ZZZZ218 – Validation de la commande MACR_ECREVISSE

Résumé :

Ce cas-test permet de valider informatiquement le chaînage de Code_Aster avec Ecrevisse, réalisé via la macro-commande MACR_ECREVISSE, pour estimer les débits de fluide (air/eau/vapeur) pouvant traverser une fissure.
Trois modélisations sont proposées, dont la première et la deuxième sont de non-régression. Dans la première modélisation, on a une fissure horizontale dans une structure ; dans la deuxième, on a 2 fissures verticales qui interagissent ; dans la troisième, on teste la macro-commande par rapport à une rotation-translation.

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

1 Problème de référence

Ce test est inspiré de l'essai SIMIBE réalisé au CEA.
On décrit trois modélisations différentes. Le matériau et les caractéristiques de l'écoulement sont les mêmes pour le trois modélisations, et ils sont décrits dans la section §1. La géométrie change légèrement pour les trois modélisations. On montre dans le §1.1 un schéma de la géométrie pour la modélisation A; pour les autres modélisations on va décrira les différences.

1.1 Géométrie et matériau

La géométrie globale est présentée sur la Figure 1.1-a. Les caractéristiques de la fissure sont données en bas. À remarquer que les unité sont exprimées dans le système internationale S.I.. Comme spécifié aussi dans la documentation utilisateurs U7.03.41, ça est rendu obligatoire par le logiciel *Écrevisse*, qui contient des formules non adimensionalisées.

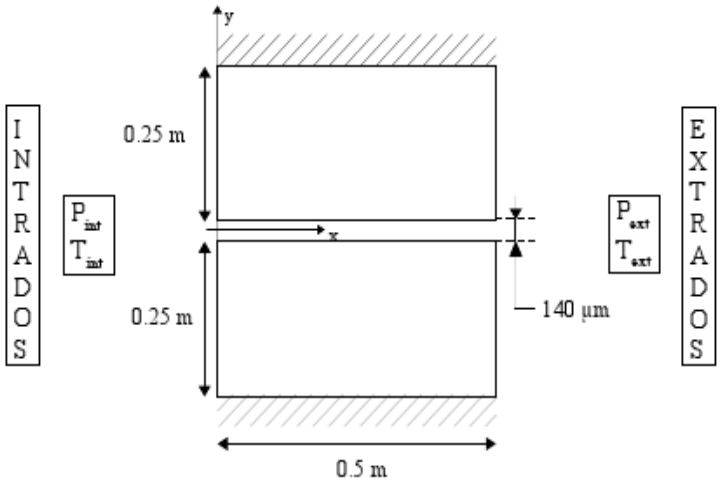


Figure 1.1-a : géométrie du cas-test

Détails de la fissure :
- section : `RECTANGLE`
- direction de l'écoulement : X, dans le sens positif
- rugosité absolue de la paroi : $0{,}5.10^{-6} m$
- coefficient de perte de charge singulière à l'entrée : aucun (`ZETA = 0`)
- dimension de la fissure dans la direction normale au plan (z) : $0.5 m$ (`LIST_VAL_BL = (0.5,0.5)`)
- ouverture rémanente fixée à $30 \mu m$

Écoulement :
- pression de stagnation à l'entrée : $10.10^5 Pa$
- pression de stagnation à la sortie : $10^5 Pa$
- condition du fluide à l'entrée : air seul (`FLUIDE_ENTREE = 6`)
- température à l'entrée : $140 °C$

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

Modèle :
- modèle d'écoulement à SATURATION
- frottement calculé directement à partir de la rugosité absolue de la paroi (FROTTEMENT = 1)
- transfert de chaleur avec une corrélation de Sieder & Tate en monophasique laminaire et une corrélation de Mac Adams dans les autres régimes. En cas de mélange gaz/liquide, calcul soit dans le gaz, soit dans le liquide, soit via la corrélation de Chen en fonction du titre massique de gaz et du taux de vide (TRANSFERT_CHAL = 1).

1.2 Propriétés du matériau

Les valeurs choisies sont représentatives d'un béton.
$E = 35\,000\,MPa$
$\nu = 0.25$
$\alpha = 10 - 5/°C$
$\lambda = 2.3\,J/m^2 s\,°C/m$
$\rho C_p = 2500000\,J/m^3 °C$

1.3 Conditions aux limites et chargement

Les parties supérieure et inférieure sont encastrées.
On suppose que la fissure ne peut pas se refermer entièrement. Ainsi, l'ouverture rémanente est fixée à $30\,\mu m$ pour laisser un débit fluide minimum non nul.
A l'extrados, la température vaut toujours $T_{ext} = 20\,°C$ et la pression $P_{ext} = 1.105\,Pa$.
Sur les faces interne et externe, on suppose que les échanges avec le milieu ambiant ont lieu avec les coefficients d'échange suivant : $h_{\text{int}} = 8\text{W}/m^2$ et $h_{ext} = 4\text{W}/m^2$
On injecte de l'air chaud sous pression soit $T_{\text{int}} = 140\,°C$ et $P_{\text{int}} = 10.10^5\,Pa$.

