Procédure MACR_ECREVISSE

Résumé :

La macro-commande MACR_ECREVISSE a pour but de calculer le débit de fluide (air/vapeur/liquide) à travers une (ou plusieurs) fissure(s) traversante(s) dans une structure modélisée en 2 dimensions. Elle réalise pour cela, à chaque pas de temps, le chaînage de deux codes :

- *Code_Aster* qui permet de connaître l'état thermo-mécanique de la structure
- Ecrevisse qui réalise le calcul thermo-hydraulique d'écoulement à travers la fissure.

En pratique, la macro-commande se charge d'effectuer successivement pour tous les pas de temps :

- un calcul thermique linéaire
- un calcul mécanique quasi-statique
- d'appeler la macro-commande CALC_ECREVISSE, qui elle va être en charge :
  1. de récupérer le profil de la fissure
  2. d'appeler une troisième macro-commande MACR_ECRE_CALC qui va générer le fichier de commande et lancer Ecrevisse
  3. d'extraire et copier les résultats
  4. de vérifier les critères imposés sont vérifiés et si besoin redécouper le pas de temps.

Le concept de sortie principal est la structure de données résultat du calcul mécanique (evol_noli). Il est également possible d'obtenir la structure de données résultats du calcul thermique, ainsi que 2 tables, l'une contenant les débits à chaque instant, l'autre récapitulant les données concernant les fissures. En créant un répertoire de sortie dans le profil d'étude, on pourra y récupérer toutes les sorties concernant Ecrevisse.
Il est possible d'effectuer des poursuites du calcul.

Remarque

> *Il est nécessaire de préciser le mot-clé DEBUG=_F(HIST_ETAPE='OUI') dans DEBUT ou POURSUITE pour utiliser MACR_ECREVISSE.*

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

Table des Matières

1 But....3
2 Syntaxe....3
3 Opérandes....7
3.1 Opérandes TABLE / TEMPER / DEBIT....7
3.2 Mot clé ETAT_INIT....7
3.3 Opérandes MODELE_MECA / MODELE_THER....7
3.4 Opérande LIST_INST....7
3.5 Opérande CHAM_MATER....8
3.6 Opérande TEMP_INIT....8
3.7 Opérande CARA_ELEM....8
3.8 Mot clé EXCIT_MECA....8
3.9 Mot clé CONTACT....8
3.10 Mot clé EXCIT_THER....8
3.11 Mot clé COMPORTEMENT....9
3.12 Mot clé NEWTON....9
3.13 Mot clé CONVERGENCE....9
3.1 Mot clé ENERGIE....9
3.2 Mot clé FISSURE....9
3.3 Mot clé ECOULEMENT....11
3.4 Mot clé MODELE_ECRE....12
3.5 Mot clé CONV_CRITERE....13
3.6 Mot clé CONVERGENCE_ECREVISSE....14
3.7 Opérande COURBES....14
3.8 Opérande LOGICIEL....14
3.9 Opérande VERSION....14
3.10 Opérande ENTETE....15
3.11 Opérande IMPRESSION....15
3.12 Opérande INFO....15
4 Fonctionnement du couplage....15
4.1 Principe....15
4.2 Unités....15
4.3 Quelques conseils d'utilisation....16
5 Exemple d'utilisation....17
6 Référence Ecrevisse....18
7 Annexes....19
7.1 Syntaxe de la procédure CALC_ECREVISSE....19
7.2 Opérandes spécifiques à CALC_ECREVISSE....19
7.3 Syntaxe de la procédure MACR_ECRE_CALC....21

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

7.4 Opérandes spécifiques à MACR_ECRE_CALC.....21

1 But

Cette commande permet le chaînage de Code_Aster avec le logiciel ECREVISSE. Le principe repose pour chaque pas de temps, à un appel successif à :

- THER_LINEAIRE pour obtenir l'état thermique de la structure
- STAT_NON_LINE pour obtenir l'état mécanique de la structure
- au code ECREVISSE pour connaître les conditions d'écoulement du fluide.

Remarque

Il est nécessaire de préciser le mot-clé DEBUG=_F(HIST_ETAPE='OUI') *dans* DEBUT *ou* POURSUITE *pour utiliser* MACR_ECREVISSE.

2 Syntaxe

```
MACR_ECREVISSE    (

      # CONCEPTS SORTANTS
            ◊ TABLE     = CO('table')                                  [CO]
            ◊ DEBIT     = CO('debit')                                  [CO]
            ◊ TEMPER    = CO('temp')                                   [CO]

      # ETAT_INITIAL
            ◊ ETAT_INIT = _F (
                  ♦ EVOL_NOLI       = evol_noli
[evol_noli]
                  ♦ EVOL_THER       = evol_ther
[evol_ther]
                  ♦ NUME_ORDRE      = nume_ordre                       [I]
                              ),

      # MODELES THERMO-MECANIQUES
                  ♦ MODELE_MECA     = m_meca                [modele_sdaster]
            ♦ MODELE_THER     = m_ther                [modele_sdaster]

      # LISTE D'INSTANTS
            ♦ LIST_INST = list_inst                           [listr8]

      # DONNEES POUR STAT_NON_LINE ET THER_LINEAIRE
            ♦ CHAM_MATER = chmat                              [cham_mater]
            ♦ TEMP_INIT  = tempinit                           [R]
            ◊ CARA_ELEM  = carac                              [cara_elem]
            ♦ EXCIT_MECA    = _F (
                  ♦ CHARGE          = chi
[char_meca]
                  ◊ FONC_MULT       = fi                              [fonction]
                  ◊ TYPE_CHARGE     =     / 'FIXE_CSTE'               [DEFAUT]
                                          / 'SUIV'
                                          / 'DIDI'
                              )
            ♦ CONTACT   = char_contact                        [char_contact]
            ♦ EXCIT_THER      = _F (
                  ♦ CHARGE    = chi
[char_ther]
                  ◊ FONC_MULT = fi                                  [fonction]
```


