

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.8- : Post-traitement et analyses dédiées**  
**Document : U4.82.01**

## Opérateur *DEFI\_FOND\_FISS*

---

### 1 But

---

Définir un fond de fissure d'un maillage 3D et les lèvres supérieure et inférieure de cette fissure.

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.

La définition des lèvres supérieure et inférieure est donnée par deux listes de mailles ou groupes de mailles.

Cet opérateur crée un concept de type *fond\_fiss* qui est utilisable en 3D par les opérateurs *CALC\_THETA* [U4.82.02], *CALC\_G\_LOCAL\_T* [U4.82.04].

En 2D, le fond de fissure est réduit à un point et cet opérateur est nécessaire uniquement pour l'option '*CALC\_K\_G*' de l'opérateur *CALC\_G\_THETA\_T* [U4.82.03] (calcul des coefficients d'intensité de contraintes K1 et K2). Il permet de récupérer le nœud de fond de fissure et la normale à la fissure.

Cet opérateur génère un concept de type *fond\_fiss*.

## 2 Syntaxe

```

ff [fond_fiss] = DEFI_FOND_FISS      (

    ♦   MAILLAGE = ma ,                                [maillage]

    ♦   /   FOND_FISS =_F(

# Soit on définit une liste de noeuds déjà ordonnés

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

# Soit on définit une liste de mailles dont les noeuds peuvent être déjà
ordonnés ou non, dans ce dernier cas il faut alors définir une origine
des abscisses par NOEUD_ORIG ou GROUP_NO_ORIG :

        /   ♦   /   GROUP_MA = lgrma ,                    [l_gr_maille]
            /   MAILLE = lma ,                            [l_maille]
        ♦   /   ♦   /   NOEUD_ORIG =no ,                [l_noeud]
            /   GROUP_NO_ORIG=grno ,                    [l_gr_noeud]
            /   ♦   /   NOEUD_EXTR =no ,                [l_noeud]
            /   GROUP_NO_EXTR=grno                      [l_gr_noeud]
        ),

    /   FOND_FERME=_F(

# Soit on définit une liste de noeuds déjà ordonnés

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

# Soit on définit une liste de mailles dont les noeuds peuvent être déjà
ordonnés ou non, dans ce dernier cas il faut alors définir une origine
des abscisses par NOEUD_ORIG ou GROUP_NO_ORIG et une première maille par
MAILLE_ORIG ou GROUP_MA_ORIG qui donnera le sens de parcours sur la
courbe fermée :

        /   ♦   /   GROUP_MA = lgrma ,                    [l_gr_maille]
            /   MAILLE = lma ,                            [l_maille]
        ♦   /   ♦   /   NOEUD_ORIG =no ,                [l_noeud]
            /   GROUP_NO_ORIG=grno ,                    [l_gr_noeud]
            ♦   /   MAILLE_ORIG =ma ,                    [l_maille]
            /   GROUP_MA_ORIG=grma ,                    [l_gr_maille]
        ),

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

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

    /   ♦   NORMALE = (Nx , Ny , Nz)                      [l_R]

    ♦   /   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 Opérandes

### 3.1 Opérande **MAILLAGE**

- ♦ **MAILLAGE** = ma  
ma : nom du maillage sur lequel on va définir le fond de fissure et les lèvres.

### 3.2 Mot clé **FOND\_FISS**

- ♦ **FOND\_FISS** =  
Définit 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. Alors la donnée d'un nœud origine, pourvu qu'il corresponde bien à une extrémité du chemin défini par les mailles segments, permet d'ordonner la liste de nœuds.

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

- / ♦ / **GROUP\_NO** = lgrno  
avec lgrno liste de groupes de nœuds obligatoirement ordonnés par rapport au fond de fissure avec le dernier nœud de lgrno(I) qui doit être identique au premier nœud de lgrno (I + 1).  
/ **NOEUD** = lno  
avec lno liste de nœuds obligatoirement ordonnés par rapport au fond de fissure.
- / ♦ / **GROUP\_MA** = lgrma  
avec lgrma liste de groupes de mailles, ordonnées ou non, par rapport au fond de fissure de type SEG2 ou SEG3.  
/ **MAILLE** = lma  
avec lma liste de mailles, ordonnées ou non, de type SEG2 ou SEG3.
- ◇ / ♦ / **NOEUD\_ORIG** = no  
avec 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.  
/ **GROUP\_NO\_ORIG** = grno  
avec 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.
- ◇ / **NOEUD\_EXTR** = no  
avec 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.  
/ **GROUP\_NO\_EXTR** = grno  
avec grno groupe de nœud unique, contenant un nœud unique.

Les mots clés **GROUP\_MA** et **MAILLE** et par conséquent **NOEUD\_ORIG** et **GROUP\_NO\_ORIG** ne peuvent être utilisés qu'en 3D.

En 2D le fond de fissure se réduit à un point défini par **GROUP\_NO** ou **NOEUD**.

### 3.3 Mot clé FOND\_FERME

◆ FOND\_FERME =

Ce mot clé traite le cas des fonds de fissure définis par une courbe fermée, par exemple une fissure elliptique au sein d'une pièce massive (penny-shaped crack). Le principe est le même que pour un fond de fissure non fermé. Si l'utilisateur souhaite laisser le soin à l'opérateur d'ordonner les nœuds, il faut alors définir en plus une maille d'origine, portant le nœud d'origine, qui définit le sens de parcours de la courbe fermée.

Dans le cas où l'utilisateur choisit de donner des nœuds, il doit s'arrêter à l'avant dernier pour ne pas répéter deux fois le premier nœud.