1.4 Conditions initiales

Le béton est au repos, à $20\,°C$, avec une fissure traversante de $140\,\mu m$ d'ouverture.

2 Solution de référence

Les modélisations A et B sont des test de non régression.

La modélisation C vérifie le comportement de la macro-commande pour une fissure oblique, et que la macro soit robuste par rapport à une rotation-translation. La réponse de la structure à une position de référence est comparée à celle de la même structure tournée et translatée.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On valide ici le comportement de la commande MACR_ECREVISSE en présence d'une fissure traversante horizontale. On choisit une modélisation en déformations planes pour la mécanique D_PLAN, et une modélisation thermique PLAN_DIAG, avec une matrice de masse diagonalisée pour la thermique.

Les caractéristiques de l'écoulement ont étés décrites avec la géométrie au §1.1.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage utilisé est présenté Figure 3.2-a :

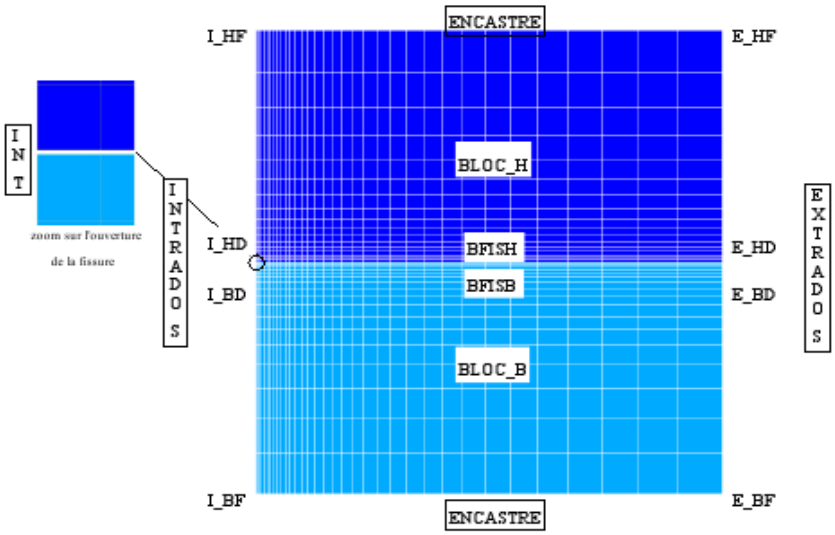


Figure 3.2-a : Maillage complet

Les dimensions sont les mêmes que pour la géométrie.

Nombre de nœuds : 1260
Nombre de mailles : 1156 QUAD4

Les paramètres de croissance utilisés pour réaliser le maillage sont les suivants : de $0.002\,m$ (intrados) à $0.05\,m$ (extrados), et idem de BFISH et BFISB à ENCASTRE.

3.3 Grandeurs et résultats

On teste les grandeurs significatives de ce calcul à savoir : le débit, ainsi que le déplacement et la température en entrée et en sortie de fissures. Deux instants sont testés.

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

A $t=500\,s$:

Identification	Tolérance
Déplacement DY au nœud E_{HD} $[m]$	1.0E-06
Température du matériau au nœud E_{HD} $[°C]$	1.0E-06
Déplacement DY au nœud I_{HD} $[m]$	1.0E-06
Température au nœud I_{HD} $[°C]$	1.0E-06
Débit	1.0E-06

A $t=10\,000\,s$:

Identification	Tolérance
Déplacement DY au nœud E_{HD} $[m]$	1.0E-06
Température du matériau au nœud E_{HD} $[°C]$	1.0E-06
Déplacement DY au nœud I_{HD} $[m]$	1.0E-06
Température au nœud I_{HD} $[°C]$	1.0E-06
Débit	1.0E-06

3.4 Remarques

A $t=10000\,s$, le nœud I_HD s'est déplacé environ de $-70\,\mu m$, (notamment du fait de la dilatation thermique) ce qui correspond à la demie ouverture de la fissure. Cela signifie que les lèvres sont en contact (mot-clé DEFI_CONTACT activé) et la fissure refermée. Par contre, pour la partie hydraulique (gérée par *Écrevisse*), une ouverture rémanente est fixée, de telle sorte que le débit n'est jamais nul.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, on valide l'utilisation de la macro-commande MACR_ECREVISSE en présence de 2 fissures verticales. La géométrie est légèrement différente de celle de la modélisation A. Elle est décrite avec le maillage dans la Figure 4.2-a. Les caractéristiques de l'écoulement et du matériau ont étés décrites au § 1.