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

```
                                    )

                ♦ COMPORTEMENT    = _F  ( voir le document [U4.51.11])
                ◊ NEWTON          = _F  ( voir le document [U4.51.03])
                ◊ CONVERGENCE     = _F  ( voir le document [U4.51.03])
                ◊ ENERGIE         = _F  ( voir le document [U4.71.02])

    # DONNEES GEOMETRIQUES RELATIVES A LA FISSURE
                ♦ FISSURE         = _F (
                      ♦ GROUP_MA        =     gma                       [grma]
                      ♦ GROUP_NO_ORIG   =     ogno                      [grno]
                      ♦ GROUP_NO_EXTR   =     egno                      [grno]
                      ♦ SECTION         =     / "ELLIPSE"
                                              / "RECTANGLE"
                      ◊ LISTE_COTES_BL  =     / (0, max(abs_curv))      [DEFAUT]
                                              / lcbl                    [listr8]
                      ♦ LISTE_VAL_BL    =      lvbl                     [listr8]
                      ♦ ZETA            = zeta                                 [R]
                      ♦ RUGOSITE        = eps                                  [R]
                      ♦ OUVERT_REMANENTE= ouv_rem                              [R]
                      ◊ TORTUOSITE      = / 1                           [DEFAUT]
                                          / tort                               [R]
                      ◊ PREFIXE_FICHIER =     /'FISSURE1'               [DEFAUT]
                                              /'prefix'                        [Kn]
                                    ),

    # DONNEES RELATIVES A L'ECOULEMENT
                ♦ ECOULEMENT      = _F(
                      ♦     / PRES_ENTREE     =     pe                  [R]
                            / PRES_ENTREE_FO  =     fpe         /       [fonction]
                                                    /           /       [nappe]
                                                    /           /       [formule]
                      ♦     / PRES_SORTIE     =     ps                  [R]
                            / PRES_SORTIE_FO  =     fps         /       [fonction]
                                                    /           /       [nappe]
                                                    /           /       [formule]
                      ♦ FLUIDE_ENTREE          =    /1,
                                                    /2,
                                                    /3,
                                                    /4,
                                                    /5,
                                                    /6
                      # si FLUIDE_ENTREE = 1,3,4 ou 6
                      ♦ / TEMP_ENTREE           =     te                        [R]
                        / TEMP_ENTREE_FO        =     fte         /       [fonction]
                                                    /           /       [nappe]
                                                    /           /       [formule]
                      # si FLUIDE_ENTREE = 2 ou 5
                      ♦ / TITR_MASS             =     xe                        [R]
                        / TITR_MASS_FO          =     fxe         /       [fonction]
                                                    /           /       [nappe]
                                                    /           /       [formule]
                      # si FLUIDE_ENTREE = 4 ou 5
                      ♦ / PRES_PART             =     pae                       [R]
                        / PRES_PART_FO          =     fpae        /       [fonction]
                                                    /           /       [nappe]
                                                    /           /       [formule]
                                    ),
```


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

```
# CHOIX DES MODELES POUR ECREVISSE
            ♦ MODELE_ECRE     = _F (
                  ◊ IVENAC                =     / 0,              [DEFAUT]
                                                / 1,
                  ♦ ECOULEMENT            =     / 'SATURATION',
                                                    / 'GELE',
                  # si ECOULEMENT   = 'GELE'
                  ♦ PRESS_EBULLITION      = peb,                        [R]

                  ♦ FROTTEMENT            =     / -14,
                                                / -12,
                                                / -11,
                                                / -4,
                                                / -3,
                                                / -2,
                                                / -1,
                                                / 0,
                                                / 1,
                                                / 2,
                                                / 3,
                                                / 4,
                                                / 11,
                                                / 12,
                                                / 14,
                                                / 21,
                                                / 22,
                                                / 23,
                                                / 24,
                  # si FROTTEMENT négatif
                  ♦ REYNOLDS_LIM          =     relim                   [R]
                  ♦ FROTTEMENT_LIM        =     frtlim                  [R]
                  ♦ TRANSFERT_CHAL        =     / -12,
                                                / -11,
                                                / -2,
                                                / -1,
                                                / 0,
                                                / 1,
                                                / 2,
                                                / 11,
                                                / 12,
                  # si TRANSFERT_CHAL négatif
                  ♦ XMINCH                =      xminch                 [R]
                  ♦ XMAXCH                =      xmaxch                 [R]

# CRITERE DE CONVERGENCE DE LA MACRO-COMMANDE
            ♦ CONV_CRITERE    = _F (
                  ♦ TEMP_REF              =      tref                   [R]
                  ♦ PRES_REF              =      pref                   [R]
                  ♦ CRITERE               =     / 'TEMP_PRESS'    [DEFAUT]
                                                / 'TEMP'
                                                / 'PRESS'
                                                / 'EXPLICITE'
                  # si CRITERE différent de EXPLICITE
                  ◊ NUME_ORDRE_MIN        =     n                       [I]
                  ◊ PREC_CRIT             =     prec                    [R]
                  ◊ SUBD_NIVEAU           =     nb                      [I]
                  ◊ SUBD_PAS_MINI         =     nbpas                   [R]
                                    ),
```


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

```
# CONVERGENCE NUMERIQUE D'ECREVISSE
            ◊ CONVERGENCE_ECREVISSE       = _F (
                 ◊ KGTEST                 =     / kgtest                [R]
                                                / 0.5              [DEFAUT]
                 ◊ ITER_GLOB_MAX          =     / itnmax                [I]
                                                / 400              [DEFAUT]
                 ◊ CRIT_CONV_DEBI         =     / precdb                [I]
                                                / 1.E-5            [DEFAUT]
                                                ),
# GENERAL
            ◊ COURBES   =      / 'AUCUNE'                           [DEFAUT]
                               / 'POSTSCRIPT'                          [Kn]
                               / 'INTERACTIF'                          [Kn]
            ♦ / LOGICIEL       =     logiciel                         [Kn]
              / VERSION        =     '3.2.2'                          [Kn]

            ◊ ENTETE           =     titre
            ◊ IMPRESSION       =     / 'NON'                          [DEFAUT]
                                     / 'OUI'
      ◊      INFO              =     / 1                              [DEFAUT]
                                     / 2
            )
```


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

3 Opérandes

3.1 Opérandes TABLE / TEMPER / DEBIT

```
◊ TEMPER   = CO('temp')
◊ TABLE    = CO('table')
◊ DEBIT    = CO('debit')
```

Ces mots-clés permettent de donner le nom des concepts sortant de la macro-commande, à savoir

- TABLE : une table de 7 colonnes donnant pour chaque pas de temps : la cote z , le flux, la pression totale (Pa), la température du fluide ($°C$), le coefficient d'échange par convection ($W.m^{-2.}°C^{-1}$), le nom de la fissure.
- TEMPER : la structure de données résultat du calcul thermique
- DEBIT : la valeur du débit ($kg.s^{-1}$) à chaque pas de temps et pour chaque fissure

Remarques :

1. *tous les concepts de sortie sont facultatifs ; il est néanmoins vivement conseillé de renseigner a minima TEMPER, sinon il est impossible de contrôler les champs de température dans la structure et de faire une poursuite*
2. *si le concept est réentrant, le mot-clé* TEMPER *ne doit pas être renseigné ici mais sous le mot-clé ETAT_INIT, opérande EVOL_THER.*

3.2 Mot clé ETAT_INIT

```
◊ ETAT_INIT    = _F (
       ♦ EVOL_NOLI    = evol_noli
       ♦ EVOL_THER    = evol_ther
       ♦ NUME_ORDRE   = nume_ordre
```

Mot-clé permettant de définir l'état initial dans le cadre d'une poursuite de la macro-commande.

