

Opérateur DEFI_COMPOR

1 But

Définir le comportement d'un monocristal, d'un polycristal ou d'une poutre multifibres.

Pour le comportement d'un monocristal ou d'un polycristal, on permet à l'utilisateur de choisir les composantes de la loi de comportement monocristalline.

On ne donne, suivant cette définition, que le nom de la structure cristallographique, sachant que les directions des systèmes de glissement de chaque famille de systèmes de glissement sont définies une fois pour toutes dans le code-source.

Dans le cas d'une poutre multifibres, cet opérateur permet d'associer à un groupe de fibres un comportement incrémental.

2 Syntaxe

```

Comp1 [compor] = DEFI_COMPOR (
  ◆ / MONOCRISTAL = (
    _F(◆ MATER= mat1, [mater]
      ◆ ELAS= / 'ELAS'
              / 'ELAS_ORTH'
      ◆ / ECOULEMENT = / 'MONO_VISC1'
                          / 'MONO_VISC2'
                          ◆ ECRO_ISOT= / 'MONO_ISOT1'
                              / 'MONO_ISOT2'
                          ◆ ECRO_CINE= / 'MONO_CINE1'
                              / 'MONO_CINE2'
                          ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'OCTAEDRIQUE',
                              / 'CUBIQUE1',
                              / 'CUBIQUE2',
                              / 'BCC24',
                              / 'ZIRCONIUM',
                              / 'UNIAXIAL',
                          / ECOULEMENT = 'MONO_DD_KR'
                              ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'BCC24',
                          / ECOULEMENT = / 'MONO_DD_CFC'
                              ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'OCTAEDRIQUE',
                          / ECOULEMENT = / 'MONO_DD_CFC_IRRA'
                              ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'OCTAEDRIQUE',
                          / ECOULEMENT = / 'MONO_DD_FAT'
                              ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'OCTAEDRIQUE',
                          / ECOULEMENT = / 'MONO_DD_CC'
                              ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'CUBIQUE1',
                          / ECOULEMENT = / 'MONO_DD_CC_IRRA'
                              ◆ FAMI_SYST_GLIS = / 'CUBIQUE1',
                    ◆ TABL_SYST_GLIS= tabsys, [table]
    ),
    ),
  ◆ MATR_INTER= tabinter [table]
  ◆ ROTA_RESEAU = / 'NON' [DEFAULT]
                  / 'POST'
                  / 'CALC'

  / POLYCRISTAL = (
    _F(◆ MONOCRISTAL = comp1, [compor]
      ◆ FRAC_VOL = fvol, [R]
      ◆ / ANGL_REP = (a,b,c) [l_R]
          / ANGL_EULER = (phi1,phi,phi2), [l_R] )),
    ◆ LOCALISATION = / 'BZ',
                    / 'BETA',
                    ◆ DL = dl, [R]
                    ◆ DA = da, [R]

  / MULTIFIBRE = (
    _F(◆ GROUP_FIBRE = liste_group_fibres, [l_TXM]
      ◆ MATER = mat1, [mater]
        ◆ RELATION = |(voir le document [U4.51.11]),

```

```
    ◇  RELATION_KIT = / 'VMIS_ISOT_TRAC',
                    / 'VMIS_ISOT_LINE',
                    / 'VMIS_ISOT_CINE',
                    / 'VMIS_ISOT_PUIS',
                    / 'GRANGER_FP',
                    / 'GRANGER_FP_INDT',
                    / 'GRANGER_FP_V',
                    / 'BETON_UMLV_FP',
                    / 'ROUSS_PR',
                    / 'BETON_DOUBLE_DP',)),

# concept regroupant les groupes de fibres (issu de DEFI_GEOM_FIBRE)
◇  GEOM_FIBRE = g fibre, [g fibre]
# matériau pour les caractéristiques homogénéisées sur la section
◇  MATER_SECT = mater, [mater]
));
```

3 Opérandes

3.1 Mot clé MONOCRISTAL

Une occurrence du mot clé facteur `MONOCRISTAL` permet de définir une loi de comportement élastoviscoplastique monocristalline. Ceci est à répéter autant de fois qu'on a de lois de comportement monocristallines différentes [R5.03.11].

