ZZZZ355 - Validation de la commande MACR_ECREVISSE sur les options de transfert de chaleur

Résumé :

Ce cas-test permet de valider informatiquement le chaînage de Code_Aster avec Écrevisse, réalisé via la macro-commande MACR_ECREVISSE, pour estimer les débits de fluide (air/eau/vapeur) pouvant traverser une fissure. Ce cas test a pour objectif de valider pour un type de frottement donné (FROTTEMENT = 2), tous les types de transfert de chaleur disponibles, et trois types de fluides. Dans ce test, les coefficients matériaux sont tels que le couplage est annulé : aussi les résultats obtenus doivent être les mêmes que ceux produits par le logiciel Écrevisse seul. C'est donc un test sans pertinence physique concernant le couplage.

8 modélisations sont proposées pour combiner tous les types de fluide (air, air vapeur saturée et air vapeur surchauffée) et toutes les options d'échange de chaleur admissibles. On vérifie que les résultats obtenus sont bien ceux fournis par Écrevisse.

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

1 Problème de référence

Ce test modélise deux plaques séparées par une fissure. Le matériau décrit dans la section suivante est infiniment rigide et de conductivité thermique nulle de manière à annuler le couplage. Seul le choix du fluide différencie les trois modélisations.

1.1 Géométrie et matériau

La géométrie globale est présentée sur l'Image 1.1-1. Les caractéristiques de la fissure sont données ensuite.

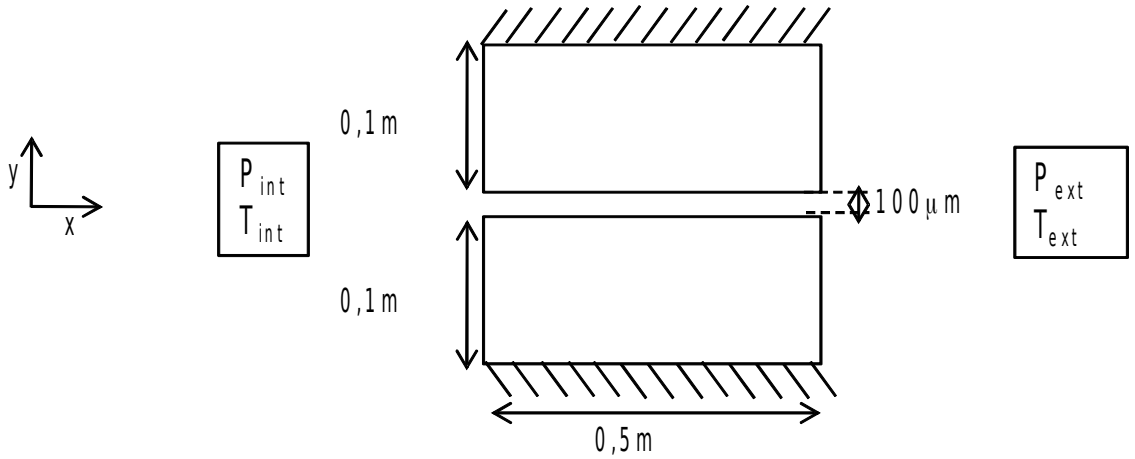


Image 1.1-1: géométrie du cas-test

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) : $1 m$
- ouverture rémanente fixée à $10 \mu m$

Conditions aux limites de l'écoulement :
- pression de stagnation à l'entrée : $10.10^5 Pa$
- pression de stagnation à la sortie : $10^5 Pa$
- température à l'entrée : $180 °C$ (pour le type de fluide 4 et 6, pour le 5 ce n'est pas nécessaire)
- Le type de fluide dépendra de la modélisation (voir plus bas : fluides 4,5,6 testés)

Modèle d'Ecrevisse:

- Frottement de type Colebrook et White pour un Reynolds supérieur à 5000 (laminaire sinon) et viscosité donnée par une formule de Cicchiti) : FROTTEMENT = 2.
- Tous les types de transfert de chaleur disponible sont ici testés : ICHAL = [-12,-11,-2,-1,0,1,2,11,12]. Dans le cas où ICHAL est négatif, il est nécessaire de renseigner les coefficients XMINCH et XMAXCH. Ces coefficients correspondent à des bornes supérieures et inférieures de la fraction massique de liquide permettant de calculer le transfert de chaleur J en fonction d'une phase ou d'une autre (voir U7.01.41). Ici XMINCH = 0,7 et XMAXCH = 0,73.

