

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.8- : Post-traitement et analyses dédiées
Document : U4.82.04

Opérateur CALC_G_LOCAL_T

1 But

Calculer le taux de restitution d'énergie local en 3D par la méthode théta.

Cet opérateur permet le calcul en mécanique de la rupture du taux de restitution d'énergie local fonction de l'abscisse curviligne sur le fond de fissure G(s) en 3D par la méthode θ dans le cas d'un problème thermo-élastique linéaire ou non linéaire [R7.02.01] et [R7.02.03].

Avant une première utilisation, il est conseillé de se référer aux documents de référence et de conseils d'utilisation correspondants.

Les fonctionnalités concernant le taux de restitution d'énergie local avec propagation Lagrangienne (c'est-à-dire pour une extension de la fissure en utilisant le même maillage) en 3D dans le cas d'un problème thermo-élastique linéaire sont décrites dans le document [R7.02.04].

L'opérateur produit un concept de type `table`.

2 Syntaxe

```
[tabl_*] = CALC_G_LOCAL_T

(
  ♦ MODELE = mo, [modele]
  ♦ CHAM_MATER = mater, [cham_mater]
  ♦ / FOND = ff, [fond_fiss]
  / FOND_FISS = ff,

# récupération du champ de déplacements

  ♦ / DEPL = depl, [cham_no_DEPL_R]
  / RESULTAT = resu, / [evol_elas]
  / [evol_noli]
  / [evol_thme]

  ♦ / TOUT_ORDRE = 'OUI', [DEFAULT]
  / NUME_ORDRE = l_ordre, [l_I]
  / LIST_ORDRE = lis, [listis]
  / INST = l_inst, [l_R8]
  / LIST_INST = l_reel, [listr8]
  ♦ | PRECISION = / prec
  / 1.0D-6 [DEFAULT]
  | CRITERE = / 'RELATIF', [DEFAULT]
  / 'ABSOLU' ,

# chargement

  ♦ CHARGE = charge, [char_meca]
  ♦ SYME_CHAR = / 'SANS', [DEFAULT]
  / 'SYME',
  / 'ANTI' ,

# comportement

  ♦ / COMP_ELAS =_F(
    ♦ RELATION = / 'ELAS', [DEFAULT]
    / 'ELAS_VMIS_LINE',
    / 'ELAS_VMIS_TRAC',
    ♦ DEFORMATION = / 'PETIT', [DEFAULT]
    / 'GREEN',
    ♦ / TOUT = 'OUI', [DEFAULT]
    / | GROUP_MA = lgrma, [l_gr_maille]
    | MAILLE = lma, [l_maille]
    ),
  / COMP_INCR =_F(
    ♦ RELATION = / 'ELAS', [DEFAULT]
    / 'VMIS_ISOT_TRAC',
    / 'VMIS_ISOT_LINE',
    / 'VMIS_CINE_LINE',
    ♦ DEFORMATION = / 'PETIT', [DEFAULT]
    / 'PETIT_REAC',
    ♦ / TOUT = 'OUI', [DEFAULT]
    / | GROUP_MA = lgrma, [l_gr_maille]
    | MAILLE = lma, [l_maille]
    ),
  ♦ ETAT_INIT =_F(
    ♦ / DEPL = depl, [cham_no_DEPL_R]
    / SIGM = sigm, / [carte_SIEF_R]
    / [cham_elem_SIEF_R]
    ),
)
```