3.1.1 Opérande MATER

Définit le nom du matériau produit par `DEFI_MATERIAU` utilisé pour le monocristal. Cet opérande permet de vérifier que les paramètres associés aux comportements choisis sous les mots-clés `ECOULEMENT`, `ECRO_ISOT`, `ECRO_CINE` et `ELAS` existent bien dans le matériau.

3.1.2 Opérande ECOULEMENT

Définit le type d'écoulement viscoplastique utilisé dans la définition de la loi de comportement `MONOCRISTAL`.

3.1.3 Opérande ECRO_ISOT

Définit le type d'écrouissage isotrope utilisé dans la définition de la loi de comportement `MONOCRISTAL`.

3.1.4 Opérande ECRO_CINE

Définit le type d'écrouissage cinématique utilisé dans la définition de la loi de comportement `MONOCRISTAL`.

3.1.5 Opérande ELAS

Définit le type du comportement élastique utilisé dans la définition de la loi de comportement `MONOCRISTAL`.

3.1.6 Opérande FAMI_SYST_G LIS

Définit le nom de la famille des systèmes de glissement sur laquelle on a défini la loi de comportement `MONOCRISTAL`. Les orientations des normales aux plans de glissement et des directions de glissement sont calculées automatiquement par le code à partir du nom de la famille.

3.1.7 Opérande TABL_SYST_GLIS

Permet de fournir une famille de systèmes de glissement « utilisateur », lus dans une table. On doit donner pour chaque ligne de la table (correspondant à un système de glissement) les 3 composantes dans le repère du cristal des vecteurs n (normale au plan de glissement) et m (direction de glissement). Exemple (voir aussi le test `ssnd112c`) :

$$\begin{aligned} & n_x(s_1), n_y(s_1), n_z(s_1), m_x(s_1), m_y(s_1), m_z(s_1) \\ & n_x(s_2), n_y(s_2), n_z(s_2), m_x(s_2), m_y(s_2), m_z(s_2) \\ & \text{etc...} \end{aligned}$$

Limitations : cette fonctionnalité n'est active que pour le comportement `MONOCRISTAL`, et à condition de définir une seule famille de systèmes (une seule occurrence de `MONOCRISTAL`). Elle n'est pas disponible pour le comportement `POLYCRISTAL`.

3.1.8 Opérande MATR_INTER

Permet de fournir une matrice d'interaction (unique) entre les systèmes de glissement d'un monocristal, lue dans une table. C'est un tableau carré, symétrique de dimension le nombre de systèmes de glissement total. Exemple (voir aussi le test `ssnd112c`) :

0,124	0,124	0,124	0,625	0,137	0,137	0,137	0,122	0,070	0,137	0,070	0,122
0,124	0,124	0,124	0,137	0,070	0,122	0,625	0,137	0,137	0,137	0,122	0,070
0,124	0,124	0,124	0,137	0,122	0,070	0,137	0,070	0,122	0,625	0,137	0,137
0,625	0,137	0,137	0,124	0,124	0,124	0,122	0,137	0,070	0,122	0,070	0,137
0,137	0,070	0,122	0,124	0,124	0,124	0,070	0,137	0,122	0,137	0,137	0,625
0,137	0,122	0,070	0,124	0,124	0,124	0,137	0,625	0,137	0,070	0,122	0,137
0,137	0,625	0,137	0,122	0,070	0,137	0,124	0,124	0,124	0,122	0,137	0,070
0,122	0,137	0,070	0,137	0,137	0,625	0,124	0,124	0,124	0,070	0,137	0,122
0,070	0,137	0,122	0,070	0,122	0,137	0,124	0,124	0,124	0,137	0,625	0,137
0,137	0,137	0,625	0,122	0,137	0,070	0,122	0,070	0,137	0,124	0,124	0,124
0,070	0,122	0,137	0,070	0,137	0,122	0,137	0,137	0,625	0,124	0,124	0,124
0,122	0,070	0,137	0,137	0,625	0,137	0,070	0,122	0,137	0,124	0,124	0,124

Limitations : cette fonctionnalité est active pour le comportement `MONOCRISTAL` et pour le comportement `POLYCRISTAL`, à condition de n'utiliser qu'un seul type de `MONOCRISTAL`.

