Opérateur DEFI_MATER_GC

1 But

L'opérateur DEFI_MATER_GC permet de définir les paramètres de matériaux utilisés pour des études de génie civil.

L'objectif est d'aider l'utilisateur à définir les paramètres matériaux à partir de grandeur plus physique.

Dans cette commande, on renseigne les propriétés physiques (coefficients élastiques, limites élastiques, résistances caractéristiques, ...), en sortie on dispose d'un concept matériau, que l'on peut affecter ensuite aux différentes mailles avec la commande AFFE_MATERIAU.

Produit une structure de données de type mater.

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

Table des Matières

1 But....1
2 Syntaxe générale....3
3 Commande DEFI_MATER_GC....5
3.1 Objectif de la commande....5
3.2 Opérande INFO....5
3.3 Autres opérandes....5
4 Mot clef facteur MAZARS....6
4.1 Opérande CODIFICATION....6
4.1.1 Cas où CODIFICATION=’BAEL91’....6
4.1.2 Cas où CODIFICATION=’EC2’....6
4.1.3 Cas où CODIFICATION=’ESSAI’....6
4.2 Fonctionnement....7
4.2.1 Paramètres de la loi MAZARS....7
4.2.2 Dans le cas BAEL 1991....7
4.2.3 Dans le cas EUROCODE 2....7
4.2.4 Dans le cas ESSAI....8
4.3 Exemple d’utilisation....8
5 Mot clef facteur BETON_GLRC....10
5.1 Opérande CODIFICATION....10
5.1.1 Cas où CODIFICATION=’EC2’....10
5.1.2 Cas où CODIFICATION=’ESSAI’....10
6 Mot clef facteur ACIER....11
6.1 Opérandes....11
6.2 Fonctionnement....11
6.3 Exemples d’utilisation....11
7 Mot clef facteur ENDO_FISS_EXP....12
7.1 Opérandes....12
7.2 Fonctionnement....12
8 Mot clef facteur ENDO_LOCA_EXP....14
8.1 Opérandes....14
8.2 Fonctionnement....14

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

2 Syntaxe générale

```
mater [mater] = DEFI_MATER_GC(
       ◊ INFO = / 1                                                    [Défaut]
                / 2
       ♦ / MAZARS = _F(
           ♦ CODIFICATION = ['BAEL91','EC2','ESSAI']                    [Texte]
           # si CODIFICATION  = 'BAEL91'
           ♦ UNITE_CONTRAINTE = ['MPa'|'Pa']                            [Texte]
           ♦ FCJ              = fcj                                      [Réel]
           # si CODIFICATION  = 'EC2'
           ♦ UNITE_CONTRAINTE = ['MPa'|'Pa']                            [Texte]
           ♦ CLASSE = ['C12/15'|'C16/20'|'C20/25'|
                       'C25/30'|'C30/37'|'C35/45'|
                       'C40/50'|'C45/55'|'C50/60'|
                       'C55/67'|'C60/75'|'C70/85'|
                       'C80/95'|'C90/105']                              [Texte]
            # si CODIFICATION = 'ESSAI'
            ♦ FCJ      = fcj                                           [Réel]
           ♦ EIJ      = eij                                            [Réel]
           ♦ EPSI_C   = epsi_c                                         [Réel]
           ♦ FTJ      = ftj                                            [Réel]
           ◊ NU       = nu                                             [Réel]
           / ◊ EPSD0   = epsid0                                        [Réel]
           / ♦ EPSC0   = epsic0                                        [Réel]
             ♦ EPST0   = epsit0                                        [Réel]
           ◊ K        = k                                              [Réel]
           ◊ AC       = ac                                             [Réel]
           ◊ BC       = bc                                             [Réel]
           ◊ AT       = at                                             [Réel]
           ◊ BT       = bt                                             [Réel]
           # Pour post-traitement
           ◊ SIGM_LIM = sigmlim                                        [Réel]
           ◊ EPSI_LIM = epsilim                                        [Réel]
       )

       ♦ / BETON_GLRC = _F(
           ♦ CODIFICATION = ['EC2','ESSAI']                            [Texte]
            # si CODIFICATION = 'EC2'
           ♦ UNITE_CONTRAINTE = ['Mpa'|'Pa']                           [Texte]
           ♦ CLASSE = ['C12/15'|'C16/20'|'C20/25'|
                       'C25/30'|'C30/37'|'C35/45'|
                       'C40/50'|'C45/55'|'C50/60'|
                       'C55/67'|'C60/75'|'C70/85'|
                       'C80/95'|'C90/105']                             [Texte]
            # si CODIFICATION = 'ESSAI'
           ♦ FCJ      = fcj                                            [Réel]
           ♦ EIJ      = eij                                            [Réel]
           ♦ EPSI_C   = epsi_c                                         [Réel]
           ♦ FTJ      = ftj                                            [Réel]
           ◊ NU       = / nu                                           [Réel]
                        / 0,2                                         [DEFAUT]
       )
```


