, R7.02.15

## 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 ( $\alpha=0^\circ$  donc un angle d'Euler de  $90^\circ$ ).

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).

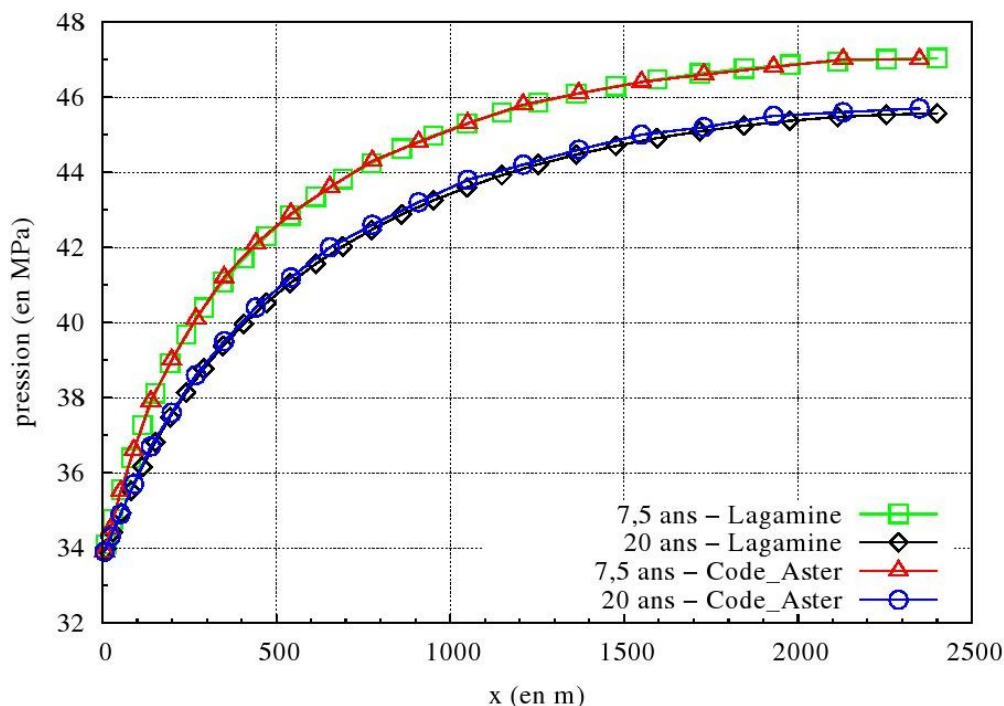
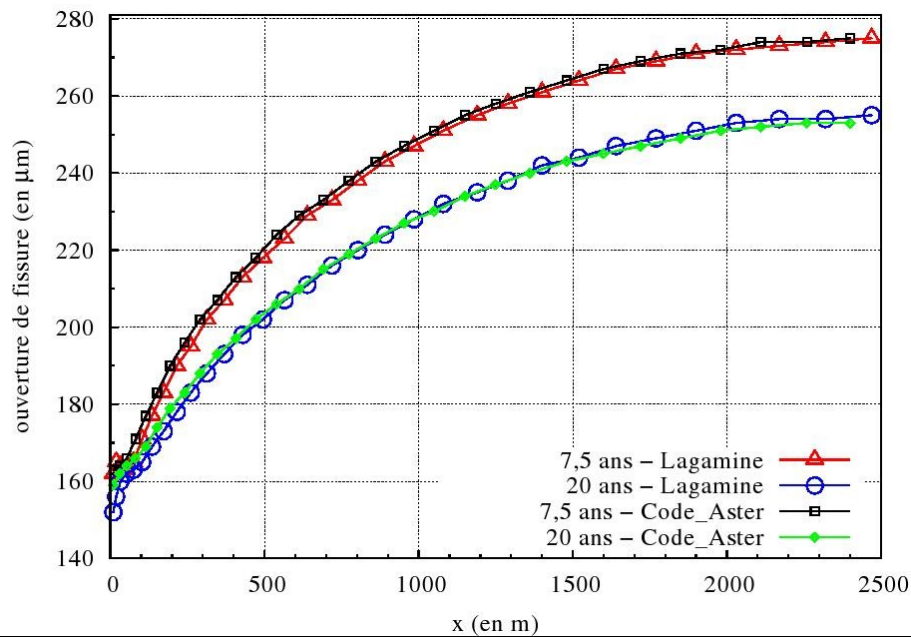
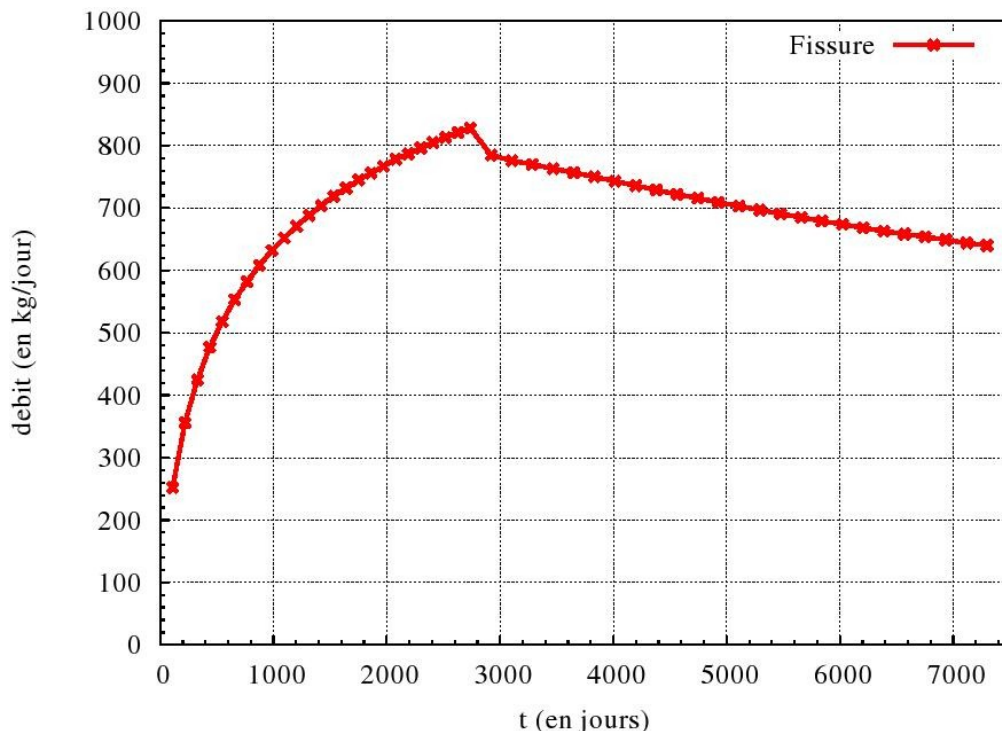


Illustration 3.2.1: Pression le long de la discontinuité à 7,5 ans et 20 ans et comparaison avec les résultats de *LAGAMINE*



**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**

Les valeurs de références sont celles obtenues avec LAGAMINE.

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



## 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 `AFPE_CARA_ELEM`), on reprend la modélisation *A* avec une rotation de  $\alpha = -90^\circ$ . 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 <i>PREI</i> (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 <i>VI</i> (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 <i>FHIX</i> ( $kg.m^{-1}.s^{-1}$ )	Différence (%)
516,51	0	7,5	-7,0189E-03	0.10
516,51	0	20	-5,3847E-03	0.10

## 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*.