Opérateur DEFI_FOND_FISS

1 But

Définir les éléments géométriques relatifs à une fissure, notamment le fond de fissure et les lèvres supérieure et inférieure de cette fissure, dans un maillage 2D ou 3D.

La définition du fond de la fissure peut se faire à partir d'entités (nœuds ou mailles) ou à partir de groupes d'entités. Les nœuds peuvent être ordonnés dans le sens des abscisses curvilignes croissantes. Si ce n'est pas le cas et si le fond de fissure est donné par une liste de mailles ou de groupes de mailles, l'opérateur ordonnera les nœuds moyennant la définition d'un nœud origine.

Deux configurations initiales des lèvres supérieure et inférieure sont prises en compte pour la définition de la direction de propagation et des lèvres.

Cet opérateur crée un concept de type `fond_fiss` qui est utilisable par les opérateurs `CALC_G` [U4.82.03] et `POST_K1_K2_K3` [U4.82.05].

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

2 Syntaxe

```
ff [fond_fiss] = DEFI_FOND_FISS   (

♦  MAILLAGE = ma,                                              [maillage]
◊  INFO         =  /  1,                                       [DEFAUT]
                   /  2,

# Pour la définition d'un fond de fissure
♦  /  FOND_FISS = _F(

   # On définit un type de fond

   ◊  TYPE_FOND       =  /  'OUVERT',                          [DEFAUT]
                         /  'FERME',
```

En 2D : on définit un groupe contenant un unique nœud

```
    ♦ /  GROUP_NO  =  lgrno,                                   [gr_noeud]
```

En 3D : on définit une liste de mailles dont les nœuds peuvent être déjà ordonnés ou non

```
      /  GROUP_MA  =  lgrma,                                   [l_gr_maille]
```

Dans ce dernier cas il faut alors définir une origine des abscisses

```
    ◊ /  NOEUD_ORIG   = no   ,                                 [l_noeud]
      /  GROUP_NO_ORIG= grno,                                  [l_gr_noeud]
```

Dans le cas où GROUP_MA est défini et si le fond n'est pas fermé, on peut alors définir une extrémité des abscisses

```
    ◊ GROUP_NO_EXTR= grno,                                     [l_gr_noeud]
```

Dans le cas où GROUP_MA est défini et si le fond est fermé, on peut alors définir une extrémité des abscisses

```
    ◊ GROUP_MA_ORIG=  grma,                                    [l_gr_maille]


   ◊  /  DTAN_ORIG       =  (Tox, Toy, Toz),                   [l_R]
         DTAN_EXTR       =  (Tex, Tey, Tez),                   [l_R]
       /  VECT_GRNO_ORIG  =  lgrno,                            [l_gr_noeud]
         VECT_GRNO_EXTR  =  lgrno,                             [l_gr_noeud]
                    ),

# Pour la définition de la configuration initiale des lèvres
◊  /  CONFIG_INIT = /  'COLLEE',                               [DEFAUT]
                    /  'DECOLLEE',
```

Symétrie de la structure

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

Si la configuration initiale est COLLEE : définition des lèvres de la fissure

```
♦  LEVRE_SUP = _F(
   ♦  GROUP_MA  =  lgrma,                                  [l_gr_maille]
               ),
```

Si la structure n'est pas symétrique, il faut définir la lèvre inférieure

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

♦ LEVRE_INF = _F(
♦ GROUP_MA = lgrma, [l_gr_maille]

Si la configuration initiale est DECOLLEE : définition de la normale
♦ NORMALE = (Nx, Ny, Nz) [l_R]

◊ PREC_NORM = / 1.E-1, [DEFAUT]
/ epsi, [R]

)

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

3 Opérandes

3.1 Opérande MAILLAGE

♦ MAILLAGE = ma

Nom du maillage sur lequel on va définir le fond de fissure et les lèvres.

