
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 prise 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_THETA` [U4.82.02], `CALC_G` [U4.82.03] et `POST_K1_K2_K3` [U4.82.05].

2 Syntaxe

```
ff [fond_fiss] = DEFI_FOND_FISS (

♦   MAILLAGE = ma ,                                     [maillage]
◇   INFO      = / 1 ,                                  [DEFAULT]
                   / 2 ,

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

# On définit un type de fond

◇   TYPE_FOND      = / 'OUVERT',                       [DEFAULT]
                   / 'FERME',
                   / 'INF',
                   / 'SUP',

# Soit on définit une liste de nœuds déjà ordonnés

♦   / GROUP_NO     = lgrno,                             [l_gr_noeud]
    / NOEUD        = lno ,                               [l_noeud]

# Soit on définit une liste de mailles dont les nœuds peuvent être déjà ordonnés ou non

♦   / GROUP_MA     = lgrma,                             [l_gr_maille]
    / MAILLE       = lma ,                               [l_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 ou GROUP_MA ou MAILLE est défini et si le fond n'est pas fermé, on peut alors
# définir une extrémité des abscisses
◇   / NOEUD_EXTR   = no ,                               [l_noeud]
    / GROUP_NO_EXTR= grno,                              [l_gr_noeud]

# Dans le cas ou GROUP_MA ou MAILLE est défini et si le fond est fermé, on peut alors définir
# une extrémité des abscisses
◇   / MAILLE_ORIG  = ma ,                               [l_maille]
    / 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',                         [DEFAULT]
                   / 'DECOLLEE',

# Symétrie de la structure
◇   / SYME         = / 'NON',                             [DEFAULT]
                   / 'OUI',

# Définition de la lèvres supérieure
◇   LEVRE_SUP     = _F(
```

```
♦ / GROUP_MA = lgrma, [l_gr_maille]
  / MAILLE = lma, [l_maille]
  ),

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

♦ LEVRE_INF = _F(
  ♦ / GROUP_MA = lgrma, [l_gr_maille]
    / MAILLE = lma, [l_maille]

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

◇ PREC_NORM = / 1.E-1, [DEFAULT]
  / epsi, [R]

)
```

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 trois 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. Il s'agit alors de renseigner TYPE_FOND = 'OUVERT'. Cette valeur est la valeur par défaut.
- 2) Si le fond de fissure est défini par une courbe fermée. Il s'agit alors de renseigner TYPE_FOND = 'FERME'.
- 3) Si le fond de fissure est défini par deux entités coïncidentes géométriquement (en 2D et en 3D). Il s'agit alors de définir deux types de fond TYPE_FOND = 'INF' et TYPE_FOND = 'SUP'.

3.2.1.2 Mot-clé GROUP_NO

/ ♦ / GROUP_NO = lgrno

Liste de groupes de nœuds limitée à 1 obligatoirement ordonnés par rapport au fond de fissure. Dans le cas d'un fond fermé, le premier nœud doit être aussi le dernier nœud du groupe.

3.2.1.3 Mot-clé NOEUD

/ NOEUD = lno

Liste de nœuds obligatoirement ordonnés par rapport au fond de fissure. Dans le cas d'un fond fermé, le premier nœud doit être aussi le dernier nœud de la liste de nœuds.

3.2.1.4 Mot-clé GROUP_MA

/ ♦ / GROUP_MA = lgrma

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

3.2.1.5 Mot-clé MAILLE

/ MAILLE = lma

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

3.2.1.6 Mot-clé NOEUD_ORIG

♦ / ♦ / NOEUD_ORIG = no

Nœud unique définissant l'origine. Pour être une extrémité du chemin définissant le fond de fissure, il doit appartenir à une et une seule maille de lgrma ou lma. Ce mot-clé ne peut être défini que si MAILLE ou GROUP_MA est défini. Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.

3.2.1.7 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 ou lma. Ce mot-clé ne peut être défini que si MAILLE ou GROUP_MA est défini. Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.

3.2.1.8 Mot-clé NOEUD_EXTR

♦ / NOEUD_EXTR = no

Nœud unique définissant l'extrémité. 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 NOEUD_ORIG ou GROUP_NO_ORIG est défini. Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.

3.2.1.9 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 NOEUD_ORIG ou GROUP_NO_ORIG est défini. Ce mot-clé ne peut être utilisé qu'en 3D.

3.2.1.10 Opérande DTAN_ORIG

◇ / DTAN_ORIG = vecteur (T_{ox} , T_{oy} , T_{oz})

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

3.2.1.11 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.

