Opérateur POST_K1_K2_K3

1 But

Calculer les facteurs d'intensité des contraintes en 2D et 3D .

Cet opérateur permet de calculer $K1$, $K2$ en 2D (modélisations 'D_PLAN', 'C_PLAN' et 'AXIS') et $K3$ en 3D (modélisation '3D') par extrapolation des sauts de déplacements sur les lèvres de la fissure, cf. [R7.02.08]. Cette méthode n'est applicable que pour les matériaux homogènes et isotropes.

Cet opérateur est utilisable aussi bien pour une fissure maillée que pour une fissure non maillée (méthode X-FEM). Dans le cas d'une fissure maillée, celle-ci doit obligatoirement être plane.

La méthode utilisée est théoriquement moins précise et plus sensible au maillage que le calcul à partir de la forme bilinéaire du taux de restitution de l'énergie et des déplacements singuliers, utilisable en 2D et en 3D avec l'option CALC_K_G de l'opérateur CALC_G [U4.82.03]. Elle permet cependant d'obtenir facilement une bonne estimation des facteurs d'intensité des contraintes.

Produit un concept de type table.

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

2 Syntaxe

```
tk [table] = POST_K1_K2_K3    (

      ♦  /  FOND_FISS        =  fond,                          [fond_fiss]
         /  FISSURE          =  fiss,                          [fiss_xfem]
      ◊  ABSC_CURV_MAXI      =  dmax,                          [R]

# 1) Si FOND_FISS est renseigné :

      ♦  RESULTAT         =  resu,                    /  [evol_elas]
                                                      /  [evol_noli]
                                                      /  [mode_meca]
      ◊  /  TOUT             =  'OUI',
         /  GROUP_NO      =  gr_noeu,                    [l_gr_noeud]
         /  SANS_GROUP_NO=  gr_noeu,                     [l_gr_noeud]

      # N'a de sens que pour les modélisations 3D
      ◊  TYPE_MAILLAGE       =  /  'REGLE',                 [DEFAUT]
                                /  'LIBRE',

      ◊  NB_NOEUD_COUPE      =  /  5,
                                /  n,                       [I]
      ◊  PREC_VIS_A_VIS      =  /  1.E-1,                   [DEFAUT]
                                /  epsi,                    [R]


# 2) Si FISSURE est renseigné :

      ♦  RESULTAT         =  resu,                    /  [evol_elas]
                                                      /  [evol_noli]
      ◊  NB_NOEUD_COUPE      =  /  5,                       [DEFAUT]
                                /  n,                       [I]
      ◊  NB_POINT_FOND       =  /  nbnofo,                  [I]
      ◊  NUME_FOND           =  /  1,                       [DEFAUT]
                                /  numfon,                  [I]

# 3) FIN

      ◊     MATER            =  mat,                        [mater]

      ◊  /  TOUT_ORDRE       =  'OUI',
         /  NUME_ORDRE       =  lnuor,                      [L_I]
         /  LIST_ORDRE       =  lnuor,                      [listis]

         /  TOUT_MODE        =  'OUI',
         /  NUME_MODE        =  lnuor,                      [L_I]
         /  LIST_MODE        =  lnuor,                      [listis]

         /  FREQ             =  l_freq,                     [l_R]
         /  LIST_FREQ        =  l_freq,                     [listR8]
         /  INST             =  l_inst,                     [l_R]
         /  LIST_INST        =  l_inst,                     [listR8]
            ◊  CRITERE       =  /  'RELATIF',               [DEFAUT]
                                ◊   PRECISION = / prec ,    [R]
                                                / 1.E-6 ,   [DEFAUT]
```


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

```
                                    /   'ABSOLU' ,
                                        ♦    PRECISION = prec ,        [R]

            ◊   TITRE               =   titre,                         [l_Kn]

            ◊   INFO                =   /   1,

        )
```


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

3 Opérandes

3.1 Cas où l'opérande FOND_FISS est renseigné

Ce cas correspond à un calcul sur une fissure maillée, définie pour le post-traitement avec l'opérateur DEFI_FOND_FISS. Par défaut, le calcul est fait automatiquement pour tous les nœuds du fond de fissure.