3.1.9 Opérande ROTA_RESEAU

- `ROTA_RESEAU='CALC'` permet de calculer la rotation du réseau cristallin et de la prendre en compte dans la résolution de la loi de comportement `MONOCRISTAL`, en implicite seulement. Les orientations des normales aux plans de glissement et des directions de glissement sont mises à jour automatiquement par le code à chaque instant de calcul, et les variables internes correspondantes sont ajoutées (voir leur signification dans [R5.03.11]).
- `ROTA_RESEAU='POST'` permet de calculer la rotation du réseau cristallin, sans la prendre en compte dans la résolution, et d'afficher les valeurs dans les variables internes, à des fins de post-traitements.

Validité et limitations :

Cette approximation est à utiliser en présence de petites déformations `DEFORMATION='PETIT'` sous `COMP_INCR`, pour `RELATION='MONOCRISTAL'` [U4.51.11]. Elle doit être donc utilisée pour des déformations modérées (de l'ordre de 10% au maximum). Au delà, et pour une prise en compte complète des grandes déformations, il faut utiliser une résolution adaptée, sans utiliser le mot-clé `ROTA_RESEAU:DEFORMATION='SIMO_MIEHE'` dans `STAT_NON_LINE / COMP_INCR`.

3.2 Mot clé POLYCRISTAL

Une occurrence du mot clé facteur `POLYCRISTAL` permet de définir une phase du comportement polycristallin, à partir de la donnée d'un comportement monocristallin, de la fraction volumique de cette phase, et de l'orientation de cette phase. Ceci est à répéter autant de fois qu'on a de phases monocristallines différentes. De plus, une règle de localisation, commune à toutes les phases, est définie par le mot-clé `LOCALISATION` [R5.03.11].

3.2.1 Opérande MONOCRISTAL

Définit le nom de la SD `compor` définissant le monocristal, produite par un appel antérieur à `DEFI_COMPOR`.

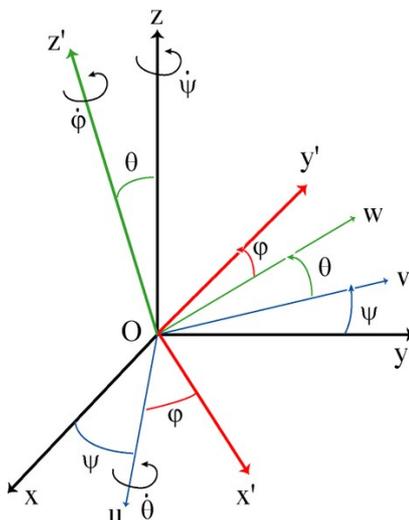
3.2.2 Opérande FRAC_VOL

Définit la fraction volumique de la phase en cours. La somme de l'ensemble des valeurs de `fvol` doit être égale à 1.

3.2.3 Opérande ANGL_REP / ANGL_EULER

Définit les 3 angles nautiques (fournis en degrés) [U4.42.01] ou les 3 angles d'Euler (fournis en degrés) qui permettent d'orienter le monocristal correspondant à la phase définie par l'occurrence courante de `POLYCRISTAL`. Les angles d'Euler sont définis de façon conventionnelle : on passe du référentiel fixe $Oxyz$ au référentiel lié au solide $Ox'y'z'$ par trois rotations successives.

- 1) La précession ψ , autour de l'axe Oz , fait passer de $Oxyz$ au référentiel $Ouvz$.
- 2) La nutation θ , autour de l'axe Ou , fait passer de $Ouvz$ à $Ouwz'$.
- 3) La rotation propre φ , autour de l'axe Oz' , fait passer de $Ouwz'$ au référentiel lié au solide $Ox'y'z'$.



3.3 Mot-clé LOCALISATION

Définit le nom de la règle de localisation utilisée pour le polycristal.

3.3.1 Opérandes DL et DA

Dans le cas où la règle de localisation est 'BETA', il faut fournir deux paramètres réels : `d1` et `da`. La règle de localisation est dans [R5.03.11].

