

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.8- : Post-traitement et analyses dédiées**  
**Document : U4.82.02**

## Opérateur *CALC\_THETA*

### 1 But

Définir un champ *theta* pour le calcul du taux de restitution d'énergie ou des facteurs d'intensité de contraintes.

Le champ *theta* est utilisé dans le cadre de la mécanique de la rupture dans les commandes *CALC\_G\_THETA\_T* [U4.82.03] et *CALC\_G\_LOCAL\_T* [U4.82.04].

Cet opérateur permet de définir sur tous les nœuds du maillage :

- le module du champ *theta*,
- en 2D la direction de propagation du fond de fissure (égale à celle du champ *theta*) avec le mot clé *DIRECTION*,
- en 3D la direction du champ *theta* calculée automatiquement à partir des directions de propagation des nœuds en fond de fissure (ces directions sont récupérées par le concept de type *fond\_fiss* produit par l'opérateur *DEFI\_FOND\_FISS* ou par le mot clé *DIRE\_THETA*),
- les rayons *Rinf* et *Rsup* des couronnes entourant le fond de fissure et utilisés dans la méthode *theta*.

En 2D le fond de fissure est réduit à un nœud et les couronnes sont circulaires. En 3D les rayons peuvent être variables avec l'abscisse curviligne du fond de fissure et *Rinf*, *Rsup* définissent alors deux cylindres déformés et variables entourant le fond de fissure.

La règle de surcharge s'applique lors de l'affectation sur le fond de fissure.

Ce champ *theta* est également utilisé pour représenter le mouvement d'une frontière rectiligne dans les calculs 2D de sensibilité aux variations de domaine en thermique ou mécanique linéaires.

Le concept produit est de type *cham\_no\_DEPL\_R*.

## 2 Syntaxe

```

theta [cham_no_DEPL_R] = CALC_THETA

(
  ◇ OPTION = / 'COURONNE', [DEFAULT]
              / 'BANDE',
  ◇ MODELE = mo, [modele]
  ◇ / ◇ FOND_3D = ff, [fond_fiss]
      ◇ FOND_FISS = ff, [fond_fiss]
      ◇ THETA_3D =_F(
        ◇ / TOUT = 'OUI',
        / GROUP_NO = lgno, [l_gr_noeud]
        / NOEUD = lno, [l_noeud])
        ◇ / ◇ MODULE = 0, [R]
            ◇ R_INF = r, [R]
            ◇ R_SUP = R, [R]
            / ◇ MODULE_FO = 0z, [fonction]
            ◇ R_INF_FO = rz, [fonction]
            ◇ R_SUP_FO = Rz, [fonction]
      ),
  / ◇ THETA_2D =_F(
    ◇ / GROUP_NO = gno, [l_gr_noeud]
    / NOEUD = no, [l_noeud])
    ◇ MODULE = module, [R]
    ◇ R_INF = rinf, [R]
    ◇ R_SUP = rsup, [R]
  ),
  / ◇ THETA_BANDE=_F(
    ◇ MODULE = module, [R]
    ◇ R_INF = rinf, [R]
    ◇ R_SUP = rsup, [R]
  ),
  ◇ DIRECTION = ( d1 , d2 , d3), [l_R]
  ◇ DIRE_THETA = chamno, [cham_no_DEPL_R]
  ◇ GRAD_NOEU_THETA = / 'NON', [DEFAULT]
                    / 'OUI',
  ◇ IMPRESSION=_F(
    ◇ FORMAT = / 'EXCEL', [DEFAULT]
                / 'AGRAF',
    ◇ FICHIER = RESULTAT, [DEFAULT]
  )
)