3.1.1 Opérandes FOND_FISS / PREC_VIS_A_VIS / GROUP_NO / SANS_GROUP_NO

```
◊  FOND_FISS              =  fond,          [fond_fiss]
◊  PREC_VIS_A_VIS         =  /  1.D-1,      [DEFAUT]
                             /  epsi,       [R]
◊  /  TOUT                =  'OUI',
   /  GROUP_NO         =  gr_noeu,      [l_gr_noeud]
   /  SANS_GROUP_NO    =  gr_noeu,      [l_gr_noeud]
```

L'opérande FOND_FISS permet de fournir le concept fond_fiss (créé par la commande DEFI_FOND_FISS) dans lequel sont stockées les informations nécessaires à la recherche automatique des nœuds des deux lèvres situés sur des segments normaux au fond de fissure. Attention, le concept fond_fiss doit nécessairement être défini tel que les lèvres de la fissure soient initialement collées (CONFIG_INIT='COLLEE' dans DEFI_FOND_FISS [U4.82.01])

En 3D, par défaut, le calcul des facteurs d'intensité de contraintes se fait uniquement sur les nœuds sommets des mailles composant le fond de fissure (donc tous les nœuds pour les éléments linéaires, et un nœud sur deux pour les éléments quadratiques). L'utilisateur a la possibilité de :

- sélectionner certains nœuds sommets du fond de fissure (mot clé GROUP_NO) ;
- d'exclure des nœuds du fond de fissure (mot clé SANS_GROUP_NO) ;
- de faire le calcul sur tous les nœuds milieux et sommets du fond de fissure (mot clé TOUT).

◊ ABSC_CURV_MAXI = dmax [R]

Distance maximum de calcul des facteurs d'intensité des contraintes à partir du fond de fissure. En pratique, la précision des résultats est moins bonne si on se situe très loin du fond de fissure [R7.02.08]. Il est donc conseillé de choisir $dmax$ la plus petite possible (de l'ordre de 3 à 4 éléments, ou encore de l'ordre du rayon du maillage rayonnant, le cas échéant). Dans le cas où en un point N du fond de fissure, cette distance est supérieure à la distance du fond de fissure en ce point au bord des lèvres, la valeur des facteurs d'intensité des contraintes au point N sont obtenus par prolongement constant. La valeur retenue est celle du point du fond de fissure le plus proche et pour lequel le calcul a pu être réalisé.

L'opérande ABSC_CURV_MAXI est facultatif. Lorsque cet opérande n'est pas indiqué, la valeur de ABSC_CURV_MAXI automatiquement calculé à partir du maximum h des tailles des mailles connectées aux nœuds du fond de fissure. Ces tailles de mailles en chaque nœud du fond sont calculées dans la commande DEFI_FOND_FISS et sont présentes dans le concept fond_fiss [D4.10.01]. Il a été choisi de prendre ABSC_CURV_MAXI égal à $4h$.

Si on choisit la valeur automatiquement calculée pour ABSC_CURV_MAXI, il convient toutefois de s'assurer que sa valeur (affichée dans le fichier .mess) soit cohérente avec les dimensions de la structure.

Lors de la recherche automatique pour chaque nœud du fond de fissure, l'opérateur sélectionne les nœuds vérifiant les conditions suivantes :

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

- distance R par rapport au fond de fissure : R < ABSC_CURV_MAXI,
- distance L par rapport à son vis-à-vis sur l'autre lèvre :
  L < epsi.ABSC_CURV_MAXI,
- et en 3D distance D d'un nœud des lèvres à la droite perpendiculaire au fond de fissure : D < epsi_fond . d , où d est la distance minimale entre deux nœuds successifs du fond de fissure,
  où epsi est la valeur de la précision fournie (mot clé PREC_VIS_A_VIS) et epsi_fond la valeur de la précision fournie dans le mot-clé PREC_NORM de DEFI_FOND_FISS.

Par défaut epsi vaut $0,1$. Augmenter la valeur de PREC_VIS_A_VIS (et/ou de PREC_NORM dans DEFI_FOND_FISS) revient à augmenter le nombre de nœuds potentiellement retenus pour le calcul.

Remarque :

Si TYPE_MAILLAGE='REGLE', cette précision intervient dans la phase de projection du résultat sur la ligne de coupe : un point est considéré comme étant hors de la matière si sa distance à la structure est supérieure à epsi.ABSC_CURV_MAXI. Il peut être nécessaire de modifier la valeur par défaut de ce paramètre si la fissure est représentée par une entaille.