3.2.1 Opérande EVOL_NOLI

Nom du concept de type evol_noli d'où sera extrait l'état mécanique.

3.2.2 Opérande EVOL_THER

Nom du concept de type evol_ther d'où sera extrait l'état thermique. Ce concept sera enrichi au cours du calcul.

3.2.3 Opérande NUME_ORDRE

L'état initial pour poursuivre le calcul sera défini à partir du numéro d'archivage NUME_ORDRE pour evol_noli et pour evol_ther.

3.3 Opérandes MODELE_MECA / MODELE_THER

♦ MODELE_MECA = m_meca
♦ MODELE_THER = m_ther

Ces mots-clés permettent de renseigner le nom du modèle (m_meca) dont les éléments font l'objet du calcul mécanique et le nom du modèle (m_ther) dont les éléments font l'objet du calcul thermique.

3.4 Opérande LIST_INST

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

♦ LIST_INST = list_inst
Liste des pas de temps qui correspondent aux instants de calcul imposés. En cas de redécoupage, les instants sont insérés dans cette liste.

3.5 Opérande CHAM_MATER

♦ CHAM_MATER = chmat

Nom du champ de matériau affecté au maillage. Attention, ce champ doit comprendre les données associées au comportement mécanique et au comportement thermique (mot-clé THER de DEFI_MATERIAU).

3.6 Opérande TEMP_INIT

♦ TEMP_INIT = temp_init

Valeur de la température initiale sur tout le domaine.

3.7 Opérande CARA_ELEM

◊ CARA_ELEM = carac

Ce mot-clé permet de renseigner, les caractéristiques des éléments de poutre, barre, coque, tuyau, élément discret, lorsqu'ils sont présents dans le modèle. Attention, ce mot-clé n'est utilisé que pour le calcul mécanique mais n'est pas transmis pour l'opérateur de thermique (pour éviter tout problème avec les barres).

3.8 Mot clé EXCIT_MECA

```
♦ EXCIT_MECA   = _F (
       ♦ CHARGE           = chi
       ◊ FONC_MULT        = fi
       ◊ TYPE_CHARGE =   / "FIXE_CSTE"
                         / "SUIV"
                         / "DIDI"
                        )
```

Il s'agit ici de renseigner les conditions aux limites du problème mécanique, ainsi que les éventuels chargements mécaniques qui s'appliquent à la structure. La syntaxe est identique à celle du mot clé EXCIT de STAT_NON_LINE mais il n'est pas possible de piloter un chargement. Voir le document [U4.51.03].

3.9 Mot clé CONTACT

♦ CONTACT = char_contact
On renseigne ici les conditions de contact entre les lèvres de la fissure, qui peuvent se refermer pendant le calcul. Le but de ce mot-clé est celui d'éviter l'interpénétration des lèvres qui peut se produire sous l'effet de l'écoulement du fluide.

3.10 Mot clé EXCIT_THER

```
♦ EXCIT_THER   = _F (
          ♦ CHARGE       = chi
          ◊ FONC_MULT    = fi
                    )
```

Il s'agit ici de renseigner les conditions aux limites du problème thermique ainsi que les éventuels chargements thermiques. La syntaxe est identique à celle du mot clé EXCIT de THER_LINEAIRE. Voir le document [U4.54.01].

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

3.11 Mot clé COMPORTEMENT

Il s'agit ici de renseigner la loi de comportement qui sera utilisé pour résoudre le problème mécanique. Voir le document [U4.51.03].

3.12 Mot clé NEWTON

Il s'agit ici de renseigner les paramètres de l'algorithme de Newton pour résoudre le problème mécanique. Ce mot clé est identique à celui de STAT_NON_LINE, il convient donc de se reporter au document [U4.51.03].

3.13 Mot clé CONVERGENCE

Il s'agit ici de renseigner les critères de convergence pour le calcul mécanique. La syntaxe correspond à celle de STAT_NON_LINE (voir le document [U4.51.03]).

Remarque :

Il peut être nécessaire d'utiliser RESI_GLOB_MAXI plutôt que RESI_GLOB_RELA, lorsqu'il n'y a pas de chargement mécanique (sinon, effort nul, donc RESI_GLOB_RELA indéfini).

3.1 Mot clé ENERGIE

Ce mot-clé permet d'activer le calcul du bilan d'énergie et son affichage au cours du calcul mécanique (voir le document [R4.09.01]). Ce bilan est stocké dans la table de nom PARA_CALC d'où il peut être extrait à l'aide de la commande RECU_TABLE [U4.71.02].

3.2 Mot clé FISSURE

♦ FISSURE

Ce mot clé permet de définir tous les paramètres ayant trait à une fissure. Plusieurs occurrences de ce mot-clé sont possibles s'il y a plusieurs fissures.

3.2.1 Opérande GROUP_MA

♦ GROUP_MA = gma

Groupes des mailles définissant la ou les lèvres de la fissure. On donne le groupe de la lèvre inférieure et supérieure.

3.2.2 Opérandes GROUP_NO_ORIG et GROUP_NO_EXTR

♦ GROUP_NO_ORIG = ogno
♦ GROUP_NO_EXTR = egno

Permet de définir les deux groupes de noeuds qui définissent les deux extrémités de la fissures afin de l'orienter.

3.2.3 Opérande SECTION

♦ SECTION = /"ELLIPSE"
/"RECTANGLE"

Il s'agit ici de définir la section de passage de l'écoulement (plan perpendiculaire au plan de modélisation). Celle-ci peut être elliptique ou rectangulaire. L'une des dimensions de cette section correspond à la taille de la fissure dans le plan de la modélisation. Celle-ci est déterminée à chaque instant par la macro-commande. L'autre dimension correspond à la taille de la fissure hors du plan de modélisation. Celle-ci est fixe pendant tout le calcul et doit être renseigné grâce aux opérandes LISTE_COTES_BL et LIST_VAL_BL.