```

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérande OPTION

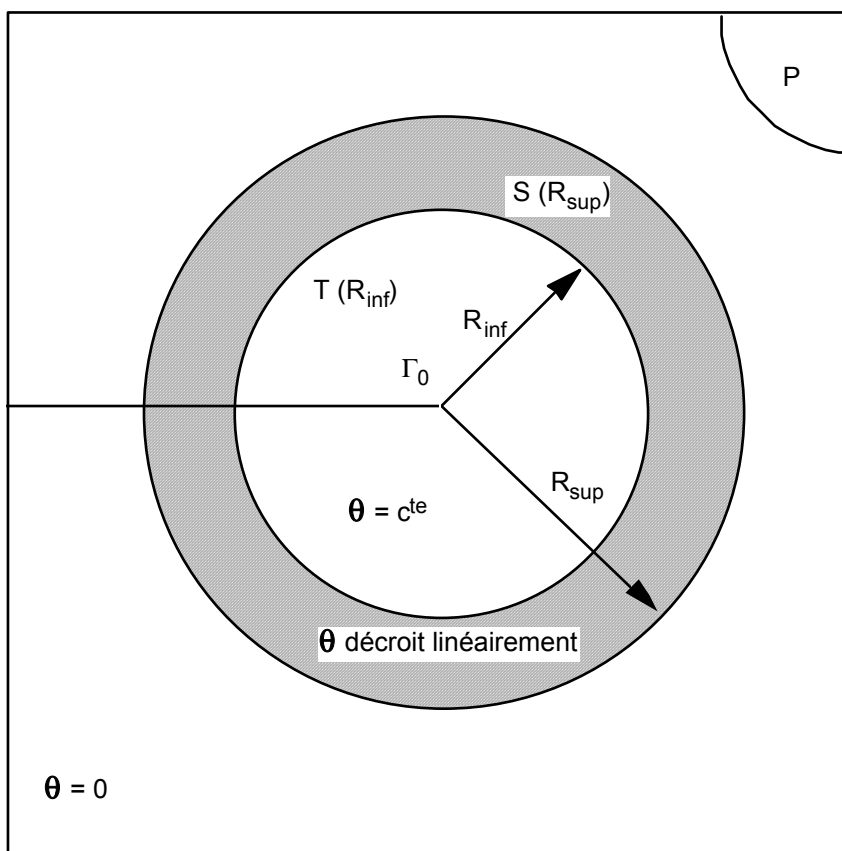
◇ OPTION = / 'COURONNE' , [DEFAULT]  
'BANDE' ,

#### 3.1.1 OPTION = 'COURONNE'

Cette manière d'introduire le champ  $\theta$  est géométrique [R7.02.01 §20]. Elle revient à se donner deux rayons  $R_{inf}$ ,  $R_{sup}$ , et  $|\theta|$  en chaque nœud du fond de fissure par le mot clé facteur THETA\_3D ou THETA\_2D. On effectue des calculs de distance d'un nœud courant au fond de fissure pour déterminer la valeur de  $\theta$  en ce nœud.

Plus précisément, en tout nœud du fond de fissure  $\Gamma_0$ , repéré par son abscisse curviligne  $s$ , on peut définir un plan normal  $P$  dans lequel le champ  $\theta$  est introduit de telle façon qu'après s'être donné 2 volumes  $T$  et  $S$  (cylindres déformés) entourant le fond de fissure, on a :

- $\theta = \theta_0(s) = c^{te}$  dans  $T$  ( $R_{inf}$ )
- $\theta$  varie linéairement par rapport au rayon dans la couronne  $S$  ( $R_{sup}$ )/ $T$  ( $R_{inf}$ )
- $\theta$  est continu dans  $S$  ( $R_{sup}$ )
- $\theta = 0$  à l'extérieur de  $S$  ( $R_{sup}$ )