Comme pour la modélisation A, on travaille en déformations planes pour la mécanique (D_PLAN), et avec une matrice de masse diagonalisée pour la thermique (PLAN_DIAG).

4.2 Maillage et conditions aux limites

Le maillage utilisé est présenté Figure 4.2-a :

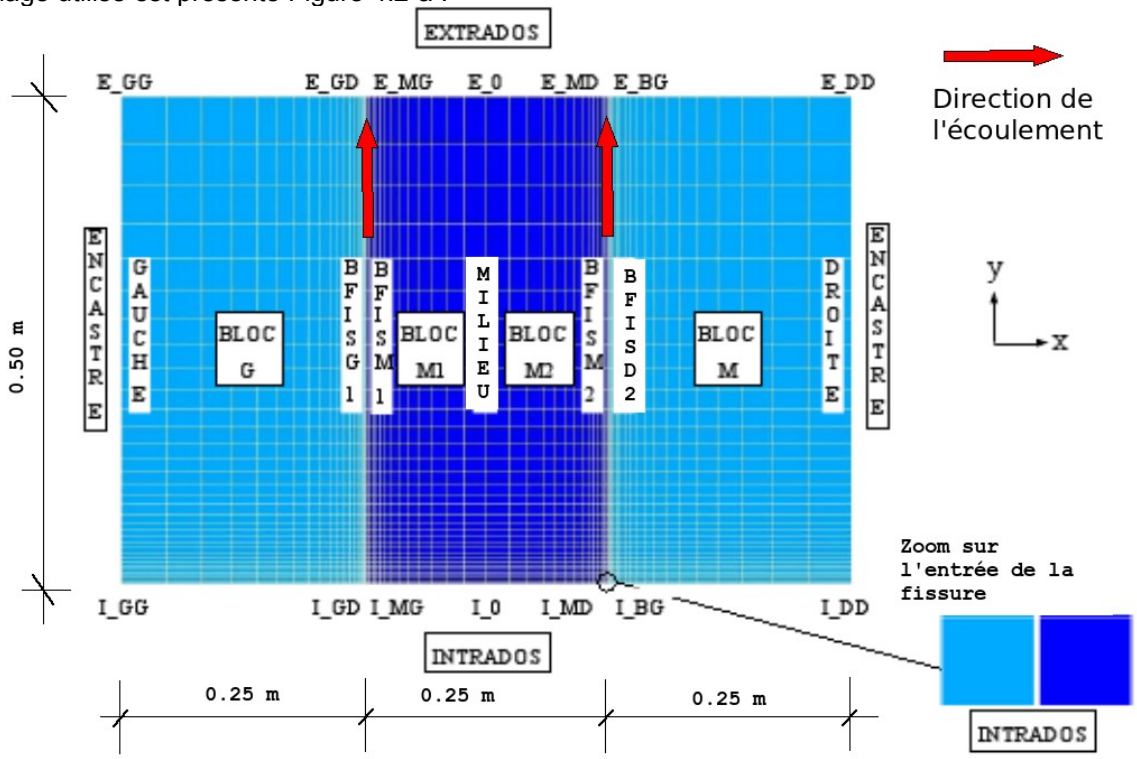


Figure 4.2-a : Maillage complet

Les dimensions des chacun des trois blocs sont de $0.50\,m$ de haut et $0.25\,m$ de large.

Nombre de nœuds : 2275
Nombre de mailles : 2108 QUAD4

Les paramètres de croissance des tailles de mailles utilisés pour réaliser le maillage sont les suivants : de $0.002\,m$ (intrados) à $0.05\,m$ (extrados), et idem de BFISG1/BFISD2 à ENCASTRE ; de $0.025\,m$ au MILIEU à $0.002\,m$ sur BFISM1/BFISM2.
Les fissures sont dénommées avec les nom des lèvres : BFISG1-BFISM1 (FISSURE 1), (FISSURE 2).