3.2 Description du fond de fissure

Le fond de fissure est défini par l'ensemble des nœuds ordonnés du fond de fissure. Si aucun des mots clés NOEUD_ORIG ou GROUP_NO_ORIG n'est défini, l'ordre de déclaration de ces nœuds, par l'intermédiaire de liste de nœuds ou de mailles segments, définira le sens de parcours de l'abscisse curviligne du fond de fissure. Charge est ainsi laissée à l'utilisateur de composer une liste ordonnée, au sens de la connectivité du maillage, par abscisse curviligne croissante.
Il est également possible de fournir une liste de mailles segments sans se soucier de l'ordre. La donnée d'un nœud origine, pourvu qu'il corresponde bien à une extrémité du chemin défini par les mailles segments, permet alors d'ordonner la liste de nœuds.

Par ailleurs, en 3D, pour un nœud courant du fond de fissure, la direction de propagation est définie comme étant la moyenne des normales aux mailles segments du fond de fissure à sa gauche et à sa droite. Pour les nœuds extrémités, la normale est calculée à partir d'une seule maille, et peut donc être moins précise.
Le code prévoit donc une correction de cette normale en prenant en compte les bords de la structure. Toutefois, les mots clés DTAN_ORIG et DTAN_EXTR, facultatifs, permettent à l'utilisateur d'imposer directement les directions de propagation à l'origine et à l'extrémité du fond.
Afin de déterminer le sens du vecteur de direction de propagation lorsque la structure est symétrique et lorsque les mailles de la lèvre supérieure ne sont pas définies avec LEVRE_SUP (§3.3.3), le mot-clé DTAN_ORIG est alors obligatoire.
Les mots-clés DTAN_ORIG et DTAN_EXTR n'ont aucun sens dans le cas d'un fond fermé et sont alors interdits. En effet, tout nœud possède alors une maille segment à sa gauche et à sa droite ; rien ne distingue le nœud origine et la direction de propagation en ce point d'un nœud courant du fond de fissure.

```
 ◊ /   DTAN_ORIG        =   (Tox , Toy , Toz),         [l_R]
       DTAN_EXTR        =   (Tex , Tey , Tez),         [l_R]
     / VECT_GRNO_ORIG   =   lgrno  ,                   [l_gr_noeud]
VECT_GRNO_EXTR   =   lgrno  ,                  [l_gr_noeud]
```

3.2.1 Mot clé facteur FOND_FISS

3.2.1.1 Mot-clé TYPE_FOND

Il y a deux possibilités pour définir le fond de fissure :
1) Si le fond de fissure est défini par une courbe ouverte (par opposition au fond défini par courbe fermée), on renseigne TYPE_FOND = 'OUVERT'. Cette valeur est la valeur par défaut.
2) Si le fond de fissure est défini par une courbe fermée, on renseigne TYPE_FOND = 'FERME'.

3.2.1.2 Mot-clé GROUP_NO

/ ♦ GROUP_NO = grno

Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 2D.

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

On attend un groupe contenant un unique nœud correspondant au fond de fissure.
Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 2D.

3.2.1.3 Mot-clé GROUP_MA

/ ♦ GROUP_MA = lgrma

Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.
Liste de groupes de mailles de type SEG2 ou SEG3, ordonnées ou non par rapport au fond de fissure.

3.2.1.4 Mot-clé GROUP_NO_ORIG

/ GROUP_NO_ORIG = grno

Groupe de nœud unique, contenant un nœud unique. Pour être une extrémité du chemin définissant le fond de fissure, il doit appartenir à une et une seule maille de lgrma. Ce mot-clé ne peut être défini que si GROUP_MA est défini. Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.

3.2.1.5 Mot-clé GROUP_NO_EXTR

/ GROUP_NO_EXTR = grno

Groupe de nœud unique, contenant un nœud unique. Cette donnée est facultative et ne sert qu'à vérifier que le nœud extrémité obtenu par l'opérateur est bien celui auquel pense l'utilisateur. Le code s'arrêtera en erreur si ce n'est pas le cas. Ce mot-clé ne peut être défini que si GROUP_NO_ORIG est défini. Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.

3.2.1.6 Opérande DTAN_ORIG

◊ / DTAN_ORIG = vecteur (Tox , Toy , Toz)

Direction T_{or} à l'origine du fond de fissure orientée dans le sens de la propagation de la fissure.