```
/ ◆ / GROUP_NO = lgrno
    avec lgrno liste de groupes de nœuds obligatoirement ordonnés par rapport au
    fond de fissure avec le dernier nœud de lgrno (I) qui doit être identique au
    premier nœud de lgrno (I + 1).

/ NOEUD = lno
    avec lno liste de nœuds obligatoirement ordonnés par rapport au fond de fissure.

/ ◆ / GROUP_MA = lgrma
    avec lgrma liste de groupes de mailles, ordonnées ou non, par rapport au fond de
    fissure de type SEG2 ou SEG3.

/ MAILLE = lma
    avec lma liste de mailles, ordonnées ou non, de type SEG2 ou SEG3.

◇ / ◆ / NOEUD_ORIG = no
    avec 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.

/ GROUP_NO_ORIG = grno
    avec 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.

◆ / MAILLE_ORIG = ma
    avec ma maille unique contenant le nœud origine déjà défini. Elle permet de
    choisir entre les deux sens de parcours possibles de la courbe fermée.

/ GROUP_MA_ORIG = grma
    avec grma groupe de maille unique, contenant une maille unique. Elle
    permet de choisir entre les deux sens de parcours possibles de la courbe
    fermée.
```

Le mot clé FOND\_FERME n'a de sens qu'en 3D. Pour déclarer le nœud unique définissant le fond de fissure en 2D, utiliser le mot clé FOND\_FISS.

### 3.4 Description des lèvres pour une fissure non plane en 3D

Dans les opérateurs *CALC\_THETA* [U4.82.02] et *CALC\_G\_LOCAL\_T* [U4.82.04], la direction de propagation de la fissure en tout point du fond de fissure sera obtenue par produit vectoriel entre le vecteur tangent au fond de fissure et le vecteur normal à la lèvre en ce point.

#### 3.4.1 Mot clé *LEVRE\_SUP*

/   ♦   *LEVRE\_SUP* =

Définit l'ensemble des faces des éléments 3D qui s'appuient sur la lèvre supérieure de la fissure. L'ensemble de ces faces est précisé par les opérandes :

/   *GROUP\_MA*   = *lgrma* avec *lgrma* liste de groupes de mailles.

/   *MAILLE*     = *lma* avec *lma* liste de mailles.

#### 3.4.2 Mot clé *LEVRE\_INF*

◇   *LEVRE\_INF* =

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* avec *lgrma* liste de groupes de mailles.

/   *MAILLE*     = *lma* avec *lma* liste de mailles.

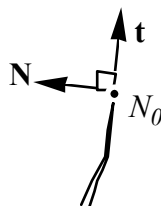
### 3.5 Opérande *NORMALE* pour une fissure plane en 3D ou une fissure en 2D

Quand on n'a pas défini les lèvres de la fissure, 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.

/   ♦   *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,  $\mathbf{n} = \Gamma_0 \wedge \mathbf{N}$ , où **n** est la normale extérieure à la fissure dans le plan des lèvres,  $\Gamma_0$  est le fond de fissure orienté (défini par le mot clé *FOND\_FISS*),
- en 2D, la normale **N** est définie telle que le repère  $(N_0, \mathbf{t}, \mathbf{N})$  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.

### 3.6 Directions de propagation du fond de fissure aux extrémités dans le plan des lèvres en 3D

Les mots clés DTAN\_ORIG et DTAN\_EXTR sont facultatifs et ne doivent être définis qu'en 3D. Ils n'ont aucun sens dans le cas d'un FOND\_FERME 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]

```

#### 3.6.1 Opérande DTAN\_ORIG

◇ / DTAN\_ORIG = vecteur (Tox , Toy , Toz)

Direction  $\mathbf{T}_{or}$  à l'origine du fond de fissure orientée dans le sens de la propagation de la fissure.

