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.

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

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',|
                              'UTILISATEUR']
        / ECOULEMENT = 'MONO_DD_KR'
          ♦ FAMI_SYST_GLIS = ['BCC24'|'UTILISATEUR']               [DEFAUT]
        / ECOULEMENT = ['MONO_DD_CFC'|'MONO_DD_CFC_IRRA']
          ♦ FAMI_SYST_GLIS = ['OCTAEDRIQUE'|'UTILISATEUR']         [DEFAUT]
        / ECOULEMENT = 'MONO_DD_FAT'
          ♦ FAMI_SYST_GLIS = 'OCTAEDRIQUE',                        [DEFAUT]
        / ECOULEMENT = ['MONO_DD_CC'|'MONO_DD_CC_IRRA']
          ♦ FAMI_SYST_GLIS = ['CUBIQUE1'|'UTILISATEUR']            [DEFAUT]
        # Si FAMI_SYST_GLIS = 'UTILISATEUR'
          ◊ TABL_SYST_GLIS= tabsys,                                 [table]
    ),
    # Si MONOCRISTAL
      ◊ MATR_INTER = tabinter,                                      [table]
      ◊ ROTA_RESEAU = ['NON'|'POST'|'CALC']                        [DEFAUT]

    / POLYCRISTAL = _F(
      ♦ MONOCRISTAL  = comp1,                                      [compor]
      ♦ FRAC_VOL     = fvol,                                           [R]
      ♦ / ANGL_REP   = (a,b,c),                                      [l_R]
        / ANGL_EULER = (phi1,phi,phi2),                              [l_R]
    ),
    # Si POLYCRISTAL
      ♦ MU_LOCA = mu_loca,                                             [R]
      ◊ LOCALISATION = ['BZ'|'BETA',]
      # Si LOCALISATION = '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]),
    ),
    # Si MULTIFIBRE
      # concept regroupant les groupes de fibres (issu de DEFI_GEOM_FIBRE)
      ◊ GEOM_FIBRE = gfibre,                                       [gfibre]
      # matériau pour les caractéristiques homogénéisées sur la section
      ◊ MATER_SECT = mater,                                        [mater]
)
```


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

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_GLIS

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 $\boldsymbol{n}$ (normale au plan de glissement) et $\boldsymbol{m}$ (direction de glissement). Exemple (voir aussi le test ssnd112c) :

$$n_x(s_1), n_y(s_1), n_z(s_1), m_x(s_1), m_y(s_1), m_z(s_1)$$
$$n_x(s_2), n_y(s_2), n_z(s_2), m_x(s_2), m_y(s_2), m_z(s_2)$$
$$etc...$$

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.

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

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 dont la dimension est 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, a des fins de post-traitements.

Validité et limitations :
Cette approximation est à utiliser en présence de petites déformations DEFORMATION='PETIT' sous COMPORTEMENT, 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/COMPORTMENT.

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

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 structure de données compor définissant le monocristal, produite par un appel antérieur à DEFI_COMPOR.

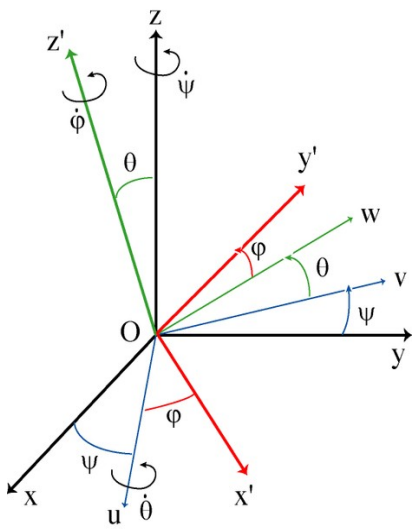
3.2.2 Opérande FRAC_VOL

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 :

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



3.2.4 Mot-clé LOCALISATION

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

3.2.5 Mot-clé MU_LOCA

Définit le coefficient μ^{loca} à utiliser dans les règles de localisation.

3.2.6 Opérandes DL et DA

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

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

3.3 Mot clé MULTIFIBRE

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

3.3.1 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.

3.3.2 Opérande MATER

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

3.3.3 Opérandes RELATION

Ces mots clés permettent de définir la relation de comportement associée aux 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]. Les relations autorisées sont :
ELAS, CORR_ACIER, GRANGER_FP, GRAN_IRRA_LOG, MAZARS_UNIL, VISC_IRRA_LOG, VMIS_CINE_GC, VMIS_CINE_LINE, VMIS_ISOT_LINE, VMIS_ISOT_TRAC.

3.3.4 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 aux 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 COMPORTEMENT (pour plus de détail voir la documentation [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).

3.4 Mot clé GEOM_FIBRE

◊ GEOM_FIBRE = gfibre
Ce mot-clé permet de préciser le nom du concept regroupant les groupes de fibres issu de DEFI_GEOM_FIBRE.

3.5 Mot clé MATER_SECT

◊ MATER_SECT = mater
Définition du matériau qui les caractéristiques élastiques homogénéisées de la section (donc sous le mot clé ELAS), utilisées pour le calcul :
- de la rigidité de torsion .
- de l'amortissement.
- de la dilatation thermique (ALPHA).
- calcul de DEGE_ELNO (E et NU).

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

4 Exemples

4.1 Exemples 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, ELAS='ELAS',
                 ECOULEMENT='MONO_VISC2',
                 ECRO_ISOT='MONO_ISOT2',
                 ECRO_CINE='MONO_CINE1',
                 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),),
  ),
  MU_LOCA = 82500
  LOCALISATION='BETA', DL=321.5, DA=0.216,
)
```


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

4.2 Exemple d'utilisation pour les multifibres

Les commandes ci-dessous permettent d'illustrer l'utilisation de DEFI_COMPOR pour un comportement multifibre (voir par exemple le test SSNL119B).

```
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',),
)

# Béton
EB = 37272.0E+06
BETON = DEFI_MATER_GC(
    MAZARS=_F(UNITE_LONGUEUR = 'M', FCJ=40.963E+06, EIJ=EB,
              EPSI_C=1.75754E-03, AT=1.0,NU=0.2,),
    RHO=2400.0, INFO=2,
)

ACIER=DEFI_MATER_GC(
    ACIER=_F(E = 2.0E+11, D_SIGM_EPSI=3.28E+9, SY=4.E+8,),
    RHO=7800.0,
)

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=5.0, PREC_INERTIE=10.0,),
    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='MAZARS_UNIL'),
    ),
)
```


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