3.1.2 Opérandes RESULTAT

♦ RESULTAT = resu,

resu est un concept de type evol_elas, evol_noli ou mode_meca contenant le champ de déplacement sur tout le modèle.

Remarque :

resu ne peut être un concept de type mode_meca que si TYPE_MAILLAGE='REGLE'.

3.1.3 Opérande TYPE_MAILLAGE

◊ TYPE_MAILLAGE = / 'REGLE', [défaut]
/ 'LIBRE',

Ce mot-clé n'a de sens qu'en 3D, pour les fissures maillées définies par FOND_FISS.

Si TYPE_MAILLAGE= 'REGLE', option à utiliser par défaut, le calcul se fait en supposant que les nœuds sur les lèvres de la fissure sont sur des directions normales au fond et exactement en vis-à-vis d'une lèvre à l'autre. Des messages d'alarme ou d'erreur sont émis si ce n'est pas le cas.

Si le maillage ne remplit pas ces conditions, on peut utiliser l'option TYPE_MAILLAGE='LIBRE'. Le principe du calcul est alors le suivant :

1. détermination des directions normales au fond de fissure pour chacun des nœuds du fond,
2. définition sur chacune de ces directions de NB_NOEUD_COUPE points équi-répartis entre le fond et la distance ABSC_CURV_MAXI,
3. projection du déplacement de chaque lèvre sur ces nœuds,
4. interpolation du saut de déplacement.

Le calcul avec TYPE_MAILLAGE='LIBRE' peut être moins précis que le calcul par défaut.

3.1.4 Opérande NB_NOEUD_COUPE

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

◊ NB_NOEUD_COUPE= / 5, [DEFAUT]
/ n, [I]

Cette opérande n'intervient que si TYPE_MAILLAGE='LIBRE' est renseigné. Elle permet de définir le nombre de nœuds de projection du déplacement des lèvres sur chacune des directions normales. Les nœuds de projection sont équi-répartis entre le fond de fissure et la distance ABSC_CURV_MAXI.

Remarque :

La projection du déplacement des lèvres sur les NB_NOEUD_COUPE points de projection ne prend pas correctement en compte le déplacement des nœuds au quart (éléments de Barsoum). Il est donc recommandé de ne pas utiliser ces éléments si TYPE_MAILLAGE='LIBRE'.

3.2 Cas où l'opérande FISSURE est renseigné

Ce cas correspond à un calcul sur une fissure non maillée, définie pour le calcul puis pour le post-traitement avec l'opérateur DEFI_FISS_XFEM.

3.2.1 Opérande FISSURE

♦ FISSURE = fiss,

Concept de type fiss_xfem, produit par la commande DEFI_FISS_XFEM.

3.2.2 Opérande RESULTAT

♦ RESULTAT = resu,

Concept de type evol_elas ou evol_noli contenant le champ de déplacement sur tout le modèle. Le maillage est déduit de ce concept.

3.2.3 Opérande ABSC_CURV_MAXI

◊ ABSC_CURV_MAXI = dmax [R]

Distance maximum de calcul des facteurs d'intensité des contraintes à partir du fond de fissure. En pratique, la précision des résultats est moins bonne si on se situe très loin du fond de fissure [R7.02.08]. Il est donc conseillé de choisir $dmax$ la plus petite possible (de l'ordre de 4 à 5 éléments. Dans le cas où en un point N du fond de fissure, cette distance est supérieure à la distance du fond de fissure en ce point au bord des lèvres, la valeur des facteurs d'intensité des contraintes au point N sont obtenus par prolongement constant. La valeur retenue est celle du point du fond de fissure le plus proche et pour lequel le calcul a pu être réalisé.

L'opérande ABSC_CURV_MAXI est facultatif. Lorsque cet opérande n'est pas indiqué, la valeur de ABSC_CURV_MAXI automatiquement calculé à partir du maximum h des tailles des mailles connectées aux nœuds du fond de fissure. Ces tailles de mailles en chaque nœud du fond sont calculées dans la commande DEFI_FOND_FISS et sont présentes dans le concept fiss_xfem [D4.10.02]. Il a été choisi de prendre ABSC_CURV_MAXI égal à $5h$.