3.2.1.7 Opérande VECT_GRNO_ORIG

/ VECT_GRNO_ORIG = lgrno avec lgrno liste de deux groupes de nœuds contenant chacun un seul nœud.

Direction T_{or} déduite de la donnée de deux nœuds.

3.2.1.8 Opérande DTAN_EXTR

/ DTAN_EXTR = vecteur (Tex , Tey , Tez)

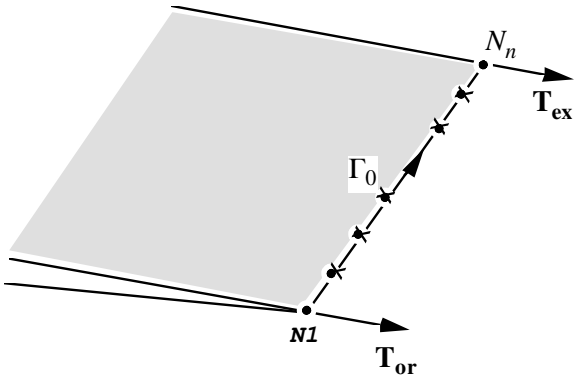
Direction T_{ex} à l'extrémité du fond de fissure dans le sens de la propagation de la fissure.

3.2.1.9 Opérande VECT_GRNO_EXTR

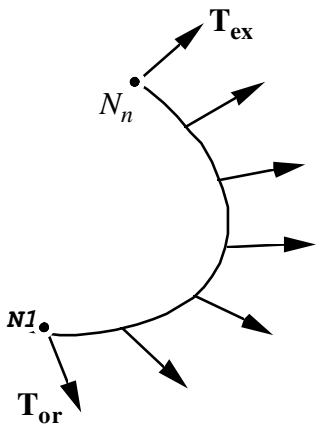
/ VECT_GRNO_EXTR = lgrno avec lgrno liste de deux groupes de nœuds contenant chacun un seul nœud.

Direction T_{ex} déduite de la donnée de deux nœuds.

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



Exemple 1 : cas d'une fissure plane rectiligne :



Exemple 2 : cas d'une fissure plane courbe :

Remarque :

T_{or} et T_{ex} sont normés automatiquement.

3.3 Description des lèvres

Deux configurations initiales sont traitées:

1) si les lèvres sont collées
2) si les lèvres sont décollées

Dans le cas de lèvres collées, on distingue deux cas :

- si le maillage est complet alors l'algorithme nécessite la définition des lèvres supérieure et inférieure.
- si le maillage est à compléter par symétrie par rapport au plan moyen des lèvres alors l'algorithme nécessite la seule définition de la lèvre supérieure.

La direction de propagation de la fissure et la normale au plan de la fissure sont calculées pour chaque nœud du fond de fissure.

Dans le cas de lèvres décollées, il est nécessaire de donner la normale au plan de la fissure à l'aide de l'opérande NORMALE (2D et 3D pour les fissures planes uniquement).

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

Pour une utilisation postérieure dans POST_K1_K2_K3 (mot clé FOND_FISS), la connaissance des mailles des lèvres est indispensable. Celles-ci sont calculées dans le cas de lèvres collées mais pas dans le cas de lèvres décollées (on utilisera alors CALC_G).

Pour les fissures 3D non planes, la direction de propagation de la fissure en tout point du fond de fissure est construite dans cet opérateur et est utilisée par l'opérateur CALC_G [U4.82.03].
Actuellement, les calculs de mécanique de la rupture par CALC_G, POST_K1_K2_K3 ou autre ne sont pas possibles pour des défauts 3D non plans et dont les lèvres sont décollées.

3.3.1 Mot clé CONFIG_INIT

La configuration initiale est celle décrite par le maillage. Les lèvres sont :
1. collées si l'angle entre les 2 lèvres est inférieur ou égal à 5° ;
2. décollées dans le cas contraire.