#### 3.6.2 Opérande VECT\_GRNO\_ORIG

/ VECT\_GRNO\_ORIG = lgrno avec lgrno liste de deux nœuds.

Direction  $\mathbf{T}_{or}$  déduite de la donnée de deux nœuds.

#### 3.6.3 Opérande DTAN\_EXTR

/ DTAN\_EXTR = vecteur (Tex , Tey , Tez)

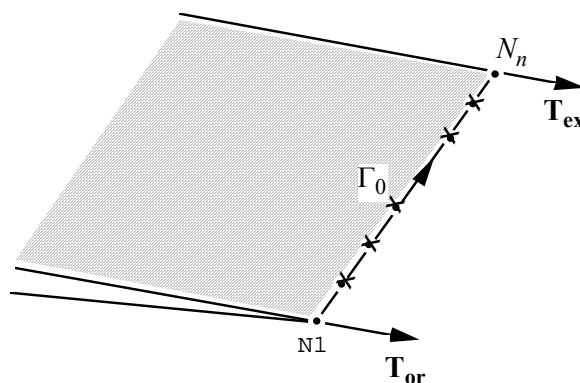
Direction  $\mathbf{T}_{ex}$  à l'extrémité du fond de fissure dans le sens de la propagation de la fissure.

#### 3.6.4 Opérande VECT\_GRNO\_EXTR

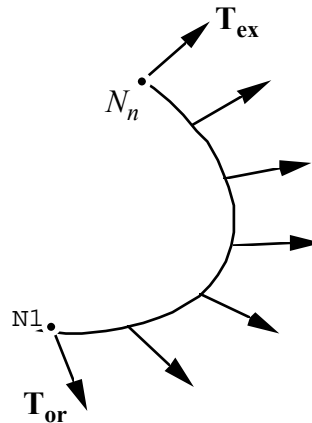
/ VECT\_GRNO\_EXTR = lgrno avec lgrno liste de deux nœuds.

Direction  $\mathbf{T}_{ex}$  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.

## 4 Phase de vérifications

A l'exécution :

- vérification de l'appartenance des entités (nœuds et mailles) au maillage,
- lorsque le fond de fissure est défini par `GROUP_NO` on vérifie que le dernier nœud du `group_no (I)` est identique au premier nœud du `group_no (I + 1)`,
- 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`.

## 5 Exemples

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

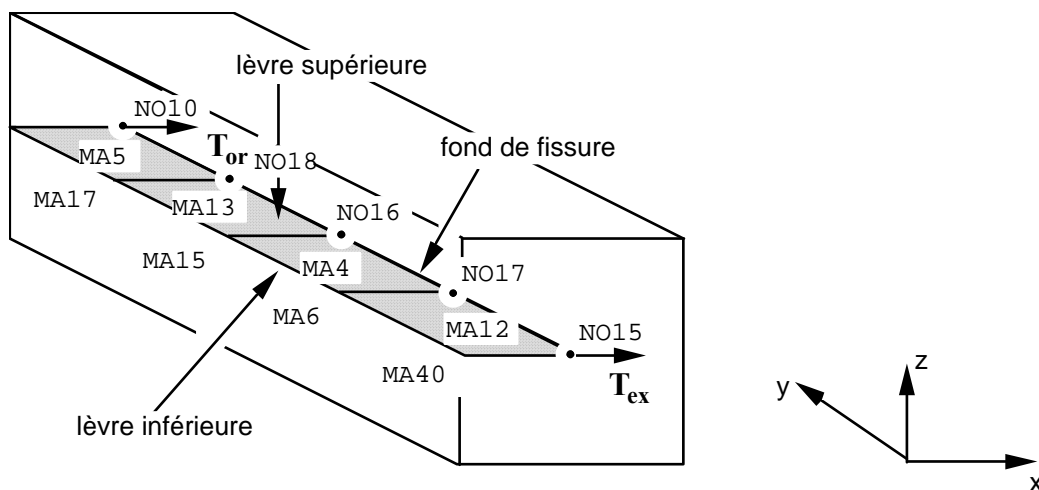
Le fond de fissure est défini par une liste de `group_no`, la lèvres supérieure par une liste de mailles, la lèvres inférieure par une liste de `group_ma`.

```
Fiss1 = DEFI_FOND_FISS      ( MAILLAGE = ma,
                             FOND_FISS =      _F (GROUP_NO =
('GRN1', 'GRN2', 'GRN3'),),
                             LEVRE_SUP =      _F (MAILLE = ('MA5', 'MA13', 'MA4', 'MA12'),),
                             LEVRE_INF =      _F (GROUP_MA = ('GRM1', 'GRM2'),),
                             DTAN_ORIG =      ( 1., 0., 0.),
                             DTAN_EXTR =      ( 1., 0., 0.),
                             )
```

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 Symétrie des lèvres en 3D

Le fond de fissure est défini par une liste de nœuds, la lèvres supérieure par une liste de `group_ma`, la lèvres inférieure n'est pas définie pour cause de symétrie du problème.