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

Si on choisit la valeur automatiquement calculée pour ABSC_CURV_MAXI, il convient toutefois de s'assurer que sa valeur (affichée dans le fichier .mess) soit cohérente avec les dimensions de la structure.

3.2.4 Opérande NUME_FOND

```
◊  NUME_FOND  = / 1,          [DEFAUT]
                / numfon,     [I]
```

Plusieurs fonds de fissure peuvent être définis dans une seule structure de données de type fiss_xfem. Cette opérande permet de sélectionner le numéro du fond sur lequel le calcul doit être réalisé. Par défaut, seul le premier fond est considéré.

3.2.5 Opérande NB_NOEUD_COUPE

```
◊  NB_NOEUD_COUPE  = / 5,     [DEFAUT]
                     / n,     [I]
```

Cet opérande permet de définir le nombre de nœuds de projection du déplacement des lèvres sur chacune des directions normales. Les nœuds de projection sont équi-répartis entre le fond de fissure et la distance ABSC_CURV_MAXI.

3.2.6 Opérande NB_POINT_FOND

```
◊  NB_POINT_FOND  = / nbnofo,  [I]
```

Par défaut pour une fissure X-FEM, le calcul se fait sur tous les points du fond de fissure, i.e. tous les points d'intersection entre le fond de fissure et les arêtes du maillage. L'opérande NB_POINT_FOND permet de fixer *a priori* le nombre de points de post-traitement, afin de limiter les temps de calcul. Les nbnofo points sont équi-répartis le long du fond de fissure.

3.3 Opérande MATER

```
◊  MATER  = mat,  [mater]
```

Concept de type matériau contenant les caractéristiques élastiques du matériau fissuré. Si ce mot-clé facultatif est renseigné, le matériau mat remplacera, pendant l'exécution de la commande, le matériau utilisé pour la résolution du problème mécanique et présent dans le cham_mater contenu dans la sd_resultat (donnée sous le mot-clé RESULTAT). Le matériau mat doit être homogène, isotrope et élastique linéaire. Ce matériau doit être **constant** (utilisation obligatoire de DEFI_MATERIAU/ELAS). Le mot clé MATER est à utiliser avec précaution.

3.4 Opérandes INST, LIST_INST, FREQ, LIST_FREQ, TOUT_ORDRE, NUME_ORDRE, LIST_ORDRE, TOUT_MODE, NUME_MODE, LIST_MODE

Cf. [U4.71.00].

3.5 Opérande INFO

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

Niveau de messages dans le fichier message : si INFO vaut 2, on fournit la liste de toutes les valeurs calculées pour tous les nœuds traités.

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

3.6 Opérande TITRE

◊ TITRE = titre,

Titre que l'on veut donner au résultat de la commande.

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

4 Précautions et conseils d'utilisation

4.1 Hypothèses relatives au matériau utilisé pour le calcul des déplacements

Le calcul des facteurs d'intensité des contraintes par extrapolation des sauts de déplacement suppose de connaître les caractéristiques élastiques linéaires du matériau fissuré qui a été utilisé pour la résolution du problème mécanique (calcul du champ de déplacement). En pratique, la commande POST_K1_K2_K3 récupère automatiquement le concept matériau affecté sur un ensemble de mailles voisines du front de fissure (pour une fissure maillée ou pour X-FEM). Le matériau doit être homogène, isotrope et élastique linéaire.

Ce matériau peut être **constant** (utilisation de DEFI_MATERIAU/ELAS) ou **fonction** (utilisation de DEFI_MATERIAU/ELAS_FO). Les seules variables de commandes pouvant être utilisées pour le calcul des facteurs d'intensité des contraintes dans le cas d'un matériau fonction sont **'TEMP'** (température) et **'NEUT1'**. De pus, ces variables doivent nécessairement être affectées (dans AFFE_MATERIAU/AFFE_VARC) à partir de champs nodaux (cham_no).

Dans le cas d'un matériau fonction, les paramètres élastiques sont évalués aux points de calcul du fond de fissure :

- pour une fissure maillée (opérande FOND_FISS renseignée) ces points sont les nœuds du fond de fissure ;
- pour une fissure X-FEM (opérande FISSURE renseignée), ces points sont soit ceux contenus dans l'objet .FONDFISS de la structure de données fiss_xfem, soit ceux s'en déduisant par l'utilisation du mot-clé NB_POINT_FOND.