Titre : Opérateur CALC_G_LOCAL_T
Auteur(s) : S. GRANET

Date : 04/03/03
Clé : U4.82.04-F Page : 3/14

```
# option demandée : - calcul de G(s) classique
                   - calcul de G(s) avec propagation Lagrangienne
      ◇  OPTION = / 'CALC_G', [DEFAULT]
#
                   / 'CALC_G_LGLO',
                   ♦ PROPAGATION = alpha, [R]
                   ♦ THETA      = theta, [theta_geom]
                   ♦ DIRE_THETA = dire_theta, [cham_no_DEPL_R]
#
                   / 'G_BILINEAIRE',
#
                   / 'CALC_G_MAX' ,
                   ♦ BORNES=_F (
                     ♦ NUME_ORDRE = num , [I]
                     ♦ VALE_MIN   = qmin , [R]
                     ♦ VALE_MAX   = qmax , [R]
                     ),
# méthode utilisée pour la discrétisation de  $\theta$  en fond de fissure
      ◇ / LISSAGE_THETA = / 'LEGENDRE', [DEFAULT]
                   / 'LAGRANGE',
      / LISSAGE_G      = / 'LEGENDRE', [DEFAULT]
                   / 'LAGRANGE',
                   / 'LAGRANGE_NO_NO',

# degré des polynomes de Legendre
      ◇ DEGRE = / 0,
                   / 1,
                   / 2,
                   / 3,
                   / 4,
                   / 5, [DEFAULT]
                   / 6,
                   / 7,

# rayons inférieurs et supérieurs définissant les couronnes
      ♦ / ♦ R_INF = r , [R]
          ♦ R_SUP = R , [R]
      / ♦ R_INF_FO = rz , [fonction]
          ♦ R_SUP_FO = Rz , [fonction]

# titre
      ◇ TITRE = titre, [l_Kn]

# impression d'informations
      ◇ INFO = / 1, [DEFAULT]
                   / 2,
      )
```

3 Opérandes

3.1 Opérande MODELE

◆ `MODELE = mo`

`mo` est le nom du modèle sur lequel est calculé le taux de restitution d'énergie local $G(s)$. Il est produit par la commande `AFFE_MODELE` [U4.41.01].

Le calcul du taux de restitution d'énergie $G(s)$ n'a de sens et n'est donc autorisé que pour la modélisation 3D.

Cette modélisation correspond à des hexaèdres à 8, 20 ou 27 nœuds, des pentaèdres à 6 ou 15 nœuds, des tétraèdres à 4 ou 10 nœuds, des pyramides à 5 ou 13 nœuds, des faces à 4, 8 ou 9 nœuds.

3.2 Opérande CHAM_MATER

◆ `CHAM_MATER = mater`

`mater` est le champ du matériau généré par la commande `AFFE_MATERIAU` [U4.43.03]. Il permet de récupérer les caractéristiques du matériau :

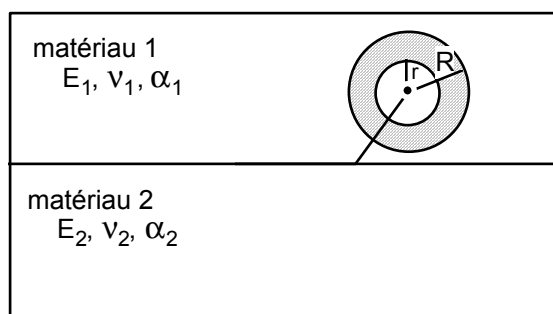
- module d'YOUNG E ,
- coefficient de POISSON ν ,
- coefficient de dilatation thermique α (pour un problème thermomécanique),
- limite d'élasticité S_Y (pour un problème élastique non linéaire),
- pente de la courbe de traction D_SIGM_EPSI (pour un problème élastique non linéaire avec écrouissage isotrope ou cinématique linéaire), ou courbe de traction.

Ces caractéristiques peuvent dépendre de la géométrie et de la température pour l'option '`CALC_G`' uniquement.

Les caractéristiques S_Y et D_SIGM_EPSI ne sont traitées que pour un problème élastique non linéaire avec écrouissage de von Mises et avec l'option de calcul '`CALC_G`'.