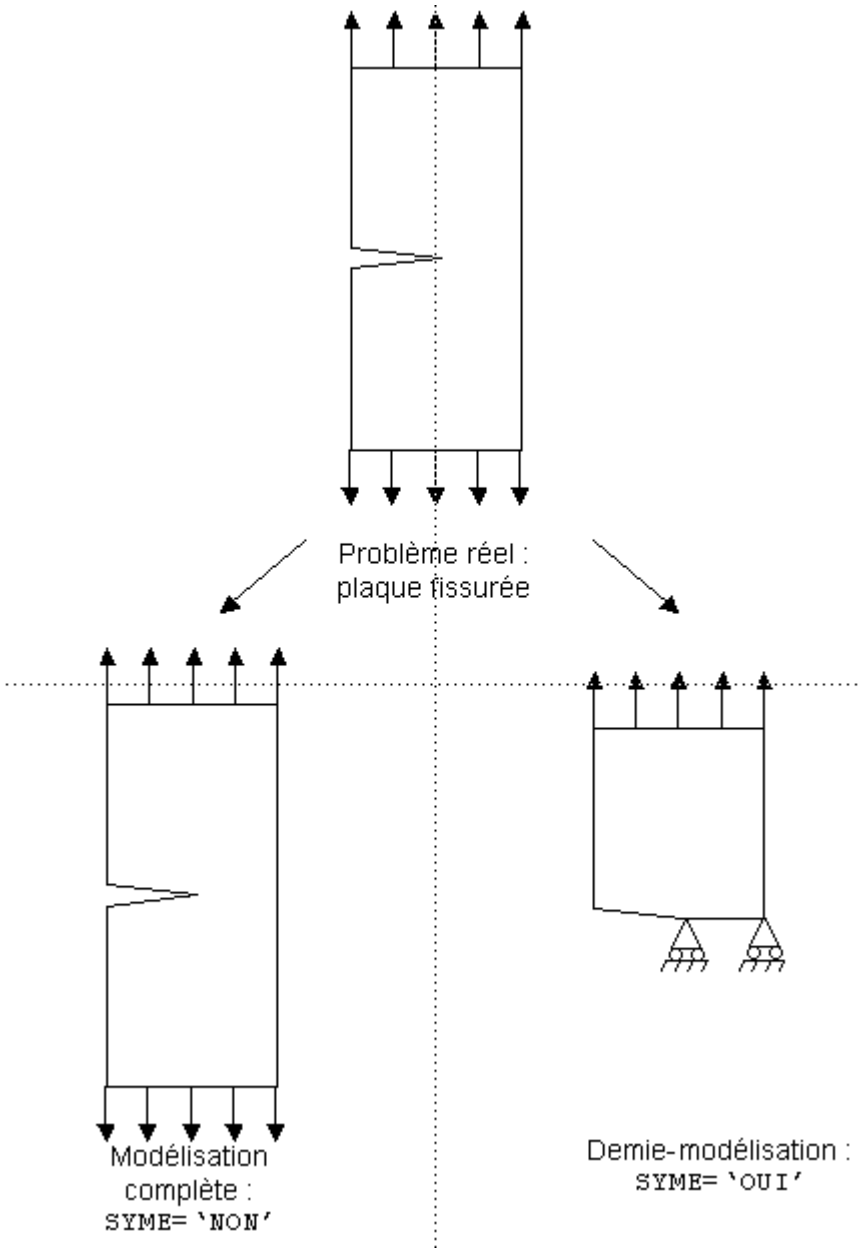
Remarque : Le calcul des facteurs d'intensité des contraintes avec l'opérateur POST_K1_K2_K3 [U4.82.05] *, ou avec l'option* 'CALC_K_G' *de l'opérateur* CALC_G [U4.82.03] *, ne peut être réalisé que si* CONFIG_INIT='COLLEE' *.*

3.3.2 Mot clé SYME

Ce mot clé permet de préciser si la modélisation utilisée tient compte d'une symétrie de la structure par rapport aux plan moyen des lèvres de la fissure (voir Figure 3.1). Si SYME = 'OUI' , la valeur du taux de restitution d'énergie G(s) et celles des facteurs d'intensité des contraintes correspondantes au mode de symétrie seront automatiquement multipliées par 2 et celle de G_Irwin par 4 (voir [U4.82.03] pour CALC_G et [U4.82.05] pour POST_K1_K2_K3).