3.2.4 Opérande RUGOSITE

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

♦ RUGOSITE = eps
Rugosité absolue de la paroi (en mètres). Cette valeur n'influe le résultat que si le frottement est calculé par Ecrevisse (opérande FROTTEMENT >0) et si l'écoulement n'est plus laminaire.
Pour les options de frottement $21, 22, 23, 24$ il s'agit du diamètre du plus gros granulat (écoulement dans une fissure dans du béton).

3.2.5 Opérandes LISTE_COTES_BL / LISTE_VAL_BL

◊ LISTE_COTES_BL = lcbl
♦ LISTE_VAL_BL = lvbl

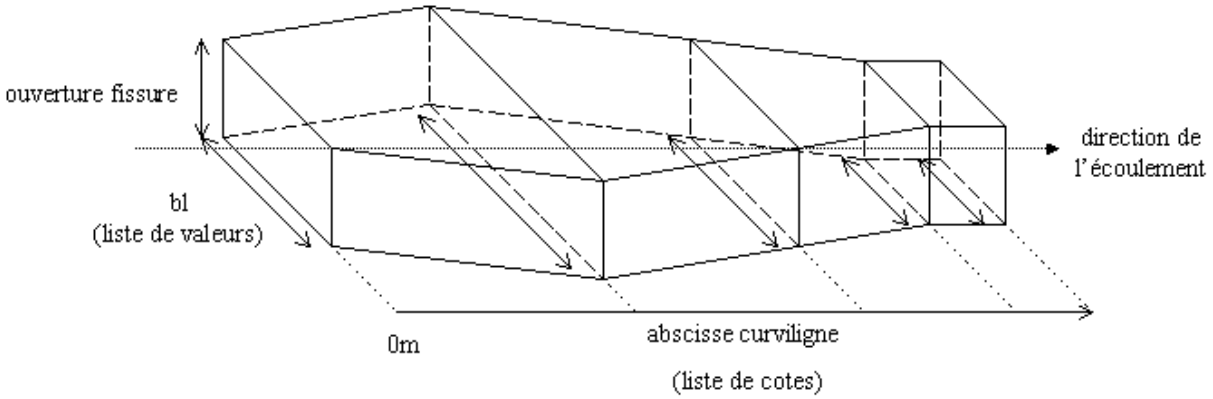


Figure 3.2.5-1: Représentation de la fissure

Pour caractériser la taille de la fissure dans le plan non modélisé, il faut fournir la valeur du« petit » axe de la section elliptique ou la largeur de la section rectangulaire au minimum en 2 points.
LISTE_COTES_BL permet de renseigner les abscisses curvilignes où l'on donne la dimension de la fissure et LIST_VAL_BL permet de donner la dimension. Si LISTE_COTES_BL n'est pas renseigné, LISTE_VAL_BL doit contenir la largeur de la fissure à l'entrée et à la sortie de la fissure.

3.2.6 Opérande ZETA

♦ ZETA = zeta
Coefficient de perte de charge singulière à l'entrée (sans dimension).

3.2.7 Opérande OUVERT_REMANENTE

♦ OUVERT_REMANENTE = ouv_rem

Valeur de l'ouverture rémanente (en mètres) pour le calcul Ecrevisse correspondant à l'ouverture hydraulique réelle de la fissure lorsque les deux lèvres sont au contact. Ceci traduit le fait que, même lorsque la fissure est refermée, une petite quantité de fluide transitera, en particulier à cause de la rugosité. Ce paramètre dépend du matériau : par exemple, c'est de l'ordre de $10 \mu m$ pour le béton.
Ce mot-clé est donc pris en compte donc lors du calcul hydraulique (Ecrevisse), mais non par *Code_Aster* : il peut donc bien arriver que le calcul hydraulique soit effectué avec l'ouverture rémanente, est que le contact soit activé dans le calcul mécanique.

3.2.8 Opérande TORTUOSITE

◊ TORTUOSITE = tort

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

Si la fissure est tortueuse, on peut admettre que, vue du fluide, la longueur de la fissure est supérieure à l'épaisseur de la paroi traversée. Ce coefficient, qui par défaut vaut 1, permet de prendre en compte ce phénomène. La longueur de la fissure sera donc égale à $\frac{L}{tort}$ avec $tort \leq 1$

3.2.9 Opérande PREFIXE_FICHIER

◊ PREFIXE_FICHIER = prefix
Permet de définir le nom des fichiers de sortie Ecrevisse dans le dossier REPE_OUT (courbes et fichiers textes), et ainsi de distinguer les fichiers associés à chaque fissure.

3.3 Mot clé ECOULEMENT

♦ ECOULEMENT
Il s'agit dans ce mot clé de définir la nature du fluide et de ses caractéristiques.

3.3.1 Opérandes PRES_ENTREE / PRES_ENTREE_FO

♦ / PRES_ENTREE = pe
/ PRES_ENTREE_FO = fpe

Cet opérande permet de donner la pression totale (Pa) ou son évolution au cours du temps, en amont de la fissure. Elle doit être comprise entre $215.10^5 Pa$ et $10^5 Pa$.

3.3.2 Opérandes PRES_SORTIE / PRES_SORTIE_FO

♦ / PRES_SORTIE = pe
/ PRES_SORTIE_FO = fpe
Cet opérande permet de donner la pression totale (Pa) ou son évolution au cours du temps, en sortie de la fissure. Elle doit être comprise entre $215.10^5 Pa$ et $800 Pa$ et être inférieure à la pression d'entrée (sinon, il n'y a pas d'écoulement et le calcul s'arrête).

3.3.3 Opérande FLUIDE_ENTREE

♦ FLUIDE_ENTREE = 1,2,3,4,5 ou 6

Cet opérande permet de définir l'état du fluide à l'entrée de la fissure :
1 : Eau sous-refroidie ou saturée;
2 : Fluide diphasique;
3 : Vapeur saturée ou surchauffée;
4 : Air + vapeur surchauffée;
5 : Air + vapeur saturée;
6 : Air seul.
En fonction de la situation du fluide, seules certaines des caractéristiques suivantes sont à renseigner.