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

```
        ♦ / ENDO_FISS_EXP = _F(
            ♦ E              = E                                    [Réel]
            ♦ NU             = nu                                   [Réel]
            ♦ FT             = ft                                   [Réel]
            ♦ FC             = fc                                   [Réel]
            ♦ GF             = Gf                                   [Réel]
            ♦ / P            = p                                    [Réel]
              / G_INIT       = Ginit                                [Réel]
            ◊ / Q            = q                                    [Réel]
              / Q_REL        = q_rel                                [Réel]
            ♦ LARG_BANDE     = dble_D                               [Réel]
            ◊ COEF_RIGI_MINI = Rmin                                 [Réel]
            ◊ REST_RIGI_FC   = rrc                                  [Réel]
        )

        ♦ / ENDO_LOCA_EXP = _F(
            ♦ E            = E                                      [Réel]
            ♦ NU           = nu                                     [Réel]
            ♦ FT           = ft                                     [Réel]
            ♦ FC           = fc                                     [Réel]
            ♦ GF           = Gf                                     [Réel]
            ♦ P            = p                                      [Réel]
            ♦ DIST_FISSURE = Lf                                     [Réel]
            ◊ REST_RIGI_FC = rrc                                    [Réel]
        )

        ♦ / ACIER = _F(
            ♦ E           = young                                   [Réel]
            ♦ SY          = sigy                                    [Réel]
            ◊ NU          = nu                                      [Réel]
            ◊ D_SIGM_EPSI = dsde                                    [Réel]
            # Pour post-traitement
            ◊ SIGM_LIM    = sigmlim                                 [Réel]
            ◊ EPSI_LIM    = epsilim                                 [Réel]
        )

        ◊ RHO         = rho                                         [Réel]
        ◊ ALPHA       = appha                                       [Réel]
        ◊ AMOR_ALPHA  = amora                                       [Réel]
        ◊ AMOR_BETA   = amorb                                       [Réel]
        ◊ AMOR_HYST   = amorh                                       [Réel]
)
```


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

3 Commande DEFI_MATER_GC

3.1 Objectif de la commande

La commande DEFI_MATER_GC a pour objectif de simplifier l'entrée des coefficients matériaux pour une application au génie civil, avec les lois suivantes :

- loi de béton MAZARS,
- loi de béton pour GLRC_DM,
- loi d'acier ECRO_LINE,
- loi d'endommagement non locale du béton ENDO_FISS_EXP,
- loi d'endommagement locale du béton ENDO_LOCA_EXP.

Dans cette commande, on renseigne les propriétés physiques (coefficients élastiques, limites élastiques, résistances caractéristiques, ...), en sortie on dispose d'un concept "matériau", que l'on peut affecter ensuite aux différentes mailles avec la commande AFFE_MATERIAU.