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

Les conditions aux limites :

1. Les cotés nommés ENCASTRE sont encastrés ($DX=0$, $DY=0$).
2. Sur le coté MILIEU (ligne de symétrie) on bloc le déplacement en direction X ($DX=0$).
3. Une condition de contact est définie entre le lèvres BFISG1-BFISM1 et BFISM2-BFISD2 (DEFI_CONTACT).
4. La pression et la température sur l'intrados INTRADOS sont plus grandes que sur l'extrados EXTRADOS ($1.E6\,Pa$ et $140\,°C$ versus $1.E6\,Pa$ et $20\,°C$), ce qui cause l'écoulement de l'intrados à l'extrados.
5. Le matériau est considéré, au début du calcul, à la température ambiance $20\,°C$, qui est la température de référence.

4.3 Grandeurs et résultats

On teste à 2 instants différents, les déplacements et la température en entrée de la fissure de gauche et en sortie de la fissure de droite. Enfin, on teste le débit de la fissure de droite à $t=500\,s$ et de la fissure de gauche à $t=10\,000\,s$.

A $t=500\,s$:

Identification	Tolérance
Déplacement DX au nœud E_{MD} $[m]$	1.0E-06
Température du matériau au nœud E_{MD} $[°C]$	1.0E-06
Déplacement DX nœud I_{GD} $[m]$	1.0E-06
Température du matériau au nœud I_{GD} $[°C]$	1.0E-06
Fissure BFISG1-BFISM1, débit	1.0E-06

A $t=10\,000\,s$:

Identification	Tolérance
Déplacement DX au nœud E_{MD} $[m]$	1.0E-06
Température du matériau au nœud E_{MD} $[°C]$	1.0E-06
Déplacement DX au nœud I_{GD} $[m]$	1.0E-06
Température du matériau au nœud I_{GD} $[°C]$	1.0E-06
Fissure BFISM2-BFISD2, débit	1.0E-06

4.4 Remarques

L'ouverture de la fissure à $t=10\,000\,s$ est de l'ordre de 10^{-9} , donc est presque refermé à cause de la dilatation thermique due à la haute température à l'intrados. Dans ce cas aussi, c'est l'ouverture rémanente qui est retenue pour le calcul de l'écoulement.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, on valide l'utilisation de la macro-commande MACR_ECREVISSE par rapport a une rotation et à une translation. Il ne s'agit pas donc d'un test de non-régression.
En effet, les résultats d'*Écrevisse* ne dépendent que des caractéristiques de la fissure, y compris la direction. Celle-ci est influencée par la gravité. Ainsi, des fissures avec les même caractéristiques et ayant une direction symétrique par rapport à la verticale doivent donner les mêmes écoulements.
On travaille avec les mêmes paramètres (du matériau, de l'écoulement de la fissure) que dans la modélisation A (§ 1.1). Le maillage est aussi le même, sauf que il est tourné et translaté. Le détail du maillage est donné au §5.2.

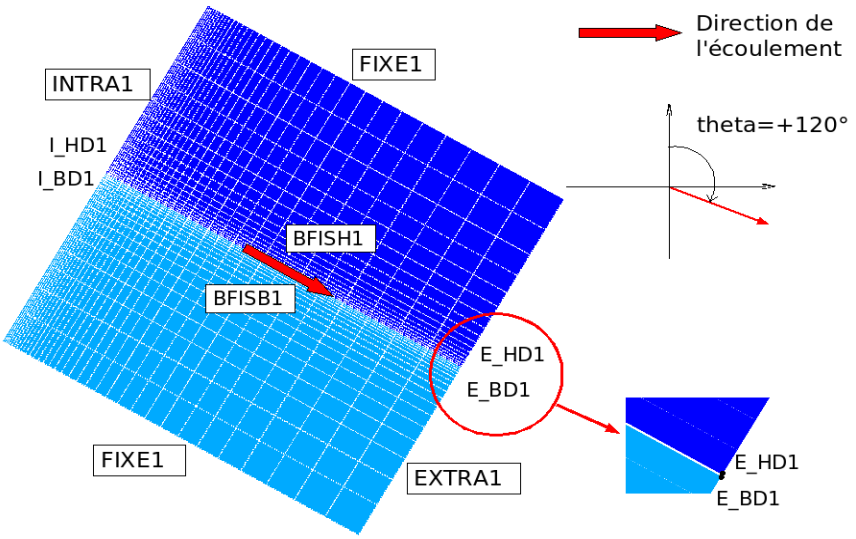
5.2 Maillage et conditions aux limites.

Les deux maillages utilisés ont été obtenus par rotation et translation du maillage de la modélisation A, donc ils en conservent les mêmes dimensions. Ils sont présentés dans la Figure 5.2-a et Figure 5.2-b.