3.3.4 Opérandes TEMP_ENTREE / TEMP_ENTREE_FO

♦ / TEMP_ENTREE = te
/ TEMP_ENTREE_FO = fte
Cet opérande permet de renseigner la température ($°C$) ou son évolution au cours du temps, en amont de la fissure. Il doit être renseigné si le fluide à l'entrée est « Eau sous-refroidie ou saturée », « Vapeur saturée ou surchauffée », « Air + vapeur surchauffée » ou « Air seul ».
(opérande FLUIDE_ENTREE = 1,3,4,ou 6).

3.3.5 Opérandes TITR_MASS / TITR_MASS_FO

♦ / TITR_MASS = xe
/ TITR_MASS_FO = fxe

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

Cet opérande permet de renseigner le titre massique de vapeur, ou son évolution au cours du temps, en amont de la fissure. Il correspond au rapport entre la masse de vapeur et la masse d'eau liquide et vapeur. Il doit être renseigné si le fluide à l'entrée est « Fluide diphasique » ou « Air + vapeur saturée » (opérande FLUIDE_ENTREE = 2 ou 5).

3.3.6 Opérandes PRES_PART / PRES_PART_FO

♦ / PRES_PART = pae
/ PRES_PART_FO = fpae

Cet opérande permet de renseigner la pression partielle d'air (Pa) ou son évolution au cours du temps, en amont de la fissure. Il doit être renseigné si le fluide à l'entrée est « Air + vapeur surchauffée » ou « Air + vapeur saturée » (opérande FLUIDE_ENTREE=4 ou 5).

3.4 Mot clé MODELE_ECRE

♦ MODELE_ECRE
Ce mot clé permet de renseigner les modèles qui seront utilisés par Ecrevisse pour calculer l'écoulement du fluide.

3.4.1 Opérande IVENAC

◊ IVENAC = 0 ou 1,
Lorsque cet opérande est activé (IVENAC=1), le calcul ECREVISSE s'effectue avec prise en compte de la vena contracta (perte de charge en entrée). Sinon (cas par défaut), le calcul s'effectuera sans cette option de modélisation.

3.4.2 Opérande ECOULEMENT

♦ ECOULEMENT = / 'SATURATION',
/ 'GELE'
En l'absence d'air et en présence d'eau (opérande FLUIDE_ENTREE=1 ou 2), cet opérande permet de choisir entre le modèle homogène à l'équilibre et le modèle d'écoulement « GELE » caractérisé par une fraction non nulle de liquide métastable.

3.4.3 Opérande PRESS_EBULLITION

Pression d'ébullition (Pa) à fournir uniquement pour le modèle d'écoulement gelé.

3.4.4 Opérande FROTTEMENT

Il s'agit ici de définir comment est calculé le frottement. Les valeurs valides sont: $-14,-12,-11,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,11,12,14,21,22,23,24$.

La valeur 0 correspond à un calcul sans frottement.

Pour les valeurs négatives, l'utilisateur fixe la valeur du coefficient de frottement pour les écoulements turbulents.

Pour les valeurs positives, le frottement en écoulement turbulent est calculé à partir du coefficient de rugosité. En particulier, les options $21,22,23,24$ correspondent à la relation de frottement de Greiner et Ramm [Bib.6] pour l'écoulement dans une fissure dans le béton ; la rugosité est dans ce cas le diamètre du plus gros granulat. De plus, pour les valeurs supérieures à 10 , la loi utilisée pour l'écoulement laminaire (frottement proportionnel à l'inverse du nombre de Reynolds) est raccordée avec celle en écoulement turbulent (valeur constante du coefficient de frottement). Autrement, une discontinuité est présente.

Le deuxième chiffre (1,2,3,4) de chaque option (unités) détermine l'option de calcul de la viscosité dynamique pour les écoulements diphasiques, cf. documentation Ecrevisse [Bib.1] [Bib.2] [Bib.3] [Bib.4] [Bib.5] .

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

3.4.5 Opérandes REYNOLDS_LIM / FROTTEMENT_LIM

Coefficient de Reynolds limite et coefficient de frottement imposé pour un Reynolds supérieur au Reynolds limite.
A fournir seulement si FROTTEMENT < 0.

3.4.6 Opérande TRANSFERT_CHAL

Cet opérande permet de définir si on veut ou non prendre en compte le transfert de chaleur par convection entre le fluide et la paroi. Les valeurs valides sont: $-12,-11,-2,-1,0,1,2,11,12$.
La valeur 0 correspond à un calcul sans transfert de chaleur (adiabatique).
Les autres valeurs correspondent à différentes options pour le calcul du coefficient de convection (différences uniquement pour le régime laminaire). Se reporter à la documentation Ecrevisse.

3.4.7 Opérandes XMINCH / XMAXCH

Cet opérateur n'a de sens que dans les cas diphasiques, si TRANSFERT_CHAL < 0. Il permet de renseigner la valeur des titres massiques en gaz délimitant la zone de transition entre les modèles de calcul du coefficient de convection, cf. documentation Ecrevisse.

3.5 Mot clé CONV_CRITERE

La macro-commande calcule à chaque instant trois critères permettant d'estimer l'importance des changements intervenus entre deux pas de temps et ainsi la validité du chaînage effectué. Pour calculer ces critères, l'utilisateur doit définir des valeurs de référence pour la pression et la température, permettant de quantifier l'écart acceptable.

$$e_T = \frac{Max\left(T_t - T_{\text{t-1}}\right)}{T_{\text{REF}}}$$

$$e_P = \frac{Max\left(P_t - P_{\text{t-1}}\right)}{P_{\text{ref}}}$$

$$e_G = \sqrt{e_T^2 + e_P^2}$$

Ensuite, il peut activer s'il le souhaite le redécoupage du pas de temps si la valeur du critère est inférieure à une valeur donnée.
L'expérience acquise montre toutefois qu'il vaut mieux essayer d'optimiser la liste d'instant que de compter sur le redécoupage du pas de temps, car les calculs Ecrevisse sont relativement longs.

.

3.5.1 Opérande CRITERE

Permet de définir la nature du critère utilisé pour gérer les pas de temps dans la macro-commande. Les valeurs possibles sont :

- EXPLICITE : pas de redécoupage quelque soit la valeur des indicateurs
- TEMP : il y aura redécoupage en fonction de la valeur de e_T
- PRES : il y aura redécoupage en fonction de la valeur de e_P
- TEMP_PRES : il y aura redécoupage en fonction de la valeur de e_G

3.5.2 Opérande TEMP_REF

Température de référence pour le calcul du critère en température de la macro-commande.