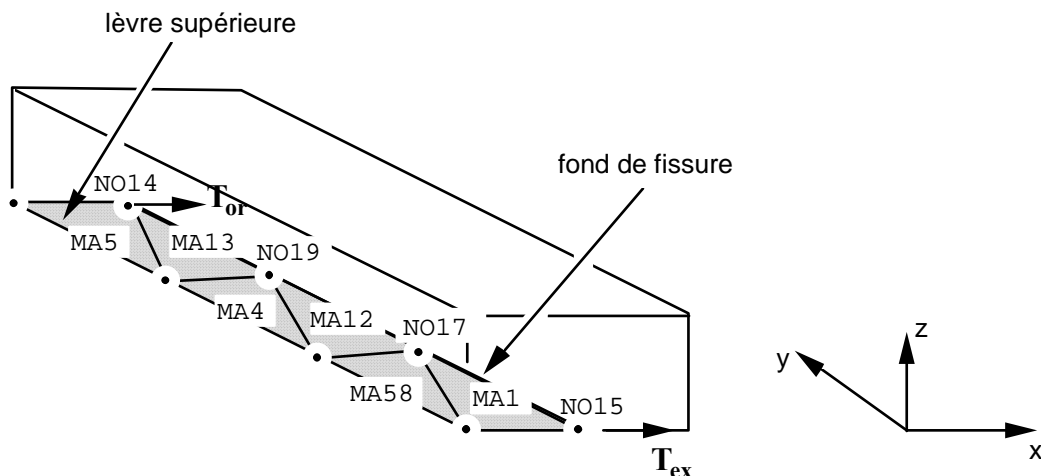
```
Fiss2 = DEFI_FOND_FISS      (MAILLAGE = ma,
                             FOND_FISS =      _F (NOEUD=('N014' 'N019' 'N017' 'N015'),),
                             LEVRE_SUP =      _F (GROUP_MA = ('GRMA', 'GRMB', 'GRMC'),),
                             DTAN_ORIG =      ( 1., 0., 0.),
                             DTAN_EXTR =      ( 1., 0., 0.),
                             )
```



Avec les groupes suivants définis dans le maillage :

GRMA : (MA5 MA13 MA4), GRMB : (MA12 MA58) GRMC : (MA1)

Le fond de fissure est ici constitué des nœuds NO14, NO19, NO17, NO15 de façon ordonnée.



## 5.3 Deux fissures dans un maillage en 3D

Enchaînement de deux opérateurs DEFI\_FOND\_FISS :

- le fond de fissure 1 est défini par une liste de `group_no` ordonnée, sa lèvre supérieure par une liste de `mailles`, sa lèvre inférieure par une liste de `group_ma`.
- le fond de fissure 2 est défini par une liste de `noeuds` ordonnés, sa lèvre supérieure par une liste de `group_ma`, sa lèvre inférieure par une liste de `mailles`.

```
fissa = DEFI_FOND_FISS (MAILLAGE = ma,
    FOND_FISS = _F (GROUP_NO = 'GRN1')
    LEVRE_SUP = _F (MAILLE=( 'MA10', 'MA40', 'MA6', 'MA7', 'MA1' ),),
    LEVRE_INF = _F (GROUP_MA = ( 'GRM1', 'GRM2' ),),
    DTAN_ORIG = (1.,1.,1.),
    DTAN_EXTR = (1.,0.,1.),
)

fissb = DEFI_FOND_FISS (MAILLAGE = ma,
    FOND_FISS = _F (NOEUD=( 'N037', 'N038', 'N039', 'N043', 'N051',
    'N060' ),),
    LEVRE_SUP = _F (GROUP_MA = ( 'GRM3' ),),
    LEVRE_INF = _F (MAILLE=( 'MA44', 'MA54', 'MA60', 'MA55', 'MA80' ),),
    DTAN_ORIG = ( 1.,0.,0.),
    DTAN_EXTR = ( 0.,1.,0.),
)
```

avec `ma` le concept maillage produit par la commande `LIRE_MALLAGE` :