3.2.1.12 Opérande DTAN_EXTR

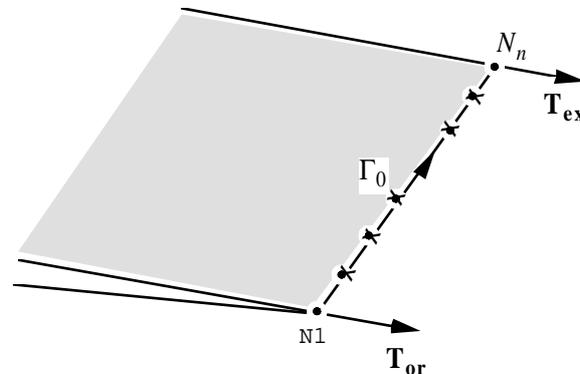
/ DTAN_EXTR = vecteur (T_{ex} , T_{ey} , T_{ez})

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

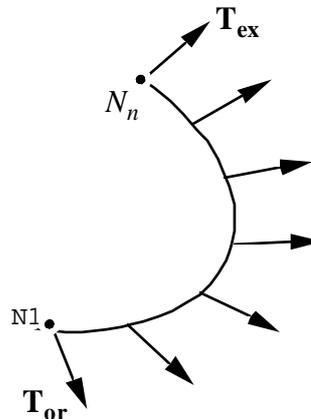
3.2.1.13 Opérande VECT_GRNO_EXTR

/ 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.



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 identifie les mailles connectées au fond de fissure et aux lèvres.
- si le maillage est à compléter par symétrie par rapport au plan moyen des lèvres alors l'algorithme nécessite la définition des lèvres supérieure.

La direction de propagation de la fissure et la normale au plan de la fissure est calculée 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).

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 les opérateurs `CALC_THETA` [U4.82.02] et `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 les options '`CALC_K_G`' ou '`CALC_K_MAX`' 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 au plan moyen des lèvres de la fissure (voir Figure 3.1). Si `SYME = 'OUI'`, le résultat sera automatiquement multiplié par 2.

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`, §3.2.1.10), afin de savoir de quel côté du fond la fissure se situe.

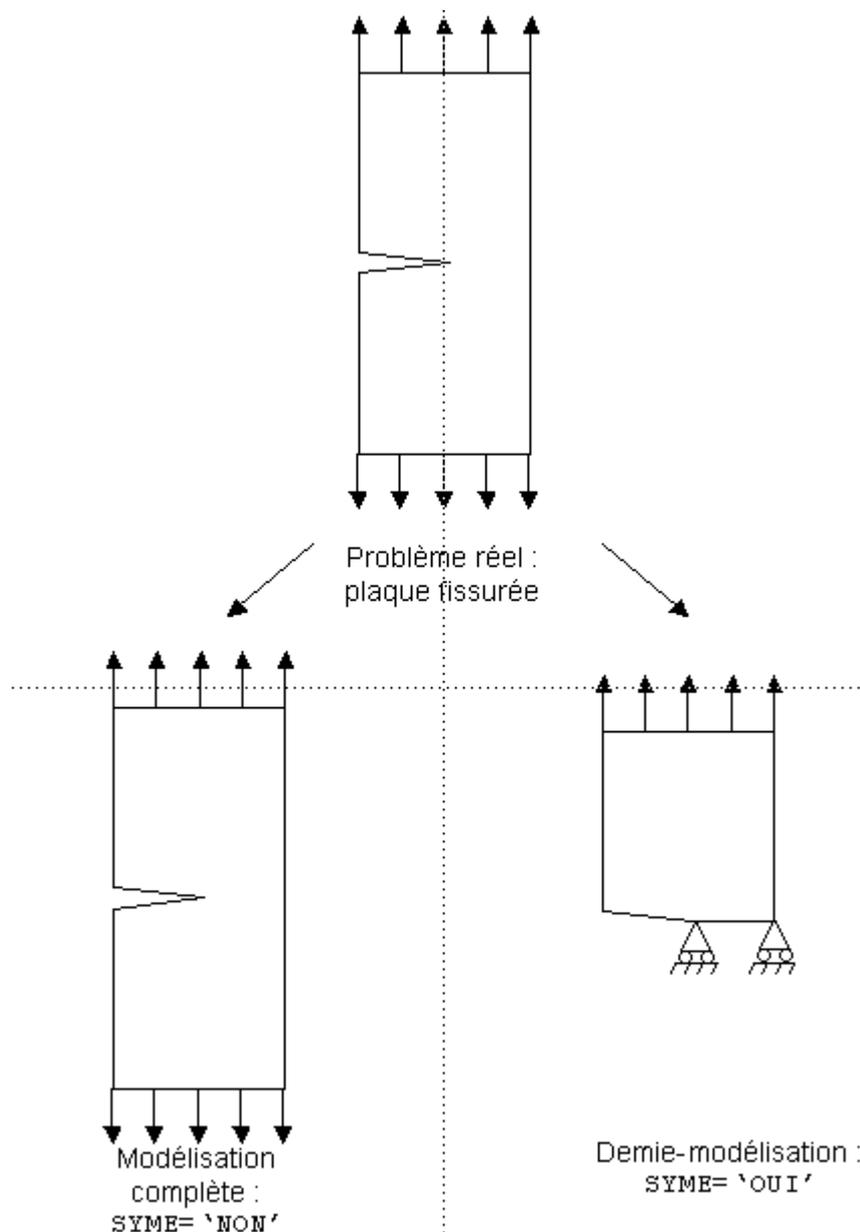


Figure 3.1 : Définition de la symétrie.