3.5.3 Opérande PRES_REF

Pression de référence pour le calcul du critère en pression de la macro-commande.

3.5.4 Opérande PREC_CRIT

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

Valeur à laquelle on compare l'erreur obtenue pour activer ou non le redécoupage du pas de temps (1 par défaut). Par exemple pour la température : e_T<PREC_CRIT

3.5.5 Opérande NUME_ORDRE_MIN

Numéro d'ordre à partir duquel le critère d'erreur est pris en compte. La convergence est forcée sur les numéros d'ordre inférieurs. On utilise souvent cette opérande pour démarrer l'activation du critère d'erreur à partir du deuxième pas de temps et forcer la convergence sur le premier pas qui est souvent délicat à traiter, puisqu'on impose des chargements brutaux à l'instant initial.

3.5.6 Opérande SUBD_NIVEAU

Nombre de redécoupage du pas de temps autorisé. Au delà de cette valeur, on ne redécoupe plus et on sort de la macro-commande.

3.5.7 Opérande SUBD_PAS_MINI

Pas de temps en dessous duquel on ne découpe plus.

3.6 Mot clé CONVERGENCE_ECREVISSE

3.6.1 Opérande KGTEST

Paramètre de l'algorithme itératif d'Ecrevisse.
Doit être compris entre 0 et $1.$. Fixé par défaut à $0,5$, on peut être amené à mettre une valeur légèrement inférieure si des difficultés de convergence sur le débit sont observées.

3.6.2 Opérande ITER_GLOB_MAXI

Nombre maximum d'itérations autorisé pour le calcul du débit (400 par défaut).

3.6.3 Opérande CRIT_CONV_DEBI

Précision utilisée pour la convergence du calcul du débit. C'est la valeur par rapport à laquelle Ecrevisse teste le débit max et min dans son procédé de calcul.

$$\frac{G_{max}-G_{min}}{G}\leqslant \text{CRIT_CONV_DEBI}$$

Par défaut à 10^{-5}, des valeurs jusqu'à 10^{-2} améliore le temps de calcul sans perdre beaucoup de précision.

3.7 Opérande COURBES

```
◊ COURBES    =      / "AUCUNE"                          [DEFAUT]
                    / "POSTSCRIPT"
                    / "INTERACTIF"
```

Permet de générer ou non les courbes de sortie d' Ecrevisse. Si les courbes sont générées, elles sont stockées dans le dossier REPE_OUT au format postscript (tous les instants sont dans le même fichier postscript). En mode interactif, les courbes sont affichées pour chaque pas de temps.

3.8 Opérande LOGICIEL

Permet de spécifier « en dur » le chemin pour trouver l'exécutable d'Ecrevisse. A présent, seules les versions 3.2, 3.2.1 et 3.2.2 sont compatibles avec la MACR_ECREVISSE. Il faut renseigner obligatoirement cet opérande ou alternativement l'opérande VERSION.

3.9 Opérande VERSION

Indique la version d'Ecrevisse utilisée dans le couplage. Il faut renseigner obligatoirement cet opérande ou alternativement l'opérande LOGICIEL. A présent, la version 3.2.2 est utilisée. Elle est la

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

seule qu'on peut renseigner sous l'opérande VERSION. Si on souhaite utiliser une autre version (3.2 ou 3.2.1), celle-ci doit être renseignée sous l'opérande LOGICIEL.

3.10 Opérande ENTETE

Sert à donner un titre au calcul Ecrevisse.

3.11 Opérande IMPRESSION

Lorsque l'opérande vaut 'OUI', la macro imprime une table récapitulative des résultats d'Ecrevisse le long de l'abscisse curviligne (température, pression, flux, vitesse, coefficient de convection, ...).

3.12 Opérande INFO

INFO=1 : presque aucun affichage.
INFO=2 : affiche les informations concernant le critère de convergence.

4 Fonctionnement du couplage

4.1 Principe

Cette macro-commande a été développée dans un cadre précis : estimer les débits d'une fissure dans un massif en béton modélisé en 2D, contenant éventuellement des aciers modélisés sous forme de barre (non pris en compte dans le calcul thermique). L'utilisation dans tout autre cadre doit donc se faire avec la plus grande précaution. Toutefois, il y a en fait 3 macro-commande imbriquées, ce qui peut permettre de n'utiliser qu'une partie des fonctionnalités.

L'algorithme est le suivant :

Début de la macro
- Boucle sur la liste d'instants
- MACR_ECREVISSE.py
- Récupération chargement thermique et mécanique
- Exécution de THER_LINEAIRE
- Projection du chargement thermique et définition des chargements venant d'Ecrevisse
- Exécutionde STAT_NON_LINE
- Entrée dans CALC_ECREVISSE.py
  - Récupération de l'ouverture de la fissure (POST_RELEVE_T)
  - Récupération de la température en bord de fissure
  - Entrée dans MACR_ECRE_CALC.py
    - Exécution d'ECREVISSE
    - Récupération du débit calculé et des tables de résultats
- Extraction et copie des données sortantes (CL,thermique, résultat Ecrevisse...)
- Évaluation du critère de convergence (erreur en température et/ou pression)
- Redécoupage éventuel du pas de temps voire arrêt suivant les conditions

Récupération des infos et concepts (chargement,...)

Le détail des macro-commandes intermédiaires, CALC_ECREVISSE et MACR_ECRE_CALC, est donné en annexe.

4.2 Unités

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

On peut habituellement se passer des unités dans *Code_Aster* en restant cohérent. Cependant, pour les besoins d'Ecrevisse, il est important ici de respecter le système d'unités international (SI), en particulier pour les longueurs (m), les pressions (Pa), et les températures ($°C$).

4.3 Quelques conseils d'utilisation

Le maillage doit être en 2 dimensions, et la fissure maillée explicitement. Pour que le calcul soit de bonne qualité, il est nécessaire d'optimiser le maillage pour qu'il soit compatible avec les phénomènes que l'on veut représenter : les chargements mécaniques, les chargements thermiques mais aussi l'écoulement du fluide. Il est ainsi important de raffiner suffisamment le maillage aux bords de la fissure si on veut voir s'échauffer le matériau. En entrée de fissures, les phénomènes thermiques et hydrauliques sont rapides, il est donc nécessaire là aussi de raffiner suffisamment le maillage.

La discrétisation en temps est également très importante et doit être suffisamment fine, sous peine d'avoir des écarts importants dans les réponses. Mieux vaut essayer d'optimiser cette liste d'instants plutôt que de se reposer uniquement sur les critères pour redécouper car cette stratégie est beaucoup plus coûteuse en temps.