Si SYME = 'OUI' et CONFIG_INIT='COLLEE', il faut alors soit définir la lèvre supérieure de la fissure (LEVRE_SUP, §3.3.3) soit donner la direction de propagation au point origine (DTAN_ORIG, §3.2.1.6), afin de savoir de quel coté du fond la fissure se situe.

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



3.3.3 Mot clé LEVRE_SUP

◊ LEVRE_SUP =

Définit l'ensemble des faces des éléments qui s'appuient sur la lèvre supérieure de la fissure. L'ensemble de ces faces est précisé par les opérandes :

GROUP_MA = lgrma liste de groupes de mailles.

Les mailles sont donc surfaciques si le modèle est 3D et linéiques si le modèle est 2D.

3.3.4 Mot clé LEVRE_INF

◊ LEVRE_INF =

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

Définit l'ensemble des faces des éléments 3D qui s'appuient sur la lèvre inférieure de la fissure. Dans le cas où la fissure est sur un plan de symétrie, ce mot clé ne doit pas être renseigné.

L'ensemble de ces faces est précisé par les opérandes :

/ GROUP_MA = lgrma liste de groupes de mailles.

Les mailles sont donc surfaciques si le modèle est 3D et linéiques si le modèle est 2D.

3.3.5 Opérande NORMALE

Cet opérateur n'est à définir que dans le cas d'une fissure aux lèvres décollées. Cela concerne les cas de défaut ouvert ou d'entaille.
Le mot clé NORMALE sert à préciser le vecteur normal au plan de ces lèvres, donc à la fissure elle-même. Ce vecteur est utilisé en tout point du fond de fissure pour déterminer la direction de propagation et suppose donc que la fissure soit plane. La normale n'est alors pas la normale aux lèvres, mais au plan de propagation (plan de symétrie).

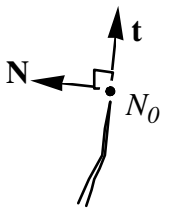
/ ♦ NORMALE = (Nx, Ny, Nz)

Le mot clé NORMALE permet d'introduire les composantes Nx, Ny, Nz dans le repère global d'une normale N au plan de la fissure avec la convention de sens suivante :

- En 3D, $n=\Gamma_0 \wedge N$, où n est la normale extérieure à la fissure dans le plan des lèvres, Γ_0 est le fond de fissure orienté (défini par le mot clé FOND_FISS),
- en 2D, la normale N est définie telle que le repère (N_0, t, N) soit direct, avec :

  N_0 le nœud du fond de fissure,

  t la direction de propagation de la fissure.



Dans tous les cas, N est normé automatiquement. Il faut donner les trois composantes du vecteur même en 2D.

3.4 Opérande PREC_NORM

Cette opérande n'est utile que dans le cas 3D pour une fissure définie à partir de ses lèvres (mots-clé LEVRE_SUP et LEVRE_INF), avant un calcul avec POST_K1_K2_K3 [U4.82.05].

Le paramètre PREC_NORM définit la précision utilisée dans la recherche des nœuds des lèvres qui sont sur des directions normales au fond de fissure : pour l'interpolation des sauts de déplacement, on utilise en effet les nœuds dont la distance *d* à la droite normale au fond et passant par un nœud de ce fond vérifie :

$$d < \text{PREC_NORM} \, . \, l_f$$

où l_f est la distance minimale entre deux nœuds successifs du fond de fissure. Augmenter la valeur de PREC_NORM revient à augmenter le nombre de nœuds potentiellement retenus pour le calcul de K dans POST_K1_K2_K3.

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

4 Phase de vérifications

A l'exécution :

- vérification de l'appartenance des entités (nœuds et mailles) au maillage,
- vérification que le fond de fissure défini par la donnée d'une liste de maille constitue bien un chemin connexe,
- vérification que le NOEUD_ORIG appartient bien à une des mailles et qu'il est bien une des deux extrémités du chemin défini par ces mailles,
- dans le cas d'une fissure plane où le mot clé NORMALE a été utilisé, on vérifie l'orthogonalité de cette normale avec les 2 vecteurs tangents donnés par les opérandes DTAN_ORIG et DTAN_EXTR,
- si les lèvres sont définies par leur groupe de mailles, on vérifie que les mailles surfaciques des deux lèvres sont bien distinctes et que les nœuds du fond de fissure appartiennent bien à au moins une maille des lèvres.