3.3.3 Mot clé LEVRE_SUP

◇ LEVRE_SUP =

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

/ GROUP_MA = lgrma liste de groupes de mailles.
/ MAILLE = lma liste 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 =

Définit l'ensemble des faces des éléments 3D qui s'appuient sur la lèvres 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.
/ MAILLE = lma liste 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).

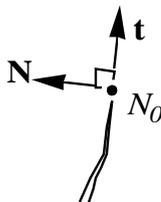
/ ◆ `NORMALE` = (N_x , N_y , N_z)

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

- En 3D, $\mathbf{n} = \Gamma_0 \wedge N$, où \mathbf{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, \mathbf{t}, N) soit direct, avec :

N_0 le nœud du fond de fissure,

\mathbf{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 :

$$d < \text{PREC_NORM} \cdot l_f$$

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`.

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

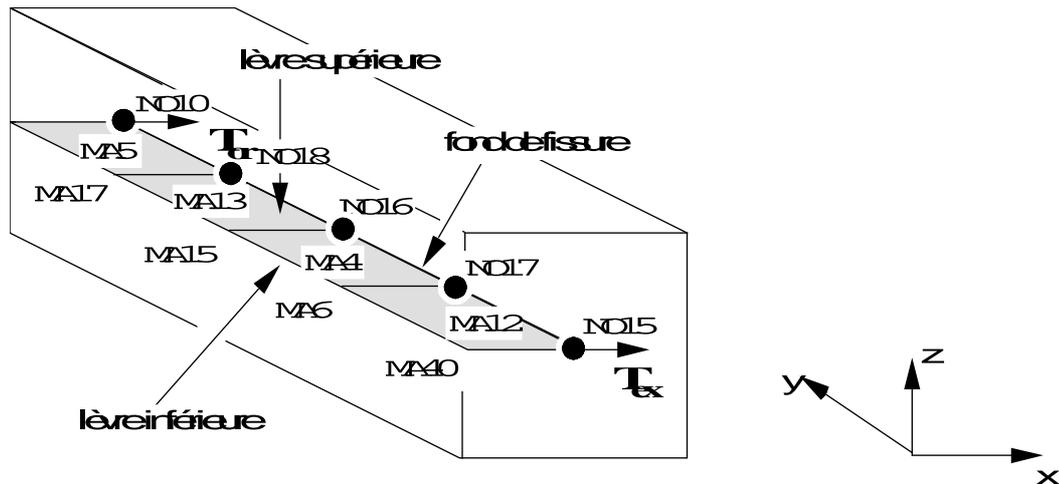
Le fond de fissure est défini par une liste de groupes de nœuds, la lèvre supérieure par une liste de mailles, la lèvre inférieure par une liste de groupes de mailles.

```
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 (MAILLE = ('MA5', 'MA13', 'MA4', 'MA12')),  
    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}  
GRM1 : {MA17 MA15 MA6}    GRM2 : {MA40}
```