1.2 Propriétés du matériau

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

Les valeurs choisies sont représentatives d'un matériau de rigidité infinie et de conductivité nulle de manière à annuler le couplage.

$E=1.10^{25}\,Pa$
$\nu=0.25$
$\alpha=0\,°K^{-1}$
$\lambda=0\,W/m/°K$
$\rho C_p=2\cdot10^{14}\,J/m^3/°K$

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 $10\,\mu m$ pour laisser un débit fluide minimum non nul.
A l'extrados, la température vaut toujours $T_{ext}=20\,°C$ et la pression $P_{ext}=1\,atm$.
Sur les faces interne et externe, on suppose que les échanges avec le milieu ambiant sont tels que les coefficients d'échange sont nuls.
On injecte de l'air chaud sous pression soit $T_{\text{int}}=180\,°C$ et $P_{\text{int}}=1\,MPa$.

1.4 Conditions initiales

Le béton est au repos, à $20\,°C$, avec une fissure traversante de $100\,\mu m$ d'ouverture.

1.5 Caractéristiques du maillage

Le maillage utilisé est présenté dans l'Image 1.5-1 :

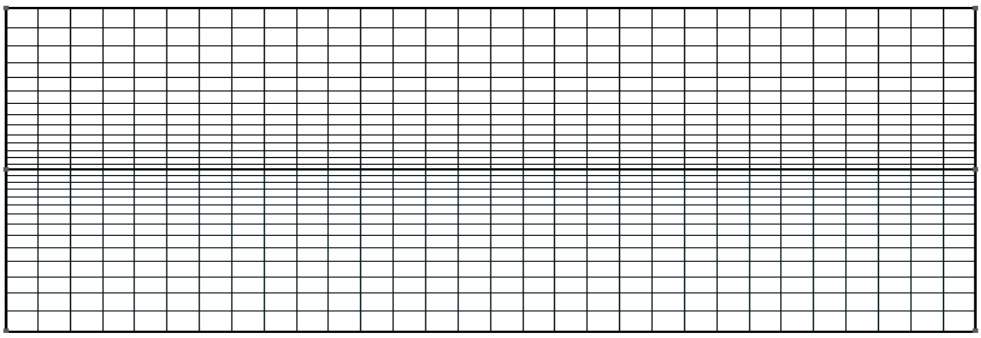


Image 1.5-1 : maillage complet.

Les dimensions sont celles de la géométrie décrite précédemment.

Nombre de nœuds : 930
Nombre de mailles : 1024 QUAD4

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

2 Solution de référence

Les données matériaux annulent ici le couplage. Aussi, les solutions obtenues doivent être les mêmes que celles obtenues avec Écrevisse seul.

Les résultats d'Écrevisse ont été obtenus avec les mêmes cotes en entrée que les nœuds du maillage de Code_Aster. En effet, cela a un impact sur l'intégration numérique de la solution dans Écrevisse (méthode de Runge-Kutta), sa précision est de l'ordre de 1 %. Les résultats en température en sont spécialement sensibles.

Remarque : pour les résultats d'Écrevisse on regarde le fichier *pour_aster* et non le fichier *promin.mat*, pour qu'ils soient comparables avec les résultats fournis dans Code_Aster. Par conséquent, la valeur de température est fournie au centre de la maille.

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

3 Modélisation A - B - C - D

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Ici l'écoulement correspond à un fluide composé d'air et de vapeur surchauffée : FLUIDE_ENTREE = 4. La pression partielle d'air en entrée : $0,6\,MPa$.

Les valeurs d'option d'échange de chaleur traitées dans chacune des modélisations sont les suivantes :
- Modélisation A : 0, 1, 2
- Modélisation B : 11, 12
- Modélisation C : -1, -2
- Modélisation D : -11, -12

3.2 Grandeurs et résultats

On teste les grandeurs significatives de ce calcul à savoir : le débit, ainsi que la température à une côte donnée ($0,475\,m$) au temps final de la simulation, soit 5000s .