4.2 Rappel sur les différentes méthodes utilisées pour l'extrapolation des sauts de déplacements [R7.02.08]

En chaque nœud du fond de fissure, on utilise 3 méthodes (variantes) pour déterminer K_I, K_{II} (et K_{III} en 3D).

- Méthode 1 : pour chaque nœud du segment d'interpolation, on calcule le saut du champ de déplacements au carré et on le divise par r. Différentes valeurs de $K1$ (resp. $K2$, $K3$) sont obtenues (à un facteur multiplicatif près) par extrapolation en $r=0$ des segments de droites ainsi obtenus.
- Méthode 2 : on trace le saut du champ de déplacements au carré en fonction de r. Les approximations de $K1$ sont (toujours à un facteur multiplicatif près) égales à la pente des segments reliant l'origine aux différents points de la courbe.
- Méthode 3 : régression linéaire.

En chaque nœud du fond de fissure, chaque méthode fournit une valeur MAX et une valeur MIN. En chaque nœud du fond de fissure, on a donc 6 valeurs pour K_I, 6 valeurs pour K_{II} et 6 valeurs pour K_{III} (pour la méthode 3, les valeurs MIN et MAX coïncident). On note ces valeurs comme suit, l'exposant j correspondant au numéro de la méthode :

- pour K_I (mode I ou mode d'ouverture) : $K_I^{j,MAX}$, $K_I^{j,MIN}$, $j=1,2,3$
- pour K_{II} (mode II ou cisaillement plan) : $K_{II}^{j,MAX}$, $K_{II}^{j,MIN}$, $j=1,2,3$
- et pour K_{III} (mode III ou cisaillement anti-plan) : $K_{III}^{j,MAX}$, $K_{III}^{j,MIN}$, $j=1,2,3$.

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

4.3 Table produite

La commande POST_K1_K2_K3 produit un concept de type table. La table peut être imprimée par IMPR_TABLE [U4.91.03]. Elle contient pour chaque nœud du fond de fissure :

- les valeurs des facteurs d'intensité de contrainte correspondant : K1, K2 (et K3 si 3D)
- la valeur du taux de restitution d'énergie : G
- des estimations de l'erreur sur les facteurs d'intensité de contrainte : ERR_K1, ERR_K2 (et ERR_K3 si 3D).

Les paragraphes suivants détaillent ces grandeurs.

4.3.1 Valeurs des facteurs d'intensité des contraintes

La table produite contient, pour chaque nœud (ou point) du fond de fissure, les valeurs des facteurs d'intensité de contrainte correspondant aux valeurs MAX de la méthode n°1 (voir §4.2) :

$K1$ ($=K_I^{1,MAX}$), $K2$ ($=K_{II}^{1,MAX}$)

En 3D, on a en plus $K3$ ($=K_{III}^{1,MAX}$)

On imprime donc une seule valeur de $K1$, $K2$ (et $K3$ si 3D) par nœud du fond de fissure.

4.3.2 Valeurs du taux de restitution d'énergie

La table produite contient, pour chaque nœud (ou point) du fond de fissure, la valeur du taux de restitution de l'énergie G calculé à partir des facteurs d'intensité des contraintes par la formule d'Irwin.

4.3.3 Estimation de l'erreur commise sur les facteurs d'intensité des contraintes

Afin d'évaluer l'erreur commise sur les facteurs d'intensité des contraintes en chaque nœud du fond, on évalue l'écart entre les 6 valeurs données par les 3 méthodes (voir §4.2). Cela donne un écart absolu concernant $K1$, $K2$ (et $K3$ si 3D). Pour obtenir un écart relatif plus facile à interpréter, on normalise les écarts absolus par une valeur K qui est la valeur maximale de tous les K en ce nœud du fond de fissure.

Plus précisément, l'erreur commise sur $K_i(i=1,2,3)$, i étant le mode de sollicitation de la fissure et j le numéro de la méthode , est définie de la manière suivante :

$$erreur(K_i)=\frac{\underset{j=1,2,3}{max}\,(K_i^{j,MAX}-K_i^{j,MIN})}{K}$$, avec $K=\underset{j=1,2,3}{max}\,(K_I^{j,MAX}, K_{II}^{j,MAX}, K_{III}^{j,MAX})$

Les erreurs sur $K1$, $K2$ (et $K3$ si 3D) sont imprimées dans la table : ERR_K1, ERR_K2 (et ERR_K3 si 3d) pour chaque nœud du fond de fissure.