Pour le premier maillage, la première abscisse curviligne de la fissure est le point d'origine des axes $(0;0)$.
Le second maillage résulte d'une rotation de 120 degrés du premier maillage autour de l'origine et d'une translation de vecteur $(-10;20)$.

Les conditions aux limites pour les deux maillages sont analogues à la modélisation A :

1. Les cotés nommés FIXE1 (ou FIXE2) sont encastrés ($DX=0$, $DY=0$).
2. Une condition de contact est définie entre le lèvres BFISH1-BFISB1 (BFISH2-BFISB2) (DEFI_CONTACT).
3. La pression et la température sur l'intrados INTRA1 (INTRA2) sont plus grandes que sur l'extrados EXTRA1 (EXTRA2) : ($1.E6\,Pa$ et $140\,°C$ versus P_{atm} et $20\,°C$). Cela cause l'écoulement de l'intrados à l'extrados.
4. Le matériau est considéré, au début du calcul, à la température ambiante $20\,°C$, qui est la température de référence.



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

Figure 5.2-a : Maillage 1 pour la direction $theta=120°$ (par rapport à la verticale).

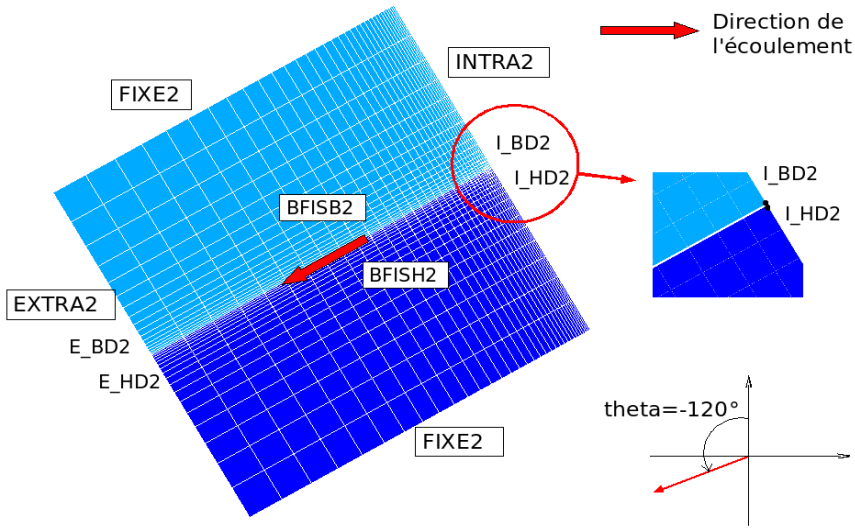


Figure 5.2-b : Maillage 2 pour la direction $theta=-120°$ (par rapport à la verticale).

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les résultats à l'instant $t=10\,000\,s$. On extrait les valeurs du résultat du maillage 2, et on les compare à celles correspondant au maillage 1.

Maillage 1	**Maillage 2**
Déplacement DX au nœud E_{HD1}	par symétrie : (-1) * Déplacement DX au nœud E_{BD2}
Déplacement DX au nœud E_{BD1}	par symétrie : (-1) * Déplacement DX au nœud E_{HD2}
Déplacement DY au nœud E_{HD1}	par symétrie : Déplacement DY au nœud E_{BD2}
Déplacement DY au nœud E_{BD1}	par symétrie : Déplacement DY au nœud E_{HD2}
Température du matériau au nœud I_{HD1}	Température du matériau au nœud I_{HD2}
Débit total	Débit total
Coefficient Convection première abs. curv.	Coefficient Convection première abs. curv.
Pression première abs. curv.	Pression première abs. curv.
Température du fluide première abs. curv.	Température du fluide première abs. curv.
Flux de chaleur du fluide première abs. curv.	Flux de chaleur du fluide première abs. curv.

Grandeur	**Tolérance**
Déplacement DX aux nœud E_{HD1}	1.0E-05

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

Déplacement DX au nœud E_{BD1}	1.0E-05
Déplacement DY au nœud E_{HD1}	1.0E-05
Déplacement DY au nœud E_{BD1}	1.0E-05
Température du matériau au nœud I_{HD1}	1.0E-04
Débit total	1.0E-03
Coefficient Convection première abs. curv.	1.0E-04
Pression première abs. curv.	1.0E-04
Température du fluide première abs. curv.	1.0E-04
Flux de chaleur du fluide première abs. curv.	1.0E-03

5.4 Remarques

Le lèvres sont en contact, la commande DEFI_CONTACT est activée. Le calcul d'écoulement est mené avec l'ouverture rémanente.

6 Synthèse des résultats

Les résultats sont cohérents avec ce à quoi l'on s'attendait physiquement.

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