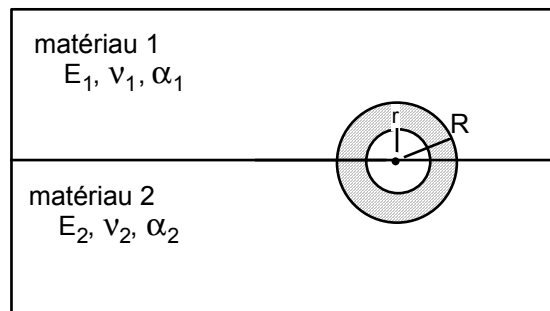
Problème du bimatériau :

1^{er} cas : On a un bimatériau mais la pointe de fissure est dans un seul matériau.



Si on est assuré que la couronne, définie entre les rayons inférieur r et supérieur R (dans la commande `CALC_THETA` [U4.82.02]), a comme support des éléments du même matériau, le calcul est possible quelque soit l'option choisie. Sinon seule l'option '`CALC_G`' est possible.

2ème cas : On a un bimatériau où la pointe de fissure est à l'interface.



A ce jour, seule l'option de calcul du taux de restitution d'énergie (option '*CALC_G*') est disponible.

3.3 Opérands FOND / FOND_FISS

Ces 2 opérands sont exactement les mêmes. On peut les utiliser de manière indifférenciée.

♦ / FOND = ff,
/ FOND_FISS = ff,

ff est le fond de fissure défini par la commande *DEFI_FOND_FISS* [U4.82.01]. Il permet de récupérer :

- la liste ordonnée des nœuds du fond de fissure,
- les mailles des lèvres de la fissure ou la normale à la fissure,
- les directions de propagation du fond de fissure aux extrémités.

C'est à partir de ces entités que sont calculées automatiquement les abscisses curvilignes *s* et les directions de propagation du fond de fissure en chaque nœud [R7.02.01 §2.2].

3.4 Opérands DEPL / RESULTAT

Ces opérands permettent de récupérer le champ de déplacement à partir d'un champ aux nœuds ou extrait d'un résultat.

3.4.1 Opérande DEPL

♦ / DEPL = depl

depl est un champ aux nœuds solution du calcul sur mo.

3.4.2 Opérande RESULTAT

/ RESULTAT = resu

Nom d'un concept résultat de type *evol_elas*.

3.4.2.1 Opérands TOUT_ORDRE / NUME_ORDRE / LIST_ORDRE / INST / LIST_INST / PRECISION / CRITERE

Voir document [U4.71.00].

3.5 Opérande CHARGE

◇ CHARGE = charge

Permet de récupérer une liste de chargements `charge` issus des commandes `AFFE_CHAR_MECA` ou `AFFE_CHAR_MECA_F` [U4.44.01]. Il faut veiller à ce que les charges indiquées ici aient bien été prises en compte dans le calcul mécanique précédent qui a produit le champ de déplacements.

- Pour `AFFE_CHAR_MECA`, les valeurs affectées ne dépendent d'aucun paramètre et sont définies par valeurs réelles,
- pour `AFFE_CHAR_MECA_F`, les valeurs affectées sont fonction d'un ou plusieurs paramètres à choisir dans l'ensemble {INST, x, y, z}.

Les chargements supportés sont les suivants :

Option	Modélisation	Chargement mot clé de <code>AFFE_CHAR_MECA(_F)</code>
CALC_G	3D	TEMP_CALCULEE FORCE_INTERNE PRES_REP FORCE_FACE PESANTEUR ROTATION

Remarque :

Les chargements non supportés par une option sont ignorés. A ce jour, les chargements suivants pouvant avoir un sens en mécanique de la rupture ne sont pas traités :

- `FORCE_NODALE`
- `FORCE_ARETE`
- `EPSI_INIT`
- `DDL_IMPO` sur les lèvres de la fissure
- `FACE_IMPO`

Il est important de noter que les seuls chargements pris en compte dans un calcul de mécanique de la rupture avec la méthode θ sont ceux supportés par les éléments à l'intérieur de la couronne (entre R_{inf} et R_{sup} [R7.02.01 §3.3]).