Ces concepts « matériau » en sortie peuvent aussi être utilisés par l'opérateur DEFI_GLRC, pour les cas béton armé pour GLRC_DM et acier ECRO_LINE.

3.2 Opérande INFO

Permet d'avoir, dans le fichier de message, l'écho de la commande DEFI_MATERIAU utilisée par DEFI_MATER_GC lors de la définition du matériau.

La commande DEFI_MATER_GC imprime toujours les paramètres du matériau qui sont transmis à la commande DEFI_MATERIAU (confer le paragraphe « exemple d'utilisation »).

3.3 Autres opérandes

Les opérandes RHO, ALPHA, AMOR_ALPHA, AMOR_BETA, AMOR_HYST correspondent et ont la même signification que ceux que l'on trouve sous le mot clef facteur ELAS de la commande DEFI_MATERIAU [U4.43.01].

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

4 Mot clef facteur MAZARS

Le modèle de comportement de Mazars est un modèle de comportement élastique endommageable permettant de décrire le comportement adoucissant du béton. Il distingue le comportement en traction et en compression.

4.1 Opérande CODIFICATION

La commande DEFI_MATER_GC peut utiliser des règles de l'art ou des conseils issus des codifications pour déterminer les paramètres de la loi de comportement MAZARS.

♦ CODIFICATION = 'BAEL91'|'EC2'|'ESSAI'
- 'BAEL91' : indique que les paramètres utilisés dans la définition des matériaux sont issus de la codification BAEL 1991 .
- 'EC2' : indique que les paramètres utilisés dans la définition des matériaux sont issus de la codification EUROCODE 2 .
- 'ESSAI' : indique que les paramètres utilisés dans la définition des matériaux viennent d'essai.

Par exemple, selon le BAEL 1991, pour le matériau béton connaissant sa résistance caractéristique en compression FCJ, sa résistance en traction peut être estimée par : $FTJ = 0.6 + 0.06\,FCJ$ où FTJ et FCJ sont en *MPa* .

4.1.1 Cas où CODIFICATION='BAEL91'

Les paramètres utilisés dans la définition des matériaux sont issus de la codification BAEL 1991.

♦ UNITE_CONTRAINTE

Unité de contrainte du problème [*MPa* | *Pa*] : Méga-Pascal ou Pascal. La saisie de cet opérande est obligatoire, car les formules utilisées dans la suite nécessite de savoir si les paramètres matériaux sont en *Pa* ou *MPa* . Les paramètres matériaux qui sont renvoyés par la commande sont dans le même système d'unité. UNITE_CONTRAINTE doit donc être compatible avec les unités de l'étude..
- *Pa* : les paramètres matériaux sont homogènes à des *Pa* .
- *MPa* : les paramètres matériaux sont homogènes à des *MPa* .

♦ FCJ

Contrainte au pic en compression, en *Pa* ou *MPa* , suivant la valeur de UNITE_CONTRAINTE.

4.1.2 Cas où CODIFICATION='EC2'

♦ UNITE_CONTRAINTE

Unité de contrainte du problème *MPa* ou *Pa* : Méga-Pascal ou Pascal. La saisie de cet opérande est obligatoire, car il est nécessaire de retourner les paramètres matériaux dans le système d'unité utilisé pour faire l'étude.

♦ CLASSE

La résistance en compression du béton est désignée par des classes de résistances liées à la résistance caractéristique mesurée sur cylindre ou sur cube, conformément à l' EN 206-1 .
Les classes disponible dans l'opérateur sont toutes celles définies dans l' EUROCODE 2 :

'C12/15' 'C16/20' 'C20/25' 'C25/30' 'C30/37' 'C35/45' 'C40/50'
'C45/55' 'C50/60' 'C55/67' 'C60/75' 'C70/85' 'C80/95' 'C90/105'

4.1.3 Cas où CODIFICATION='ESSAI'

Dans ce cas, l'utilisateur doit renseigner toutes les caractéristiques nécessaires pour déterminer les paramètres de la loi de comportement de MAZARS. L'utilisateur doit donner ces caractéristiques dans un système d'unités compatible avec son étude.