3.4 Mot clé `MULTIFIBRE`

Ce mot-clé permet d'associer à un groupe de fibres un comportement incrémental.

```
_F( ♦ GROUP_FIBRE = liste_group_fibres [l_TXM]
    ♦ MATER      = mat1 [mater]
    ♦ RELATION = /relations incrémentales disponibles pour les poutres multifibres
              / ...
    ♦ RELATION_KIT= /relations disponibles pour les poutres multifibres
              / ...
)
```

3.4.1 Opérande `GROUP_FIBRE`

Permet de définir, pour chaque occurrence du mot-clé facteur `MULTIFIBRE`, les noms des groupes de fibres associés à la relation de comportement choisie. Ces groupes de fibres ont été au préalable définis par la commande `DEFI_GEOM_FIBRE`, dont le concept résultant est précisé par le mot-clé `GEOM_FIBRE` ci-dessous.

3.4.2 Opérande `MATER`

Ce mot clé permet de préciser le nom du matériau contenant les paramètres associés au comportement choisi.

3.4.3 Opérandes `RELATION / RELATION_KIT`

Ces mots clés permettent de définir la relation de comportement (éventuellement sous forme « `KIT_DDI` ») associée au groupes de fibres définis par `GROUP_FIBRE`. Les relations de comportement sont décrites dans [U4.51.11]. Signalons toutefois que la liste des comportements utilisables avec les poutres multifibres est restreinte par rapport à [U4.51.11].

3.4.4 Remarque sur les comportements 1D

Les modélisations de poutres multifibres (comme celles de barres, de grilles d'armatures) utilisent pour chaque fibre un comportement unidirectionnel. Si la loi de comportement choisie est disponible en 1D, on utilise directement cette intégration. Sinon, la méthode de `DEBORST` généralisée au cas des comportements 1D [R5.03.09] permet d'ajouter la condition de contrainte uniaxiale à tous les comportements disponibles pour les modélisations 3d sous `COMP_INCR` (pour plus de détail voir la doc. [R5.03.09]). L'hypothèse des contraintes uniaxiales est vérifiée à convergence. On préconise d'utiliser et de réactualiser la matrice tangente assez souvent (toutes les une à trois itérations) dans la méthode de Newton (`MATRICE = 'TANGENTE'`, `REAC_ITER = 1 à 3`).

3.5 Mot clé `GEOM_FIBRE`

Ce mot-clé permet de préciser le nom du concept regroupant les groupes de fibres (issu de `DEFI_GEOM_FIBRE`).

```
♦ GEOM_FIBRE = g fibre [g fibre_sdaster]
```

3.6 Mot clé `MATER_SECT`

Définition du matériau contenant (sous le mot clé `ELAS`) les caractéristiques élastiques homogénéisées de la section, utilisées notamment pour le calcul de la rigidité de torsion.

```
♦ MATER_SECT = mater [mater_sdaster], ) );
```

3.7 Exemples

3.7.1 Exemple d'utilisation pour les matériaux cristallins

L'exemple suivant correspond à une utilisation classique de MONOCRISTAL. Il est issu du test SSNV171B :

```
ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=145200.0, NU=0.3, ),
  MONO_VISC2=_F( N=10.0,
                K=40.0,
                C=1.0,
                D=36.68,
                A=10.0, ),
  MONO_ISOT2=_F( R_0=75.5,
                Q1=9.77,
                B1=19.34,
                H=0.5,
                Q2=-33.27,
                B2=5.345, ),
  MONO_CINE1=_F( D=36.68, ), );

COMPORT=DEFI_COMPOR(MONOCRISTAL=( _F(MATER=ACIER, ELAS='ELAS',
                                     ECOULEMENT='MONO_VISC2',
                                     ECRO_ISOT='MONO_ISOT2',
                                     ECRO_CINE='MONO_CINE1',
                                     FAMI_SYST_GLIS='OCTAEDRIQUE', ), ), );
```