Pour des calculs avec condensation de la vapeur sur le chemin de fissuration, le coefficient de convection peut augmenter jusqu'à deux ordres de grandeurs au passage à l'état liquide. Comme la condensation a lieu sur une zone très petite en espace, la variation du coefficient de convection et donc du flux de chaleur transféré à la paroi peut être très rapide (voir la Figure 4.3-1).
Cela peut engendrer des oscillations spatiales dans la température du massif.

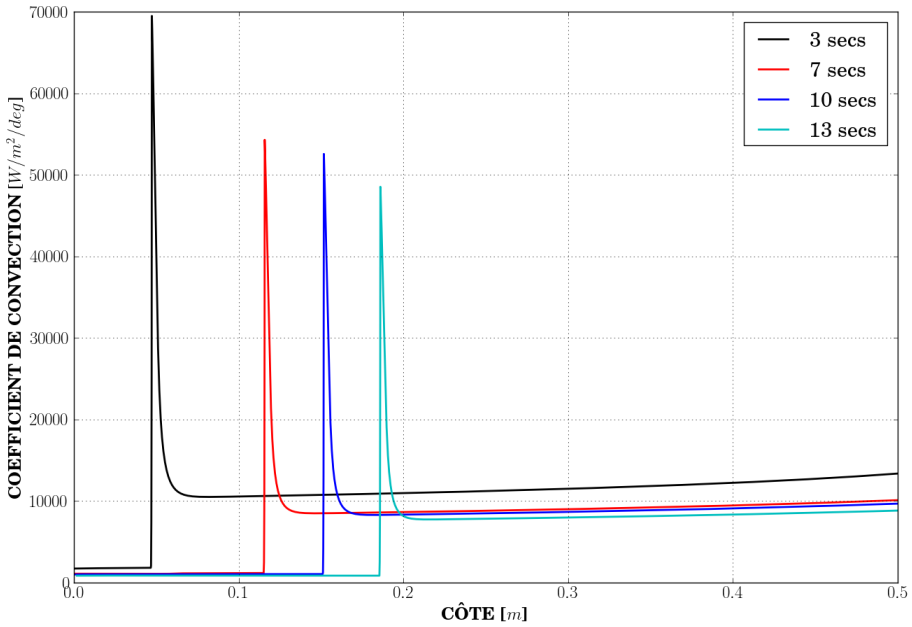


Figure 4.3-1: Coefficients de convection à plusieurs instants d'un calcul avec condensation de la vapeur.

La macro-commande peut être réentrante. Les résultats thermiques et mécaniques seront bien enrichis, par contre de nouvelles tables de sortie seront créés pour la nouvelle liste de pas de temps.

Remarque :

Les chargements sont détruits à chaque pas de temps, ainsi que le champ de matériaux, les post-traitements possibles sont de fait limités (déplacement, contrainte et variables internes aux points de Gauss).

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

5 Exemple d'utilisation

Voir tests zzzz218a, b et c.
Voir également les tests zzzz354(a-h) et zzzz355(a-h).

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

6 Référence Ecrevisse

[Bib.1] C. Hervouet (2004). « Simulation d'écoulement air/eau/vapeur à travers une fissure : logiciel ECREVISSE version 3.0. Note de principe ». Note interne EDF no. H-I86-2004-00741-FR.

[Bib.2] C. Hervouet (2008). « Modifications apportées au logiciel ECREVISSE version 3.1 pour obtenir ECREVISSE version 3.1.1. ». Note interne EDF no. H-I81-2008-03647-FR.

[Bib.3] C. Hervouet (2009). « Simulation d'écoulement air/eau/vapeur à travers une fissure : logiciel ECREVISSE version 3.1.1 Manuel utilisateur ». Note interne EDF no. H-I81-2009-00243-FR.

[Bib.4] C. Hervouet (2016). « Modifications apportées au logiciel ECREVISSE version 3.2.1 pour obtenir ECREVISSE version 3.2.2. ». Note interne EDF no. H-I8B-2016-00390-FR.

[Bib.5] C. Hervouet (2016). « Simulation en 1D d'écoulement à travers une fissure : logiciel ECREVISSE version 3.2.2. Manuel utilisateur ». Note interne EDF no. H-I8B-2016-00399-FR.

[Bib.6] U. Greiner, W. Ramm (1995). « Air leakage characteristics in cracked concrete », Nuclear Engineering and Design, Volume 156, Issue 1, Pages 167-172.

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

7 Annexes

7.1 Syntaxe de la procédure CALC_ECREVISSE

```
CALC_ECREVISSE =
           (
# CONCEPT SORTANT
           ♦ CHARGE_MECA     = CO('char_meca')                          [CO]
           ♦ CHARGE_THER1    = CO('char_ther')                          [CO]
           ♦ CHARGE_THER2    = CO('char_ther')                          [CO]
           ♦ TABLE           = CO('table')                              [CO]
           ♦ DEBIT           = CO('debit')                              [CO]

# MODELES MECANIQUES
           ♦ MODELE_MECA     = m_meca                                [modele]
           ♦ MODELE_THER     = m_ther                                [modele]

# DONNEES GEOMETRIQUES RELATIVES AUX RESULTATS
           ♦ RESULTAT  = _F (
                 ♦ MECANIQUE = rmeca                                 [resultat]
                 ♦ THERMIQUE = rther                                 [resultat]
                 /     ◊ NUME_ORDRE = nume_ordre                           [I]
                       ◊ INST       = instant                              [R]
                           ),
# DONNEES GEOMETRIQUES RELATIVES A LA FISSURE
           ♦ FISSURE   = _F (
                 ♦ GROUP_MA          = gma                           [grma]
                 ♦ GROUP_NO_ORIG     = ogno                          [grno]
                 ♦ GROUP_NO_EXTR     = egno                          [grno]
                 ♦ ZETA              = zeta                                [R]
                 ♦ RUGOSITE          = rug                                 [R]
                 ♦ OUVERT_REMANENTE = ouv_rem                              [R]
                 ◊ PREFIXE_FICHIER  =    / 'FISSURE1',               [DEFAUT]
                                         /prefix
                 ◊ TORTUOSITE        = tort                                [R]
                 ♦ SECTION           =    / "ELLIPSE"
                                          / "RECTANGLE"
                 ◊ LISTE_COTES_BL    =    / (0, max(abs_curv))       [DEFAUT]
                                          / lcbl                     [listr8]
                 ♦ LISTE_VAL_BL    = lvbl                           [listr8]
                           ),

# DONNEES RELATIVES A L'ECOULEMENT
           ♦ ECOULEMENT      = … idem MACR_ECREVISSE/ECOULEMENT

           ♦ MODELE_ECRE     = … idem MACR_ECREVISSE/MODELE_ECRE

# DONNEES RELATIVES A LA CONVERGENCE NUMERIQUE
           ◊ CONVERGENCE_ECREVISSE  = …
                 idem MACR_ECREVISSE/CONVERGENCE_ECREVISSE
# GENERAL
           COURBES, LOGICIEL, VERSION…   = …
                 idem MACR_ECREVISSE/GENERAL

           ◊       INFO =     / 1                                    [DEFAUT]
                              / 2
     )
```