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

Les paramètres obligatoires :
- ♦ FCJ : Contrainte au pic en compression.
- ♦ EIJ : Module d'Young.
- ♦ EPSI_C : Déformation au pic en compression.
- ♦ FTJ : Contrainte au pic en traction.

Les paramètres facultatifs, présentés dans le tableau 4.1.3-a, sont ceux que l'on retrouve sous le mot clef facteur MAZARS de la commande DEFI_MATERIAU [U4.43.01].

EPSD0	Seuil d'endommagement en déformation
EPST0 EPSC0	Seuil d'endommagement en traction et en compression.
AC , B C	Coefficients permettant de fixer l'allure de la courbe post-pic en compression.
AT , B T	Coefficients permettant de fixer l'allure de la courbe post-pic en traction.
K	Paramètre de correction pour le cisaillement.

Tableau 4.1.3-a : Paramètres matériaux de la loi MAZARS.

◊ NU : Coefficient de poisson.
◊ SIGM_LIM : Contrainte limite.
◊ EPSI_LIM : Déformation limite.

4.2 Fonctionnement

4.2.1 Paramètres de la loi MAZARS

Les paramètres de la loi sont déterminés à l'aide des caractéristiques suivantes : FCJ, EIJ, EPSI_C, FTJ. Les formules sont :

$$\varepsilon_0 = f_{ij}/E_{ij} \qquad \beta = 1.10 \qquad B_T = E_{ij}/f_{tj} \qquad A_T = 0.70$$

$$B_c = \frac{1}{\varepsilon_c \nu \sqrt{2}} \qquad A_c = \frac{\left(\frac{f_{cj}\nu\sqrt{2}}{E_{ij}} - \varepsilon_0\right)}{\varepsilon_c \nu \sqrt{2} \exp\left(B_c(\varepsilon_0 - \varepsilon_c \nu \sqrt{2})\right) - \varepsilon_0}$$

$$\sigma_{ELS} = 0.6\, f_{cj} \qquad \varepsilon_{ELU} = 3.5\,‰$$

A_c et B_c sont déterminés en résolvant les équations issues de l'écriture 1D du comportement de MAZARS de façon à respecter la contrainte et la déformation au pic, ainsi que la tangente horizontale au pic.
- B_c est obtenu en résolvant $f'(\varepsilon_c) = 0$
- A_c en résolvant $f_{cj} = f(\varepsilon_c)$.

4.2.2 Dans le cas BAEL 1991

Deux opérandes sont obligatoires : UNITE_CONTAINTE, FCJ.
La commande détermine les grandeurs nécessaires par des formules ou des règles issues du BAEL91. Dans les formules ci-dessous les grandeurs f_{cj}, f_{tj}, E_{ij} sont en *MPa* .

$$E_{ij} = 11000.0\sqrt[3]{f_{cj}} \qquad f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj} \qquad \varepsilon_c = 0.620\text{E-}3\sqrt[3]{f_{cj}} \qquad \nu = 0.200$$

Les paramètres de la loi de MAZARS sont ensuite déterminés.

4.2.3 Dans le cas EUROCODE 2

Deux opérandes sont obligatoires : UNITE_CONTAINTE, CLASSE.
La commande détermine les grandeurs nécessaires par des formules ou des règles issues de l'EUROCODE 2. Dans les formules ci-dessous les grandeurs $f_{ck}, f_{cm}, f_{ctm}, E_{cm}$ sont en *MPa.*

f_{ck} : résistance caractéristique en compression mesurée sur cylindre à 28 jours.