Dans la structure de données produites par l'opérateur sont stockées : la liste des nœuds du fond de fissure, la liste des mailles des lèvres, si définies les tangentes aux extrémités, si définie la normale au plan de la fissure, et -si LEVRE_SUP / LEVRE_INF sont utilisés- la liste des nœuds des lèvres appartenant aux normales au fond de fissure passant par chacun des nœuds du fond.

5 Exemples

5.1 Fissure entière définie par différents types d'entités en 3D

Le fond de fissure est défini par une liste de groupes de nœuds, la lèvre supérieure par une liste de mailles, la lèvre inférieure par une liste de groupes de mailles.

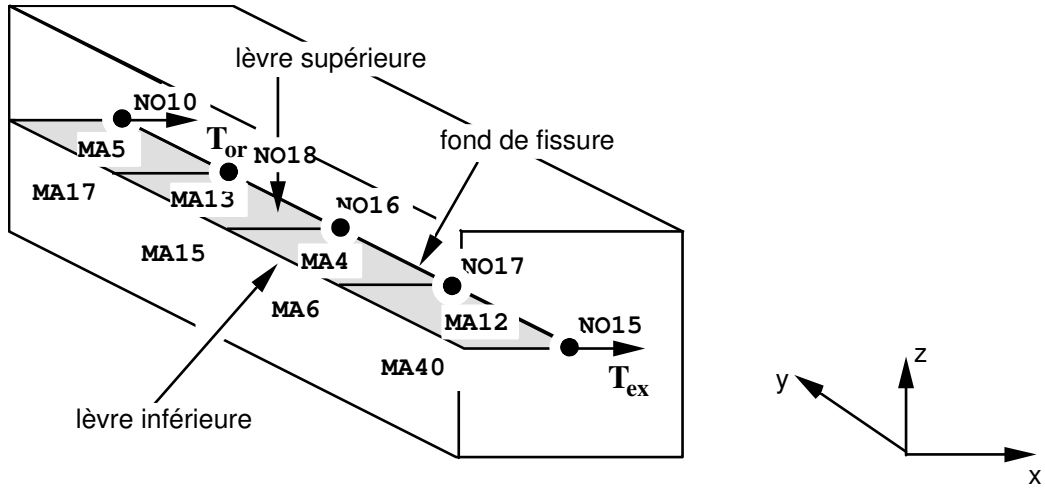
```
Fiss1 = DEFI_FOND_FISS( MAILLAGE = ma,
             FOND_FISS =  _F (GROUP_NO = ('GRN1','GRN2','GRN3'),
                              DTAN_ORIG =   ( 1.,0.,0.),
                              DTAN_EXTR =   ( 1.,0.,0.),),
             LEVRE_SUP =  _F (GROUP_MA =('GM123'),),
             LEVRE_INF =  _F (GROUP_MA = ( 'GRM1' , 'GRM2' ),),
                              )
```

avec les groupes suivants définis dans le maillage ma :

```
GRN1 : {N010  N018}        GRN2 : {N018  N016  N017}
GRN3 : {N017  N015}
 GRM123 : {MA5, MA13, MA4, MA12}
GRM1 : {MA17  MA15  MA6}   GRM2 : {MA40}
```

Le fond de fissure est ici constitué des nœuds N010, N018, N016, N017, N015 de façon ordonnée.

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



5.2 Utilisation de l'opérande NORMALE (fissure plane en 3D)

```
fiss = DEFI_FOND_FISS  (  MAILLAGE         =  ma,
                          FOND_FISS =_F(GROUP_NO='GNOF',
                                        DTAN_ORIG =  ( 1.,0.,0.),
                                        DTAN_EXTR =  ( 1., 0.,0.),),
                          CONFIG_INIT='DECOLLEE',
                          NORMALE          =  ( 0.,0.,-1.),
                       )
```

On définit la normale N au plan de la fissure.