7.2 Opérandes spécifiques à CALC_ECREVISSE

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

7.2.1 Opérande CHARGE_MECA

Concept sortant contenant le chargement mécanique fourni par Ecrevisse.

7.2.2 Opérandes CHARG_THER1 et CHARG_THER2

Concepts sortants contenant les chargements thermiques fournis par Ecrevisse.

7.2.3 Mot clé RESULTAT

7.2.3.1 Opérande MECANIQUE

Contient le résultat de STAT_NON_LINE

7.2.3.2 Opérande THERMIQUE

Contient le résultat de THER_LINEAIRE

7.2.3.3 Opérande NUME_ORDRE

Numéro d'ordre du pas de temps de calcul en cours.

7.2.3.4 Opérande INST

Valeur de l'instant (en secondes) du pas de temps de calcul en cours.

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

7.3 Syntaxe de la procédure MACR_ECRE_CALC

```
MACR_ECRE_CALC =
      (
# CONCEPT SORTANT
           ♦ TABLE     = CO('table')                                  [CO]
           ♦ DEBIT     = CO('debit')                                  [CO]

# DONNEES GEOMETRIQUES RELATIVES A LA FISSURE
           ♦ FISSURE   = _F (
                 ♦ LONGUEUR        = long                             [R]
                 ♦ RUGOSITE        = rug                              [R]
                 ♦ ANGLE           = alpha                            [R]
                 ♦ ZETA            = zeta                             [R]
                 ♦ SECTION         = / "ELLIPSE"
                                     / "RECTANGLE"
                 ♦ LISTE_COTES_BL  = lcbl                          [listr8]
                 ♦ LISTE_VAL_BL    = lvbl                          [listr8]
                 ♦ LISTE_COTES_AH  = lcah                          [listr8]
                 ♦ LISTE_VAL_AH    = lvah                          [listr8]
                           ),

# DONNEES RELATIVES A L'ECOULEMENT
           ♦ ECOULEMENT      = idem MACR_ECREVISSE/ECOULEMENT

# DONNEES RELATIVES AU PROFIL DE TEMPERATURE A TRAVERS LA PAROI
           ◊ TEMPERATURE     = _F (
                 / ♦ GRADIENT            =     "FOURNI"
                   ♦ LISTE_COTES_TEMP    =     lct                      [R]
                   ♦ LISTE_VAL_TEMP      =     lvt                      [R]
                 / ♦ GRADIENT            =     "IMPOSE"
                   ♦ TEMP1               =     tm1                      [R]
                   ♦ TEMP2               =     tm2                      [R]
                 / ♦ GRADIENT            =     "CALCULE"
                   ♦ EPAISSEUR_PAROI     =     epp                      [R]
                   ♦ CONVECTION_AMONT    =     alphe                    [R]
                   ♦ CONVECTION_AVAL     =     alphs                    [R]
                   ♦ LAMBDA              =     lambd                    [R]
                   ♦ TEMP_FLUIDE_AVAL    =     ts                       [R]
                                ),

# DONNEES RELATIVES A L'ECOULEMENT
           ♦ ECOULEMENT      = … idem MACR_ECREVISSE/ECOULEMENT

           ♦ MODELE_ECRE     = … idem MACR_ECREVISSE/MODELE_ECRE

# DONNEES RELATIVES A LA CONVERGENCE NUMERIQUE
           ◊ CONVERGENCE_ECREVISSE   = … idem
           MACR_ECREVISSE/CONVERGENCE_ECREVISSE
# GENERAL
           COURBES, LOGICIEL, VERSION…   =     … idem
MACR_ECREVISSE/GENERAL
      )
```

7.4 Opérandes spécifiques à MACR_ECRE_CALC

7.4.1 Mot clé FISSURE

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

7.4.1.1 Opérande ANGLE

Angle de l'écoulement par rapport à l'ascendante verticale (degrés).

7.4.1.2 Opérande LONGUEUR

Définit la longueur réelle de la fissure (tenant compte de sa tortuosité)

7.4.1.3 Opérande LISTE_COTES_AH

LISTE_COTES_AH permet de renseigner les abscisses curvilignes où l'on donne la dimension du grand axe de la fissure.

7.4.1.4 Opérande LISTE_VAL_AH

LISTE_VAL_AH permet de renseigner les valeurs du grand axe de section de la fissure / du conduit.
Selon la valeur de l'opérande SECTION :
ELLIPSE : Liste des valeurs des points définissant le grand axe de la section;
RECTANGLE : Liste des valeurs des points définissant la longueur de la section.

7.4.2 Mot clé TEMPERATURE

7.4.2.1 Opérande GRADIENT

Modèle du gradient de température :
Fourni : Distribution de température fournie;
Imposé : Distribution imposée de température;
Calculé : Profil de température calculé;

7.4.2.2 Opérande LISTE_COTES_TEMP

Liste des cotes pour les températures.

7.4.2.3 Opérande LISTE_VAL_TEMP

Liste des valeurs de température.

7.4.2.4 Opérande TEMP1

Gradient de température de la paroi le long de l'écoulement.

7.4.2.5 Opérande TEMP2

Température de la paroi à l'entrée.

7.4.2.6 Opérande EPAISSEUR_PAROI

Épaisseur de la paroi.

7.4.2.7 Opérande CONVECTION_AMONT

Coefficient de convection à la surface de la paroi coté amont.

7.4.2.8 Opérande CONVECTION_AVAL

Coefficient de convection à la surface de la paroi coté aval.

7.4.2.9 Opérande LAMBDA

Conduction thermique de la paroi.

7.4.2.10 Opérande TEMP_FLUIDE_AVAL

Température du fluide coté aval.

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