TRANSFERT_CHAL	Valeur du débit de sortie trouvé par ECREVISSE (kg/s)	Tolérance (%)
0	0,0244739	1.E-3
1	0,0045221	1.E-3
2	0,0044531	1.E-3
11	0,0045221	1.E-3
12	0,0044531	1.E-3
-1	0,0051948	1.E-3
-2	0,0045273	1.E-3
-11	0,0051948	1.E-3
-12	0,0045273	1.E-3

Tableau 3.2-1 : débit de référence pour la modélisation A, B, C et D.

TRANSFERT_CHAL	Valeur de la température (°C) trouvé par ECREVISSE à la cote $0,475\,m$	Tolérance (%)
0	169,198	1.E-3
1	19,9482	1.E-3
2	19,9483	1.E-3
11	19,9482	1.E-3
12	19,9483	1.E-3
-1	19,9401	1.E-3
-2	19,9411	1.E-3
-11	19,9401	1.E-3
-12	19,9411	1.E-3

Tableau 3.2-2 : température de référence pour la modélisation A, B, C et D.

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

4 Modélisation E - F - G

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Ici l'écoulement correspond à un fluide composé d'air et de vapeur saturée : FLUIDE_ENTREE = 5. La pression partielle d'air en entrée : $0,6\,MPa$ et le titre massique (eau vapeur sur eau totale) est de $0,3$.

Les valeurs d'option d'échange de chaleur traitées dans chacune des modélisations sont les suivantes :
- Modélisation E : 0, 1, 2
- Modélisation F : 11, 12
- Modélisation G : -1, -2, -11, -12

4.2 Grandeurs et résultats

On teste les grandeurs significatives de ce calcul à savoir : le débit, ainsi que la température à une cote donnée ($0,475\,m$) au temps final de la simulation, soit $5000\mathrm{s}$.

TRANSFERT_CHAL	Valeur du débit de sortie trouvé par ECREVISSE (kg/s)	Tolérance (%)
0	0,01028	1.E-3
1	0,00393	1.E-3
2	0,00393	1.E-3
11	0,00393	1.E-3
12	0,00393	1.E-3
-1	0,00393	1.E-3
-2	0,00393	1.E-3
-11	0,00393	1.E-3
-12	0,00393	1.E-3

Tableau 4.2-1 : débit de référence pour la modélisation E, F et G.

TRANSFERT_CHAL	Valeur de la température (°C) trouvé par ECREVISSE à la cote $0,475\,m$	Tolérance (%)
0	105,133	1.E-3
1	19,9662	1.E-3
2	19,9662	1.E-3
11	19,9662	1.E-3
12	19,9662	1.E-3
-1	19,9662	1.E-3
-2	19,9662	1.E-3
-11	19,9662	1.E-3
-12	19,9662	1.E-3

Tableau 4.2-2 : température de référence pour la modélisation E, F et G.

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

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

5 Modélisation H

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Ici l'écoulement correspond à un fluide composé d'air seul : FLUIDE_ENTREE = 6.

5.2 Grandeurs et résultats

On teste les grandeurs significatives de ce calcul à savoir : le débit, ainsi que la température à une cote donnée ($0,475\,m$) au temps final de la simulation, soit $5000\mathrm{s}$.

TRANSFERT_CHAL	Valeur du débit de sortie trouvé par ECREVISSE (kg/s)	Tolérance (%)
0	0,02409	1.E-3
1	0,04579	1.E-3
2	0,04579	1.E-3
11	0,04579	1.E-3
12	0,04579	1.E-3
-1	0,04579	1.E-3
-2	0,04579	1.E-3
-11	0,04579	1.E-3
-12	0,04579	1.E-3

Tableau 5.2-1 : débit de référence pour la modélisation H.

TRANSFERT_CHAL	Valeur de la température (°C) trouvé par ECREVISSE à la cote 0,475m	Tolérance (%)
0	173,522	1.E-3
1	19,0641	1.E-3
2	19,0641	1.E-3
11	19,0641	1.E-3
12	19,0641	1.E-3
-1	19,0641	1.E-3
-2	19,0641	1.E-3
-11	19,0641	1.E-3
-12	19,0641	1.E-3

Tableau 5.2-2 : température de référence pour la modélisation H.

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

6 Synthèse des résultats

Les résultats sont cohérents et montrent que le branchement du logiciel Écrevisse à Code_Aster fonctionne.

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