La direction n de la normale au fond de fissure dans le plan des lèvres de la fissure est déterminée par $n=\Gamma_0 \wedge N$.

avec GRNOF : {NO1, NO2, NO3}

5.3

5.4 Fissure en 2D

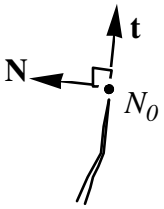
Le fond de fissure est défini par le nœud N10 du maillage ma. Les groupes des mailles des lèvres sont notés respectivement GMSUP et GMINF. La fissure peut être définie soit à partir de la normale :

```
fiss = DEFI_FOND_FISS  (  MAILLAGE  =  ma,
                           FOND_FISS   =  _F(GROUP_NO = 'N10'),
                          CONFIG_INIT = 'DECOLLEE',
                          NORMALE   =  (-1.,1.,0.),
                       )
```

soit à partir des mailles des lèvres :

```
fiss = DEFI_FOND_FISS  (  MAILLAGE  =  ma,
                          FOND_FISS =  _F( GROUP_NO = 'N10'),
                          LEVRE_SUP =  'GMSUP',
                          LEVRE_INF =  'GMINF',
                       )
```


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



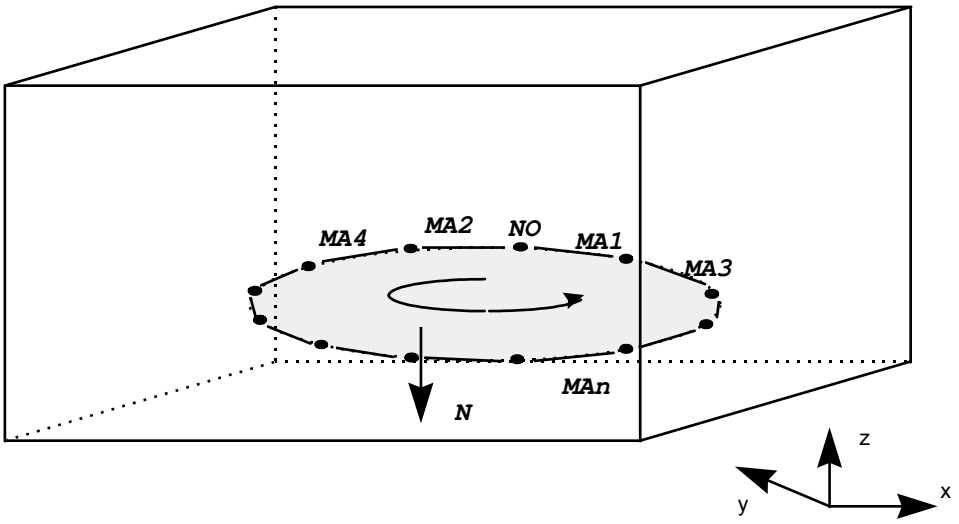
5.5 Fond de fissure fermé avec ordonnancement des noeuds

```
fiss = DEFI_FOND_FISS( MAILLAGE    =ma,
                       FOND_FISS=_F(TYPE_FOND='FERME',
                                    GROUP_MA='GMA',
                                    GROUP_NO_ORIG =   'NO',
                                    GROUP_MA_ORIG =   'GMA2'    ),
                       CONFIG_INIT = 'DECOLLEE',
                       NORMALE       =  ( 0.,0.,-1.),
                          )
```

avec GMA : {MA1, MA2, MA3, …}, GMA2 : {MA2}

On définit la normale N au plan de la fissure. La direction n de la normale au fond de fissure dans le plan des lèvres de la fissure est déterminée par $n=\Gamma_0 \wedge N$.

L'ordre de déclaration des mailles dans la liste n'a aucune importance. L'opérateur vérifie que le nœud NO appartient bien à la maille MA2 et que l'ensemble des mailles segments fournies forme bien une courbe connexe fermée. L'ordre des nœuds dans le concept produit sera celui donné par la flèche du dessin ci-dessous, partant de NO.



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