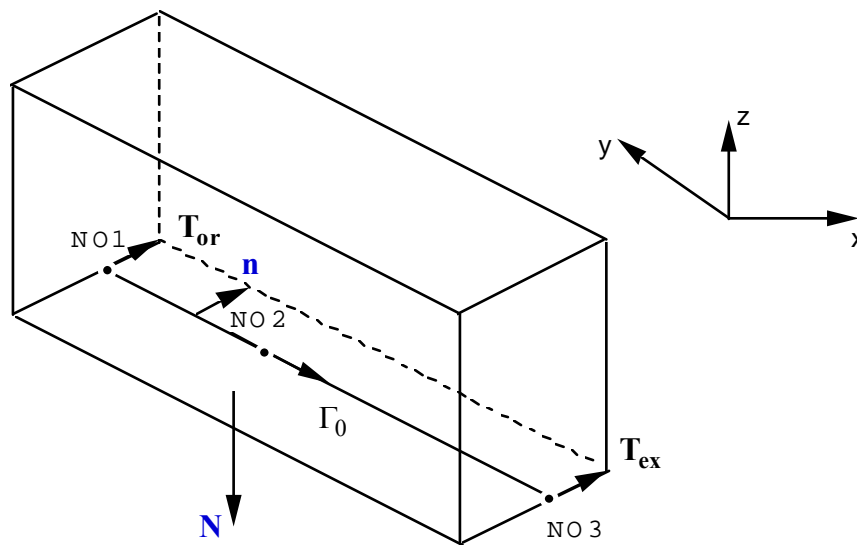
```
GRN1 : (NO3 NO7 NO8), GRM1 : (MA73 MA19) GRM2 : (MA74 MA5)
GRM3 : (MA6 MA10 MA8 MA7 MA12 MA13 MA14)
```

## 5.4 Utilisation de l'opérande 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.),
                        NORMALE         = ( 0., 0., -1.),
                        )
```

On définit la normale  $\mathbf{N}$  au plan de la fissure.

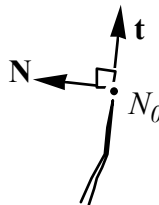
La direction  $\mathbf{n}$  de la normale au fond de fissure dans le plan des lèvres de la fissure est déterminée par  $\mathbf{n} = \Gamma_0 \wedge \mathbf{N}$



## 5.5 Fissure en 2D

Le fond de fissure est défini par le nœud N10 du maillage ma :

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



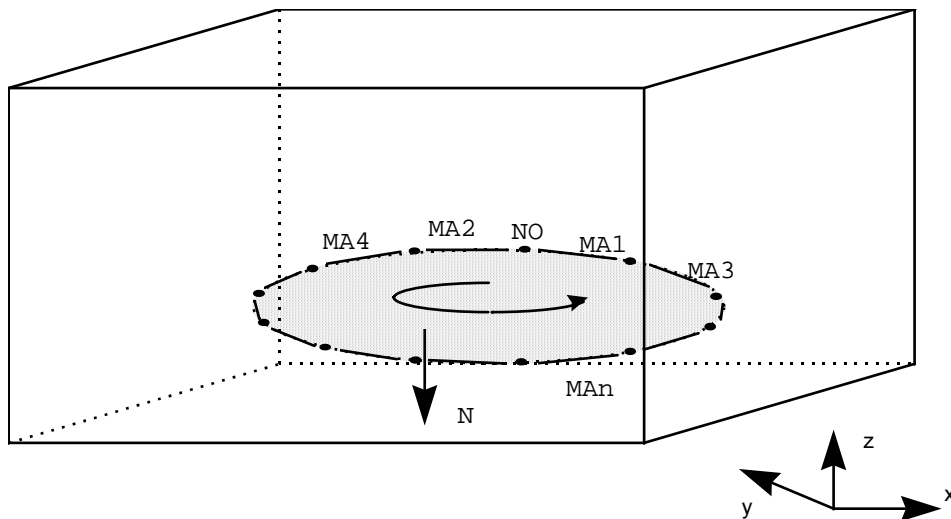
## 5.6 Fond de fissure fermé avec ordonnancement des noeuds

```
fiss = DEFI_FOND_FISS( MAILLAGE      = ma,
                        FOND_FERME=_F( MAILLE=('MA3', 'MA1', 'MA2'...),
                        GROUP_NO_ORIG= 'NO',
                        MAILLE_ORIG   = 'MA2'      ),
                        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  $\mathbf{n} = \mathbf{\Gamma}_0 \wedge \mathbf{N}$

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-dessus, partant de **NO**.

Page laissée intentionnellement blanche.