Attention :

- Si la liste des charges comporte plus d'une charge, un chargement de même nature (par exemple force volumique) ne peut figurer que dans une seule charge. Dans le cas contraire, seule la dernière charge est prise en compte.
- Si le champ de déplacement `depl` a été calculé par une charge avec un coefficient multiplicateur différent de 1., on devra, pour obtenir le G correspondant au champ `depl`, introduire dans l'opérande `CHARGE` la charge en question multipliée par ce coefficient (voir `COMB_CHAM_NO` [U4.72.02] pour ces deux problèmes).
- Si on fait un calcul en grandes transformations (mot clé `DEFORMATION` = 'GREEN' sous le mot clé facteur `COMP_ELAS`) les chargements supportés doivent être des charges mortes, typiquement une force imposée et pas une pression [R7.02.03 §2.4].

3.6 Opérande SYME_CHAR

◇ SYME_CHAR = / 'SANS' , [DEFAULT]
 / 'SYME' ;
 / 'ANTI' ;

Ce mot clé permet d'indiquer si le chargement est symétrique ou antisymétrique dans le cas où on ne modélise que la moitié du solide par rapport à la fissure. Les valeurs de $G(s)$ sont alors automatiquement multipliées par 2.

3.7 Mot clé COMP_ELAS

◇ COMP_ELAS =

Ce mot clé facteur permet de définir la relation de comportement du matériau utilisé pour ce post-traitement de mécanique de la rupture.

Par défaut la relation de comportement est élastique linéaire en petites déformations avec les caractéristiques définies dans CHAM_MATER.

Attention :

Rien n'interdit d'affecter un comportement différent lors du calcul des déplacements (par exemple élastoplastique) puis de réaliser ce post-traitement avec une autre relation (par exemple élastique non-linéaire). L'utilisateur est responsable de l'interprétation des résultats obtenus [R7.02.03].

3.7.1 Opérande RELATION

◇ RELATION =
 / 'ELAS'

Relation de comportement élastique linéaire c'est-à-dire que la relation entre les déformations et les contraintes considérées est linéaire [R7.02.01 §1.1].

/ 'ELAS_VMIS_LINE'

Relation de comportement élastique non linéaire, de von Mises à écrouissage isotrope linéaire. Les données matériaux nécessaires du champ matériau sont fournies dans l'opérateur DEFI_MATERIAU (cf. l'opérateur STAT_NON_LINE [U4.51.03] et le mot clé VMIS_ISOT_LINE) [R7.02.03 §1.1] et [R5.03.20].

/ 'ELAS_VMIS_TRAC'

Relation de comportement élastique non linéaire, de von Mises à écrouissage isotrope non linéaire. Les données matériaux nécessaires du champ matériau sont fournies dans l'opérateur DEFI_MATERIAU (cf. l'opérateur STAT_NON_LINE [U4.51.03] et le mot clé VMIS_ISOT_TRAC) [R7.02.03 §1.1] et [R5.03.20].

3.7.2 Opérande DEFORMATION

◇ DEFORMATION = / 'PETIT'

Les déformations utilisées dans la relation de comportement sont les relations linéarisées :

$$\varepsilon_{ij}(\mathbf{u}) = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i})$$

/ 'GREEN'

Les déformations utilisées dans la relation de comportement sont les déformations de Green-Lagrange [R7.02.03 §2.1] :

$$\varepsilon_{ij}(\mathbf{u}) = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i} + u_{k,i} u_{k,j})$$

Attention :

- Les chargements supportés sont ceux supportés en élastique linéaire à condition que ce soient des charges mortes : une charge imposée est une charge morte alors que la pression est un chargement suiveur.
- Les déplacements et les rotations peuvent être grandes mais il est préférable de se limiter à de petites déformations si l'on souhaite une cohérence avec le matériau réel. Pour plus de précisions se référer à [R7.02.03 §2.5].