### 3.1.2 OPTION = 'BANDE'

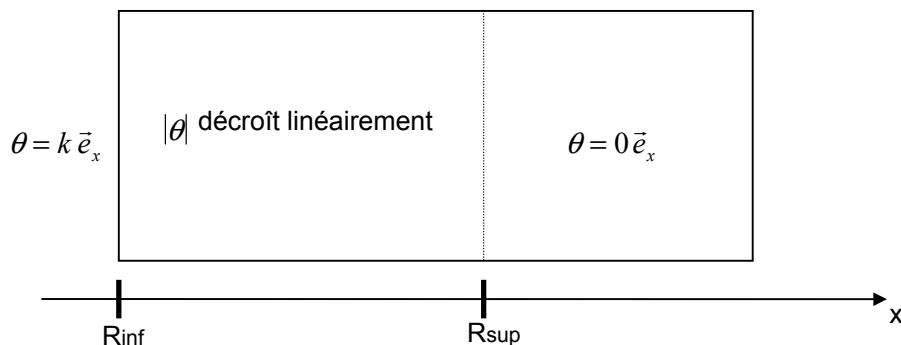
Cette manière d'introduire le champ  $\theta$  est utilisée pour simuler le mouvement d'une frontière dans les calculs de sensibilité aux variations de domaine en thermique linéaire [U4.54.01] ou en mécanique linéaire [U4.51.01]. Cela est possible pour les configurations suivantes :

- calculs en 2D ou 2D axisymétrique,
- frontière rectiligne, parallèle à l'axe Oy,
- domaine de calcul à droite de la frontière.

On vise à obtenir un champ  $\theta$  valant  $k \vec{e}_x$  sur la frontière et s'annulant à une certaine distance à l'intérieur ; le module  $k$  est donné dans le mot clé THETA\_BANDE. Entre ces deux situations, la norme du champ décroît linéairement avec l'abscisse.

On doit donc donner successivement :

- le module du champ sur la frontière,
- l'abscisse  $R_{\text{inf}}$  correspondant à la droite frontière,
- l'abscisse  $R_{\text{sup}}$  correspondant à la droite où le champ s'annule. On a  $R_{\text{sup}} > R_{\text{inf}}$ .



## 3.2 Opérande MODELE

- ♦ **MODELE = mo**

Nom du concept `modele` qui définit les éléments sur lesquels est calculé le champ  $\theta$ .

## 3.3 Mécanique de la rupture - problème 3D

### 3.3.1 Opérande FOND\_3D / FOND\_FISS

- / ♦ **FOND\_3D = ff**

Nom du concept `ff` de type `fond_fiss` contenant :

- la liste ordonnée des nœuds décrivant le fond de fissure,
- la liste des mailles décrivant la lèvres supérieure de la fissure,
- la liste des mailles de la lèvres inférieure de la fissure si celle-ci existe (cas d'un problème non symétrique).

L'opérande `FOND_FISS` est équivalente à `FOND_3D`. On peut utiliser l'une ou l'autre de manière indifférenciée. `FOND_3D` est appelée à disparaître.

### 3.3.2 Opérande THETA\_3D

♦ THETA\_3D =

Définit les nœuds ou les groupes de nœuds décrivant entièrement le fond de fissure où on affecte les rayons de la couronne et le module de  $\theta$ .

L'ensemble des nœuds du fond de fissure est précisé par les opérandes :

- / TOUT = prise en compte de la totalité des nœuds du fond de fissure.
- / GROUP\_NO = prise en compte d'une sous-partie du fond de fissure constituée de la liste de groupes de nœuds spécifiée.
- / NOEUD = prise en compte d'une sous-partie du fond de fissure constituée de la liste des nœuds spécifiée.

Les deux rayons définissant la couronne et le module de  $\theta$  peuvent être introduits soit par des valeurs réelles constantes qui sont arguments des mots clés simples R\_INF, R\_SUP et MODULE ou soit par des fonctions de l'abscisse curviligne sur le fond de fissure orienté, qui sont arguments des mots clés simples R\_INF\_FO, R\_SUP\_FO et MODULE\_FO.

### 3.3.3 Opérande DIRE\_THETA

Permet d'introduire en 3D la direction du champ theta sur tous les nœuds du fond de fissure par un champ aux nœuds défini lors d'un AFFE\_CHAM\_NO [U4.44.11] préalable. Cette option est facultative.

Par défaut ces directions sont calculées automatiquement à partir du concept ff issu de la commande DEFI\_FOND\_FISS [U4.82.01].

## 3.4 Mécanique de la rupture - problème 2D

### 3.4.1 Opérande THETA\_2D

/ ♦ THETA\_2D =

Mot clé facteur définissant le nœud du fond de fissure soit par GROUP\_NO (si ce nœud appartient à un groupe de nœud qui doit se limiter à ce nœud) soit par NOEUD suivi du nom de ce nœud.