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

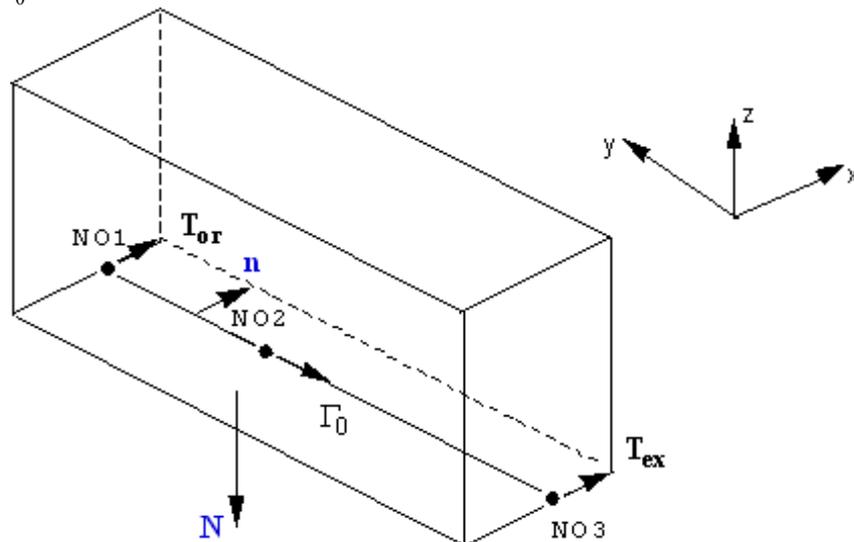


5.2 Utilisation de l'opérateur NORMALE (fissure plane en 3D)

```
fiss = DEFI_FOND_FISS (  MAILLAGE           = ma,
                          FOND_FISS = _F(NOEUD=('NO1', 'NO2', 'NO3'),
                                           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 \mathbf{n} de la normale au fond de fissure dans le plan des lèvres de la fissure est déterminée par $\mathbf{n} = \Gamma_0 \wedge N$.



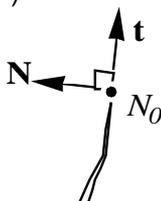
5.3 Fissure en 2D

Le fond de fissure est défini par le nœud N_{10} 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(NOEUD = 'N10'),  
                        CONFIG_INIT = 'DECOLLEE',  
                        NORMALE    = (-1.,1.,0.),  
                        )
```

soit à partir des mailles des lèvres :

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

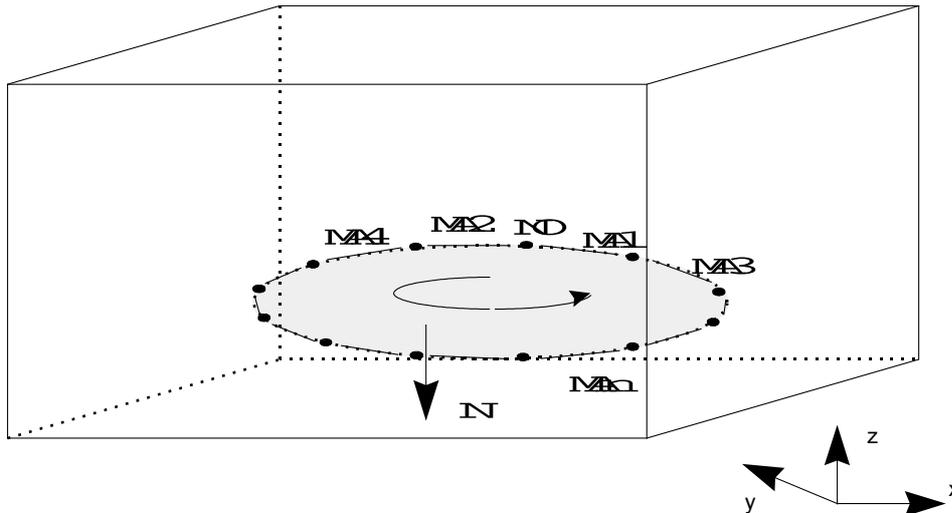


5.4 Fond de fissure fermé avec ordonnancement des noeuds

```
fiss = DEFI_FOND_FISS( MAILLAGE      =ma,  
                       FOND_FISS=_F(TYPE_FOND='FERME',  
                                     MAILLE=('MA3','MA1','MA2'...),  
                                     GROUP_NO_ORIG = 'NO',  
                                     MAILLE_ORIG  = 'MA2'      ),  
                       CONFIG_INIT = 'DECOLLEE',  
                       NORMALE     = ( 0.,0.,-1.),  
                       )
```

On définit la normale \mathbf{N} au plan de la fissure. La direction \mathbf{n} de la normale au fond de fissure dans le plan des lèvres de la fissure est déterminée par $\mathbf{n} = \mathbf{T}_0 \wedge \mathbf{N}$.

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 .



5.5 Fond de fissure défini par deux groupes de nœuds coïncidents

Le fond de fissure du maillage `ma` est défini par 2 groupes de nœuds :

- 1) `'FONDINF'` : groupe de nœuds appartenant à la lèvres inférieure.
- 2) `'FONDSUP'` : groupe de nœuds appartenant à la lèvres supérieure dont les nœuds coïncident géométriquement avec ceux du groupe `'FONDINF'`

```
fiss = DEFI_FOND_FISS ( MAILLAGE = ma,
                        FOND_FISS=_F (TYPE_FOND='INF',
                                      GROUP_NO='FONDINF',
                                      DTAN_ORIG=(0.,1.,0.),
                                      DTAN_EXTR=(1.,0.,0.)),
                        FOND_FISS=_F (TYPE_FOND='SUP',
                                      GROUP_NO='FONDSUP',
                                      DTAN_ORIG=(0.,1.,0.),
                                      DTAN_EXTR=(1.,0.,0.)),
                        LEVRE_INF=_F (GROUP_MA='LEVINF'),
                        LEVRE_SUP=_F (GROUP_MA='LEVSUP'),
                        )
```