3.7.3 Opérandes TOUT / GROUP_MA / MAILLE

```

◇ / TOUT      = 'OUI',
  / | GROUP_MA = lgrma,
  / | MAILLE   = lma,

```

Spécifie les mailles ou les nœuds sur lesquels la relation de comportement est utilisée.

3.7.4 Relation de comportement disponible pour chaque option

		'CALC_G'	'CALC_G_LGLO'
COMP_ELAS	'ELAS'	'PETIT'	'PETIT'
		'GREEN'	
	'ELAS_VMIS_LINE'	'PETIT'	
		'GREEN'	-
	'ELAS_VMIS_TRAC'	'PETIT'	
		'GREEN'	-
COMP_INCR	-	-	-

A ce jour, il est possible de faire un post-traitement en mécanique de la rupture uniquement avec une relation de comportement élastique linéaire ou non linéaire et pas avec une relation élasto-plastique [R7.02.03 §1.5].

Il est possible pour ces relations de comportement de calculer le taux de restitution d'énergie G en grandes transformations [R7.02.03 §2] à condition d'avoir uniquement des charges mortes.

3.8 Mot clé COMP_INCR

◇ COMP_INCR =

La relation de comportement est élastoplastique associée à un critère de von Mises avec écrouissage isotrope ou cinématique.

◇ RELATION =

```

/ 'ELAS' : relation de comportement élastique incrémentale [U4.51.03]
/ 'VMIS_ISOT_LINE' : von Mises avec écrouissage isotrope linéaire ([U4.51.03] et [R5.03.20])
/ 'VMIS_ISOT_TRAC' : von Mises avec écrouissage isotrope donné par une courbe de traction [U4.32.01]
/ 'VMIS_CINE_LINE' : von Mises avec écrouissage cinématique linéaire [U4.51.03]

```

◇ DEFORMATION =

```

/ 'PETIT' : déformations linéarisées :  $\varepsilon_{ij}(u) = 1/2 (u_{i,j} + u_{j,i})$ 
/ 'PETIT_REAC' :  $\Delta \varepsilon_{ij} = 1/2 \left( \frac{\partial \Delta u_i}{\partial (X+u)_j} + \frac{\partial \Delta u_j}{\partial (X+u)_i} \right)$  [U4.32.01]

```

◇ TOUT / GROUP_MA / MAILLE

Spécifient les mailles ou les nœuds sur lesquels la relation de comportement incrémentale est utilisée.

3.9 Mot clé ETAT_INIT

◇ ETAT_INIT =

Etat initial de référence choisi. Par défaut, tous les champs sont identiquement nuls. La donnée d'un état initial n'a de sens (et n'est donc prise en compte) que pour la partie du domaine traitée en comportement incrémental (COMP_INCR) : si le calcul est élastique (COMP_ELAS) cela n'a aucune incidence.

Si l'on veut prendre en compte un état initial en élasticité, c'est le mot clé ELAS situé sous COMP_INCR qu'il faut utiliser.

3.9.1 Opérande SIGM / DEPL

◆ / SIGM = sig ,
/ DEPL = depl ,

Respectivement, champs de contraintes et de déplacements pris à l'état initial. Ils peuvent par exemple être issus de la commande RECU_CHAMP, ou bien avoir été lus dans un fichier au format I-DEAS par la commande LIRE_RESU. Soit on donne un déplacement initial, soit une déformation initiale. Attention, si la charge transmise dans l'opérande CHARGE contient une déformation initiale (mot clé EPSI_INIT de AFFE_CHAR_MECA_F), celle-ci sera prise en compte de la même façon que le déplacement depl fourni ici ; il est alors illicite de donner un état initial avec le mot clé DEPL.