4.4 Impressions supplémentaires

Si INFO vaut 2, tous les calculs intermédiaires sont affichés dans le fichier message. On signale que la colonne intitulée SAUT_DX (resp. SAUT_DY et SAUT_DZ) dans les tableaux du fichier message correspond au saut de déplacement suivant l'axe $X1$ (respectivement $X2$ et $X3$), multiplié par un coefficient dépendant du matériau, le tout au carré [R7.02.08].

4.5 Précautions et conseils

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

Les hypothèses nécessaires à la validité de cette méthode sont :

1) la fissure doit être suffisamment régulière (soit le fond et les lèvres ne présentent pas de singularité géométrique) ;
2) le comportement doit être élastique, linéaire, isotrope et homogène ;
3) la structure doit être isotherme (ou, a minima, les gradients de température sur les lèvres peuvent être négligés dans la zone d'interpolation).

La méthode utilisée est théoriquement moins précise et plus sensible au maillage que la méthode des déplacements singuliers [R7.02.05]. De manière générale, on peut conseiller de comparer dans les études les résultats de POST_K1_K2_K3 et ceux de CALC_G [U4.82.03], ce qui est un bon indicateur de la qualité du résultat obtenu.

Conseils dans le cas fissure maillée : le maillage doit être de préférence quadratique et comporter suffisamment de nœuds perpendiculairement au fond de fissure. D'autre part, les résultats sont nettement améliorés si, dans le cas où le maillage est composé d'éléments quadratiques, on déplace les nœuds milieux (des arêtes qui touchent le fond de fissure), au quart de ces arêtes en les rapprochant du fond de fissure. Ceci est rendu possible par le mot clé MODI_MAILLE (option 'NOEUD_QUART') de la commande MODI_MAILLAGE [U4.23.04].

Le calcul par interpolation des sauts de déplacement nécessite d'avoir au moins 3 nœuds sur la normale au fond de fissure. Si le nombre de nœuds n'est pas suffisant, une alarme est émise et les lignes correspondantes à ce nœud du fond sont mises à 0 dans le tableau résultat. Le calcul se poursuit ensuite, le cas échéant, pour le nœud suivant du fond de fissure. On peut dans ce cas :

- soit augmenter l'abscisse curviligne maximale ABSC_CURV_MAXI pour aller chercher des nœuds plus éloignés du fond de fissure ;
- soit augmenter le paramètre PREC_VIS_A_VIS (et éventuellement PREC_NORM dans DEFI_FOND_FISS), ce qui revient à être moins exigeant dans la sélection des nœuds pour le calcul.

Conseils dans le cas fissure non maillée : la précision de la méthode est sensible au choix de la zone d'enrichissement de la méthode X-FEM (paramètre RAYON_ENRI de DEFI_FISS_XFEM). Dans l'idéal, le rayon d'enrichissement et l'abscisse curviligne maximale ABSC_CURV_MAXI sont de l'ordre de trois fois la taille de l'arête minimale du maillage.

Les calculs sont possibles sur une fissure non plane, mais l'utilisateur doit veiller à ce qu'elle reste suffisamment régulière pour que les hypothèses de calcul soient valides : il ne faut pas avoir une singularité géométrique sur le fond ou sur les lèvres. Typiquement, le calcul est licite pour une fissure axisymétrique, mais pas pour un coin.

Le calcul par interpolation des sauts de déplacement nécessite d'avoir au moins 3 nœuds sur la normale au fond de fissure. Le nombre de points d'interpolation est normalement égal à NB_NOEUD_COUPE mais peut être inférieur dans un cas :

- si la géométrie du fond et de la structure est telle qu'une partie des points d'interpolation sort de la matière. Il faut dans ce cas réduire ABSC_CURV_MAXI (tout en restant cohérent avec la finesse du maillage) et / ou augmenter NB_NOEUD_COUPE.

Les calculs sont assez consommateurs en temps et en mémoire s'il y a beaucoup de points sur le fond de fissure. L'utilisation du mot clé NB_POINT_FOND permet de limiter le post-traitement à un certain nombre de points équi-répartis le long du fond (par exemple une vingtaine de points est souvent suffisante).