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

f_{cm} : résistance moyenne en compression du béton à 28 jours.

$$f_{cm} = f_{ck}+8.0$$

f_{ctm} : résistance moyenne en traction du béton.

$$f_{ctm} = \begin{cases} 0.30\ f_{ck}^{2/3} & \text{pour classe} \leq \text{C50/60} \\ 2.12\ \log(1+f_{cm}/10) & \text{pour classe} > \text{C50/60} \end{cases}$$

E_{cm} : module tangent

$$E_{cm} = 22.0\text{E+03}\left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3}$$

ε_{c1} : déformation au pic en ‰

$$\varepsilon_{c1} = 0.7\ f_{cm}^{0.31} \quad toujours \leq 2.8$$

ε_{cu1} : déformation limite ultime en ‰ .

$$\varepsilon_{cu1} = \begin{cases} 2.80+27\left[\frac{98-f_{cm}}{100}\right]^4 & \text{pour classe} > \text{C50/60} \\ 3.5 & \text{pour classe} \leq \text{C50/60} \end{cases}$$

Les paramètres de la loi de MAZARS sont ensuite déterminés.

4.2.4 Dans le cas ESSAI

Quatre opérandes sont obligatoires : FCJ, EIJ, EPSI_C, FTJ. Les paramètres de la loi de comportement de MAZARS sont déterminés comme précédemment.

Si des opérandes facultatifs présentés au tableau 4.1.3-a sont renseignés, ils sont pris en compte par la commande. Il est donc nécessaire de s'assurer de la cohérence des grandeurs fournies, notamment dans les cas suivant :

- l'utilisateur donne B_c . L'équation $f'(\varepsilon_c)=0$ peut ne pas être vérifié, dans ce cas le comportement passera par le point f_{cj} mais f_{cj},ε_c ne sera plus un extremum.
- l'utilisateur donne A_c . L'équation $f_{cj}=f(\varepsilon_c)$ peut ne pas être vérifié, dans ce cas le comportement ne passera pas par le point f_{cj} et ε_c .

4.3 Exemple d'utilisation

Pour définir un béton qui a un comportement de MAZARS avec une résistance caractéristique de $40.0\,MPa$ pour une étude dont les contraintes doivent être en Pa , la commande s'utilise de la façon suivante :

```
BETONM = DEFI_MATER_GC(
    MAZARS = _F(FCJ=40.0E+06, UNITE_CONTRAINTE = "Pa",),
)
```

La commande imprime dans le fichier de message toutes les valeurs qui servent à définir le matériau.

```
== PARAMÈTRES DE LA LOI MAZARS [PA] ==
PARTIE ÉLASTICITÉ :
  E =  3.76194246E+10, NU =  2.00000000E-01,
PARTIE NON-LINÉAIRE :
  BT =  1.25398082E+04, K =  0.70000000E+00,
  AT =  7.00000000E-01, EPSI_LIM =  3.50000000E-03,
  BC =  1.66741558E+03, SIGM_LIM =  2.40000000E+07,
  AC =  1.28292129E+00, EPSD0 =  7.97460364E-05,
POUR INFORMATION :
 FCJ =  4.000E+07, FTJ =  3.0000E+06, EPSI_C =  2.12036757E-03,
```


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

Le tableau 4.3-a donne des jeux de paramètres obtenus avec les règles précédemment décrites.

Fcj [MPa]	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
Ftj [MPa]	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
Young [MPa]	34180,0	35982,0	37619,0	39126,0	40524,0
Nu	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$Epsi_c$	1,93E-03	2,03E-03	2,12E-03	2,21E-03	2,28E-03
At	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Bt	14241,0	13327,0	125 39 . 8	11856,0	11257,0
Epsid0	7,02E-05	7,50E-05	7.9 7 E-05	8,43E-05	8,88E-05
Bc	1835,2	1743,3	1667,4	1603,2	1547,9
Ac	1,128	1,209	1,283	1,351	1,415

Tableau 4.3-a : Paramètres pour la loi MAZARS.

La figure 4.3-a présente les différentes courbes de compression obtenues avec les valeurs du tableau 4.3-a.