3.10 Opérande OPTION

◇ OPTION = / 'CALC_G' , [DEFAULT]
/ 'CALC_G_LGLO' ,
/ 'G_BILINEAIRE' ,
/ 'CALC_G_MAX' ,

3.10.1 OPTION = 'CALC_G' [R7.02.01] et [R7.02.03]

C'est l'option par défaut. Elle permet le calcul du taux de restitution d'énergie $G(s)$ par la méthode thêta en 3D pour un problème thermo élastique linéaire ou non linéaire. $G(s)$ est solution de l'équation variationnelle [R7.02.01 §2.2].

$$\int_{\Gamma_0} G(s) \theta(s) \cdot \mathbf{m}(s) ds = G(\theta) \quad , \quad \forall \theta \in \Theta$$

où Γ_0 est le fond de fissure et \mathbf{m} la normale au fond de fissure dans le plan tangent de ses lèvres.

3.10.2 OPTION = 'CALC_G_LGLO'

Permet également le calcul du taux de restitution d'énergie $G(s)$ mais avec propagation lagrangienne [R7.02.04].

3.10.3 OPTION = 'G_BILINEAIRE' [R7.02.01]

Pour une série de déplacements (U_1, \dots, U_n) , cette option permet le calcul de la forme bilinéaire $g(U_i, U_j)$ pour $i \geq j$; si $i = j$ alors $g(u, u) = G(u)$. Les résultats sont stockés dans une table comportant deux indices i et j en référence aux déplacements U_i et U_j ordonnés dans la liste contenue dans la structure de données résultat sous le mot clé RESULTAT.

Attention :

- Seules les combinaisons de discrétisation de $G(s)$ et du champ θ , cf. [§3.12] et [§3.13] : LEGENDRE-LEGENDRE ou LAGRANGE-LAGRANGE sont disponibles pour cette option.

3.10.4 OPTION = 'CALC_G_MAX' [R7.02.05]

Cette option concerne uniquement la maximisation de G sous des contraintes bornes [R7.02.05]. Il faut fournir la valeur des contraintes bornes derrière le mot clé `BORNES`. Les résultats sont imprimés dans la structure de données `resultat`. La valeur de `G_MAX` n'étant pas unique on détermine également la valeur maximum de `G_MAX`.

Attention :

*Seules les combinaisons de discrétisation de $G(s)$ et du champ θ , cf. [§3.12] et [§3.13] :
`LEGENDRE-LEGENDRE` ou `LAGRANGE-LAGRANGE` sont disponibles pour cette option.*

3.11 Mot-clé BORNES

◇ `BORNES` =

Ce mot clé facteur est obligatoire si on utilise l'option '`CALC_G_MAX`'. Sinon il n'est pas utilisé. Il permet de définir des couples de contraintes bornes (q_i^-, q_i^+) pour chaque numéro d'ordre de la structure de données `resultat`. On cherche alors à définir la combinaison de chargement la plus pénalisante en terme de taux de restitution d'énergie :

$$\max_{q_i^- \leq q_i \leq q_i^+} G\left(\sum_i q_i Q_i\right) = \max_{i,j=1}^N G_{ij} q_i q_j \quad \text{où } Q_i \text{ sont les } N \text{ chargements unitaires associés aux différents déplacements } U_i \text{ contenus dans la structure de données } resultat, \text{ et } G_{ij} = G(U_i, U_j) \text{ forme bilinéaire de } G.$$

◆ `NUME_ORDRE` = `num`

Numéro d'ordre dans la structure de données `resultat` associé aux valeurs de contraintes bornes.

◆ `VALE_MIN` = `qmin`

Valeur minimal du coefficient appliqué au chargement associé au résultat stocké dans le numéro d'ordre `num` de la structure de données `resu`.

◆ `VALE_MAX` = `qmax`

Valeur maximal du coefficient appliqué au chargement associé au résultat stocké dans le numéro d'ordre `num` de la structure de données `resu`.