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

5 Exemple 1 : maillage réglé

Fissure circulaire dans un bloc 3D (test SSLV134D).

```
MA    = LIRE_MAILLAGE()
```

LEVINF1, LEVINFS sont les groupes contenant les mailles surfaciques situées sur les lèvres supérieure et inférieure de la fissure. On crée les groupes de nœuds associés :

```
MA = DEFI_GROUP  (   MAILLAGE = MA,
                     CREA_GROUP_NO =_F( GROUP_MA=( ' LEVINF1 ',
                                                   ' LEVINFS ',) )
```

Déplacement des nœuds au quart des arêtes :

```
MA     = MODI_MAILLAGE( MAILLAGE = MA,  reuse = MA,
                        MODI_MAILLE =_F( OPTION          = 'NOEUD_QUART',
                                         GROUP_MA_FOND   = 'LFF1', )
                      )
```

Calcul avec MECA_STATIQUE...

```
FISS = DEFI_FOND_FISS ( MAILLAGE = MA,
                        FOND_FISS = _F  (  GROUP_MA         = 'LFF1',
                                           GROUP_NO_ORIG    = 'NFF1',
                                           GROUP_NO_EXTR = 'NFF2',
                                        ),
                        LEVRE_SUP    = _F ( GROUP_MA = 'LEVINFS' ),
                        LEVRE_INF    = _F ( GROUP_MA = 'LEVINF1' ),
                        DTAN_ORIG    =    (  1. , 0. , 0. ),
                        DTAN_EXTR    =    (  0. , 1. ,0. )
                        PREC_NORM    = 0.1,
                      )

TABK1K3 = POST_K1_K2_K3 (  INFO=2,
                           FOND_FISS        = FISS,
                           RESULTAT         = RESU1,
                           ABSC_CURV_MAXI   = 0.539,
                           PREC_VIS_A_VIS   = 0.1,
                         )
```


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

6 Exemple 2 : maillage libre

En 3D, si le maillage n'est pas réglé en fond de fissure, il peut ne pas y avoir suffisamment de nœuds sur des directions normales au fond pour l'interpolation. Dans ce cas, on doit utiliser l'option TYPE_MAILLAGE='LIBRE'.

Avec cette option, le principe de calcul est le suivant

[1] détermination des directions normales au fond de fissure pour chaque nœud du fond,

[2] définition sur chacune de ces directions de NB_NOEUD_COUPE points, équi-répartis entre le fond et la distance ABSC_CURV_MAXI,

[3] projection du déplacement de chaque lèvre sur ces nœuds et interpolation du saut de déplacement.

L'option TYPE_MAILLAGE='LIBRE' n'est pas disponible en 2D. Le seul cas où cela pourrait servir est le cas des nœuds non coïncidents entre les deux lèvres.

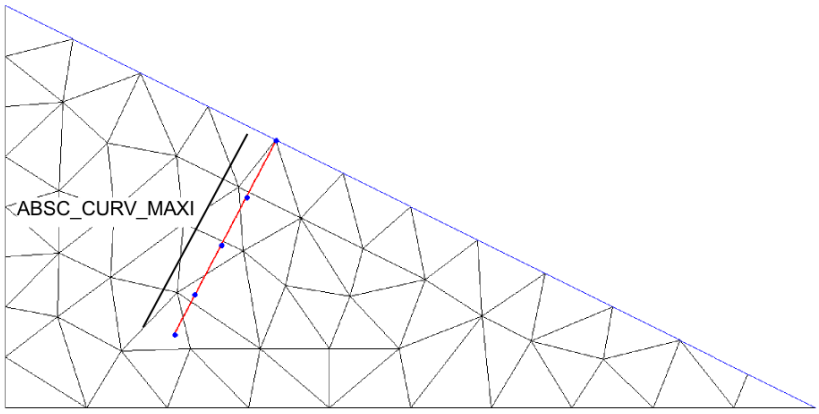


Figure 6a: Maillage libre des lèvres de la fissure – Définition des points de projection

```
TABK = POST_K1_K2_K3 ( INFO=2,
                       TYPE_MAILLAGE    = 'LIBRE',
                       FOND_FISS        = FISS,
                       RESULTAT         = RESU_MECA,
                       ABSC_CURV_MAXI   = 0.539,
                       NB_NOEUD_COUPE   = 5,
                     )
```


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