L'exemple suivant, mettant en œuvre POLYCRISTAL, est issu du test SSNV171B :

```
MATPOLY=DEFI_MATERIAU( ELAS=_F(E=192500.0, NU=0.3, ),
  MONO_VISC2=_F(N=10.0,
                K=40.0,
                C=6333.0,
                D=36.68,
                A=72.21, ),
  MONO_ISOT2=_F(R_0=75.5,
                Q1=9.77,
                B1=19.34,
                H=2.54,
                Q2=-33.27,
                B2=5.345, ),
  MONO_CINE1=_F(D=36.68, ), );

MONO1=DEFI_COMPOR(
  MONOCRISTAL=_F(MATER=MATPOLY,
                ECOULEMENT='MONO_VISC2',
                ECRO_ISOT='MONO_ISOT2',
                ECRO_CINE='MONO_CINE1',
                ELAS='ELAS',
                FAMI_SYST_GLIS='OCTAEDRIQUE', ), );

POLY1=DEFI_COMPOR(
  POLYCRISTAL=(
    _F(MONOCRISTAL=MONO1,
        FRAC_VOL=0.025,
        ANGL_REP=(-149.67, 15.61, 154.67, ), ),
    _F(MONOCRISTAL=MONO1,
        FRAC_VOL=0.025,
```

```
ANGL_REP=(-481.7,35.46,188.7),),),  
LOCALISATION='BETA',  
DL=321.5,  
DA=0.216,);
```

3.7.2 Exemple d'utilisation pour les poutres multifibres

Les commandes ci-dessous permettent d'illustrer l'utilisation de DEFI_COMPOR pour un comportement multifibre (voir par exemple le test SSNL119A) :

```
GF=DEFI_GEOM_FIBRE( FIBRE = ( _F(GROUP_FIBRE='SACI',  
                                CARA = 'DIAMETRE',  
                                COOR_AXE_POUTRE = (0.,0.),  
                                VALE = ( 0.066, -0.218, 32.E-3,  
                                           0.066, -0.218, 32.E-3,  
                                           0.066, 0.218, 8.E-3,  
                                           0.066, 0.218,8.E-3),),),  
SECTION = _F( GROUP_FIBRE='SBET',  
              MAILLAGE_SECT = MASEC, TOUT_SECT = 'OUI',  
              COOR_AXE_POUTRE = (0., 0.),),  
          )  
  
MOPOU=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAPOU,  
                 AFFE=_F(TOUT='OUI', PHENOMENE='MECANIQUE',  
                         MODELISATION='POU_D_EM',),),);  
  
BETON=DEFI_MATERIAU(  
    ELAS=_F(E=3.7272E10,NU=0.0,RHO=2400.0),),  
    LABORD_1D=_F(Y01=310.,Y02=0.070E+5,A1=9.E-3,A2=0.52E-5,  
                B1=1.2,B2=2.,BETA1=0.1E+7,BETA2=-0.4E+8,SIGF=3.5E+6)  
  
ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=2.E11, NU=0.0, RHO=7800.0),),  
                  ECRO_LINE=_F(D_SIGM_EPSI=3.28E9, SY=4.E8),),);  
  
MATOR=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=2.E11,NU=0.0,RHO=7800.0),);  
  
POUCA=AFFE_CARA_ELEM(MODELE=MOPOU,  
                    POUTRE=_F(GROUP_MA='POUTRE',SECTION='RECTANGLE',  
                               CARA=('HY','HZ'),  
                               VALE=(0.2,0.5),  
                               PREC_AIRE=5.,PREC_INERTIE=10.,  
                               ),),  
ORIENTATION=_F(GROUP_MA='POUTRE',CARA='ANGL_VRIL',VALE=-90.0),),  
GEOM_FIBRE=GF,  
MULTIFIBRE=_F(GROUP_MA='POUTRE',GROUP_FIBRE=('SBET','SACI')),  
            );  
  
COMPPMF=DEFI_COMPOR(GEOM_FIBRE=GF, MATER_SECT=MATOR,  
                   MULTIFIBRE=(  
    _F(GROUP_FIBRE='SACI', MATER=ACIER,  
        RELATION='VMIS_CINE_LINE'),  
    _F(GROUP_FIBRE='SBET', MATER=BETON,  
        RELATION='LABORD_1D'),  
    ),  
            )
```