Attention :

- *L'utilisateur doit donner autant de couples de bornes que de numéros d'ordre contenus dans la structure de données `resultat` sous peine d'erreur fatale.*
- *Cette option de calcul n'est valable que pour des calculs élastiques linéaire où la superposition de chargement par combinaison linéaire est possible.*

3.12 Opérande LISSAGE_THETA

◇ / LISSAGE_THETA = / 'LEGENDRE' [DEFAULT]
/ 'LAGRANGE'

La trace du champ θ sur le fond de fissure peut être discrétisée soit suivant la base des N premiers polynômes de Legendre ('LEGENDRE'), soit suivant les fonctions de forme linéaires associées à la discrétisation du fond de fissure ('LAGRANGE') [R7.02.01].

LISSAGE_THETA = 'LEGENDRE' : $\theta(s)$ est discrétisé sur une base de polynômes de Legendre $\gamma_j(s)$ de degré j ($0 \leq j \leq \text{Deg}_{\max}$) ou Deg_{\max} est le degré maximal donné sous le mot clé DEGRE (entre 0 et 7).

LISSAGE_THETA = 'LAGRANGE' : $\theta(s)$ est discrétisé sur les fonctions de forme du nœud k du fond de fissure : $\phi_k(s)$.

3.13 Opérande LISSAGE_G

/ LISSAGE_G = / 'LEGENDRE' , [DEFAULT]
/ 'LAGRANGE' ,
/ 'LAGRANGE_NO_NO' ,

$G(s)$ peut être discrétisé soit suivant les polynômes de Legendre ('LEGENDRE'), soit suivant les fonctions de forme des nœuds du fond de fissure ('LAGRANGE'). La méthode 'LAGRANGE_NO_NO' est issue de la méthode LAGRANGE-LAGRANGE mais elle est simplifiée [R7.02.01].

Si le lissage de θ par polynômes de Legendre a été retenu au mot clé précédent, alors le lissage de G doit lui aussi être de type Legendre. Les options disponibles dans Aster sont résumées dans le tableau suivant :

Théta		
	Polynômes de LEGENDRE	Fonctions de forme
$G(s)$	Polynômes de LEGENDRE LISSAGE_THETA= 'LEGENDRE' LISSAGE_G = 'LEGENDRE'	LISSAGE_THETA='LAGRANGE' LISSAGE_G= 'LEGENDRE'
	Fonctions de forme	LISSAGE_THETA = 'LAGRANGE' LISSAGE_G = 'LAGRANGE' ou 'LAGRANGE_NO_NO'

3.14 Opérande DEGRE

◇ DEGRE = n

n est le degré maximal des polynômes de Legendre utilisés pour la décomposition du champ θ en fond de fissure [§3.12] (lorsque LISSAGE_THETA = 'LEGENDRE'). Par défaut n est affectée à 5. La valeur de n doit être comprise entre 0 et 7.

Si on retient LISSAGE_THETA = 'LAGRANGE' et LISSAGE_G = 'LEGENDRE', on doit avoir $n \leq \text{NNO}$ où NNO est le nombre de nœuds de fond de fissure [R7.02.01 §2.3].

3.15 Opérandes R_INF / R_SUP

- $$\begin{array}{ll} \blacklozenge & / \quad \blacklozenge \quad R_INF = r \\ & \blacklozenge \quad R_SUP = R \end{array}$$

r et R sont les rayons inférieurs et supérieurs, supposés constants sur toute la longueur de la fissure, permettent de déterminer la couronne sur laquelle les champs θ auront une décroissance linéaire.

3.16 Opérandes R_INF_FO / R_SUP_FO

- $$\begin{array}{ll} / & \blacklozenge \quad R_INF_FO = rz \\ & \blacklozenge \quad R_SUP_FO = Rz \end{array}$$

Fonctions définissant les rayons des couronnes variant suivant l'abscisse curviligne sur le fond de fissure.

3.17 Opérande INFO

- / 1 : impression sur le fichier 'MESSAGE'
 - des coefficients G_i de $G(s)$ dans la base des polynômes de Legendre,
 - de la valeur de $G(s)$ sur tous les nœuds du fond de fissure
- / 2 : même impression + impression des champs θ_i sur le fond de fissure
 + impression de $G(\theta^i)$ [R7.02.01 §2.2].