Le module de  $\theta$  et les deux rayons sont arguments des mots clés simples MODULE, R\_INF, R\_SUP.

## 3.5 Sensibilité aux variations de domaine - problème 2D

### 3.5.1 Opérande THETA\_BANDE

/ ♦ THETA\_BANDE =

Mot clé facteur définissant le champ  $\theta$  si l'option BANDE a été retenue. On trouve alors les 3 mots clés simples suivants :

♦ MODULE = module

C'est la valeur du module du champ theta sur la droite frontière.

♦ R\_INF = rinf

Abscisse de la droite frontière. Attention, il n'y a aucune vérification de la cohérence de cette valeur rinf avec le maillage utilisé.

♦ `R_SUP = rsup`

Abscisse de la droite où le champ  $\theta$  s'annule. Cette valeur doit être strictement supérieure à `rinf`. Elle doit être inférieure à l'abscisse maximale du domaine de calcul. Autrement dit, la zone comprise entre `rinf` et `rsup` doit être intégralement incluse dans le domaine de calcul. Cela n'est pas contrôlé par l'opérateur.

### 3.6 Opérande `GRAD_NOEU_THETA`

♦ `GRAD_NOEU_THETA = / 'OUI',  
/ 'NON',`

Si le choix est 'NON', rien ne se passe.

Si le choix est 'OUI', le gradient du champ  $\theta$  est calculé sur tous les nœuds du domaine. Le calcul est obligatoire si les options de sensibilité ont été activées dans la résolution thermique ou mécanique.

### 3.7 Opérande `DIRECTION / DIRE_THETA`

♦ `DIRECTION = (d1,d2,d3),`

Liste des valeurs des trois composantes de la direction du champ  $\theta$  sur le fond de fissure lorsque celle-ci n'est pas calculée. En 2D il faut fournir  $(d_1 \ d_2 \ 0.)$ .

♦ `DIRE_THETA = chamno,`

Permet d'introduire en 3D la direction du champ  $\theta$  sur tous les nœuds du fond de fissure par le biais d'un `AFFE_CHAM_NO` préalable. En l'absence de `DIRECTION` et `DIRE_THETA`, celle-ci est calculée par l'opérateur en chaque nœud du fond de fissure (normale au fond de fissure dans le plan des lèvres).

### 3.8 Opérande `IMPRESSION`

♦ `FORMAT = / 'EXCEL', [DEFAULT]  
/ 'AGRAF',`  
♦ `FICHIER = RESULTAT, [DEFAULT]`

Mot clé facteur permettant d'imprimer sur le fichier `RESULTAT` pour chaque nœud du fond de fissure `rinf`, `rsup`, le module et la direction du champ  $\theta$ . Le format 'AGRAF' permet de post-traiter l'impression par Agraf.

## 4 Phase de vérification

- vérification de l'appartenance des nœuds ou groupes de nœuds au maillage,
- vérification de l'appartenance des nœuds ou groupes de nœuds au fond de fissure,
- vérification que le fond de fissure est complet,
- vérification que la direction du champ  $\theta$  sur le fond de fissure (lorsqu'elle est donnée) contient uniquement trois composantes.

## 5 Exemples

### 5.1 Affectation d'un champ $\theta$ en 2D par valeurs réelles

On affecte sur le nœud du fond de fissure  $|\theta| = 1$   $R_{INF} = 1$  et  $R_{SUP} = 2$

```
THET2 = CALC_THETA (  MODELE      = mo,
                      THETA_2D = _F( NOEUD  = ('NO29'),
                                     MODULE  = 1., R_INF = 1., R_SUP = 2.),
                      DIRECTION = (1., 1., 0.),
                      IMPRESSION = _F( FICHIER = 'RESULTAT'),
                      )
```

avec *mo* le concept *modele* produit par la commande *AFFE\_MODELE*.