3.18 Opérande TITRE

[U4.03.01].

3.19 Table produite

La commande `CALC_G_LOCAL_T` produit un concept de type `table`.

Cette table contient, pour chaque nœud du fond de fissure :

- le nom du nœud,
- son abscisse curviligne le long du fond de fissure,
- la valeur de G local au nœud.

Elle peut être imprimé par IMPR_TABLE [U4.91.03].

4 Exemples

4.1 Calcul de $G(s)$ classique en élasticité linéaire (option 'CALC_G')

```
G1LOC = CALC_G_LOCAL_T (  MODELE      = mo ,
                           CHAM_MATER  = chma ,
                           DEPL        = depl ,
                           FOND        = ff ,
                           R_INF       = 1. ,
                           R_SUP       = 2. ,
                           CHARGE      = ch ,
                           DEGRE       = 4. ,
                           LISSAGE_THETA = 'LAGRANGE' )
```

On calcule le taux de restitution d'énergie local $G(s)$ sur le fond de fissure *ff* en l'approximant par des polynômes de Legendre de degré 4. La base des champs de propagation θ correspond aux fonctions de forme des nœuds du fond de fissure (*LISSAGE_THETA*= 'LAGRANGE'). Les rayons de la couronne de calcul sont constants.

Si on ne modélise que la moitié du solide par rapport au fond de fissure, on peut ajouter le mot clé : *SYME_CHAR*= 'SYME' qui permet d'obtenir automatiquement les valeurs intrinsèques de $G(s)$ (valeur multipliée par 2.). Noter que la charge *ch* n'est prise en compte que si elle s'applique à l'intérieur de la couronne définie par *R_SUP*.

On peut trouver des exemples d'utilisation dans les tests suivants :

- SSLV110 [V3.04.110] Fissure semi-elliptique en milieu infini
- SSLV112 [V3.04.112] Fissure circulaire en milieu infini
- HPLV103 [V7.03.103] Thermoélasticité avec fissure circulaire en milieu infini

4.2 Calcul de $G(s)$ en élasticité non linéaire en grandes transformations (option 'CALC_G')

```
G2LOC = CALC_G_LOCAL_T (  MODELE      = mo,
                             RESULTAT    = resu,
                             NUME_ORDRE = (1, 10, 20),
                             CHAM_MATER = chma,
                             CHARGE      = ch,
                             FOND        = ff,
                             R_INF_FO    = rinf,
                             R_SUP_FO    = rsup,
                             LISSAGE_THETA = 'LEGENDRE',
                             DEGRE       = 7.,
                             COMP_ELAS  = _F(RELATION='ELAS_VMIS_LINE'
                                                DEFORMATION='GREEN'),
                             )
```

On calcule le taux de restitution d'énergie local $G(s)$:

- sur le fond de fissure *ff*,
- à partir du modèle *mo*, du champ de matériau *chma*,
- la relation entre les déformations et les contraintes est une relation élastique non linéaire de von Mises à écrouissage isotrope linéaire,
- les déformations sont celles de Green-Lagrange (comportement hyperélastique), les grands déplacements et grandes rotations sont autorisés,
- la charge *ff* est donc forcément une charge morte issue d'*AFFE_CHAR_MECA(_F)*,
- $G(s)$ est approximé par des polynômes de Legendre de degré maximal 7,
- la base des champs de propagation θ est la base des polynômes de Legendre (*LISSAGE_THETA='LEGENDRE'*),
- les rayons définissant la couronne sont des fonctions de l'abscisse curviligne,
- le calcul est effectué pour 3 numéros d'ordre (on récupère les déplacements aux numéros d'ordre 1, 10 et 20 à partir du concept *resu* issu d'un calcul avec *STAT_NON_LINE*).