### 5.2 Affectation d'un champ $\theta$ en 3D par valeurs réelles

Sur le fond de fissure on affecte sur tous les nœuds  $|\theta| = 1.$ ,  $R_{INF} = 2.$  et  $R_{SUP} = 5.$  par valeurs réelles constantes.

La direction du champ  $\theta$  est donnée sur chacun de ces nœuds, elle vaut (1. 0. 0.).

```
THET3 = CALC_THETA (  OPTION      = 'COURONNE', MODELE = mo, FOND_FISS = ff1,
                      THETA_3D  = _F( TOUT   = 'OUI',
                                     MODULE  = 1., R_INF = 2., R_SUP = 5.),
                      DIRECTION = (1., 0., 0.),
                      IMPRESSION = _F( FICHIER = 'RESULTAT'),
                      )
```

avec *mo* le concept *modele* produit par la commande *AFFE\_MODELE*,  
*ff1* le concept de type *fond\_fiss* produit par la commande *DEFI\_FOND\_FISS*.

### 5.3 Affectation d'un champ $\theta$ en 3D par valeurs réelles et par fonction avec règle de surcharge

Sur le fond de fissure on affecte sur le groupe de nœuds *GRN1*,  $|\theta| = 1.$   $R_{inf} = 2.$  et  $R_{sup} = 5.$  par valeurs réelles constantes, et sur le groupe de nœuds *GRN2*,  $|\theta|$ ,  $R_{inf}$  et  $R_{sup}$  par fonctions.

La direction du champ  $\theta$  est calculée aux nœuds du fond de fissure.

```
THETA1 = CALC_THETA (  OPTION      = 'COURONNE', MODELE = mo, FOND_FISS = ff1,
                      THETA_3D  = _F( GROUP_NO = GRN1,
                                     MODULE  = 1., R_INF = 2., R_SUP = 5.),

                      GROUP_NO = GRN2,
                      MODULE_FO = f0, R_INF_FO = f1, R_SUP_FO = f2),

                      IMPRESSION = _F ( FICHIER = 'RESULTAT')
                      )
```

avec :

*mo* le concept *modele* produit par la commande *AFFE\_MODELE*.

*ff1* le concept de type *fond\_fiss* produit par la commande *DEFI\_FOND\_FISS*.

*GRN1* = {NO3 NO7 NO10} , *GRN2* = {NO13 NO15}

Le fond de fissure est constitué des nœuds : NO3, NO7, NO10, NO13, NO15 de façon ordonnée.

*f0*, *f1*, *f2* sont respectivement les fonctions définissant  $|\theta|$  et les deux rayons des couronnes pour *GRN2* produits par la commande *DEFI\_FONCTION*.

**Remarque :**

|GRN1 et GRN2 doivent décrire complètement le fond de fissure représenté dans le concept ff1.

Sur le fond de fissure on affecte  $|\theta|$ , Rinf et Rsup par fonction sauf aux nœuds NO29 et NO15 où l'on affecte  $|\theta| = 1$ . R\_INF = 2. R\_SUP = 3. par valeurs réelles constantes.

La direction du champ  $\theta$  est calculée aux nœuds du fond de fissure.

```
THETA2 = CALC_THETA (  OPTION      = 'COURONNE', MODELE = mo, FOND_FISS = ff3,
                      THETA_3D = _F( TOUT = 'OUI'
                                     MODULE_FO=fa, R_INF_FO=fb, R_SUP_FO=fc ),
                      (NOEUD =( 'NO29', 'NO15' ),
                        MODULE = 1., R_INF = 2., R_SUP = 3. ),
                      IMPRESSION=_F( FICHIER = 'RESULTAT' )
                      )
```

avec :

mo le concept modele produit par la commande AFFE\_MODELE.

ff3 le concept fond\_fiss produit par la commande DEFI\_FOND\_FISS.

fa, fb, fc sont respectivement les fonctions définissant  $|\theta|$  et les deux rayons des couronnes pour tout le fond de fissure, produits par la commande DEFI\_FONCTION.

**Remarque :**

|La règle de surcharge s'applique ici pour les nœuds du fond de fissure NO29 et NO15.