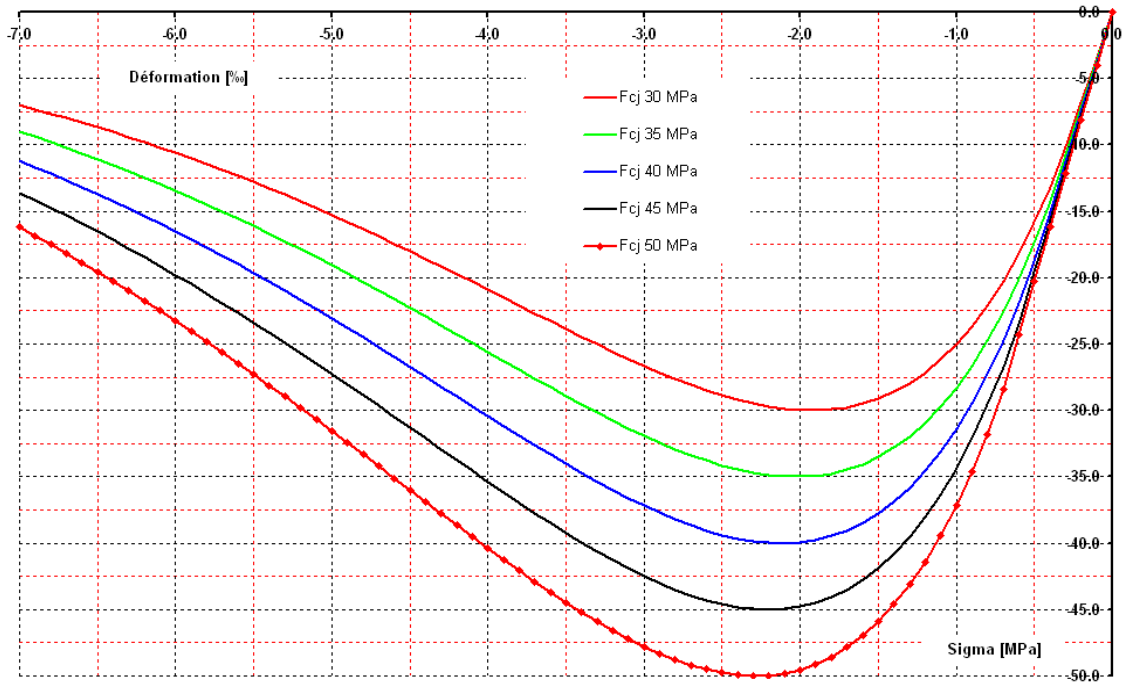


Figure 4.3-a : Loi de MAZARS courbes de compression $\sigma = f(\varepsilon)$.

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

5 Mot clef facteur BETON_GLRC

Ce mot-clé facteur sert à définir le matériau de béton qui sera fourni au mot-clé BETON/MATER de DEFI_GLRC/RELATION='GLRC_DM'.

5.1 Opérande CODIFICATION

Cette opérande fonctionne de la même manière que celle du mot-clé MAZARS.

♦ CODIFICATION = 'EC2'|'ESSAI'
- 'EC2' : indique que les paramètres utilisés dans la définition des matériaux sont issus de la codification EUROCODE 2 .
- 'ESSAI' : indique que les paramètres utilisés dans la définition des matériaux viennent d'essai.

5.1.1 Cas où CODIFICATION='EC2'

♦ UNITE_CONTRAINTE
Unité de contrainte du problème *MPa* ou *Pa* : Méga-Pascal ou Pascal. La saisie de cet opérande est obligatoire, car il est nécessaire de retourner les paramètres matériaux dans le système d'unité utilisé pour faire l'étude.

♦ CLASSE
La résistance en compression du béton est désignée par des classes de résistances liées à la résistance caractéristique mesurée sur cylindre ou sur cube, conformément à l' EN 206-1 .
Les classes disponible dans l'opérateur sont toutes celles définies dans l' EUROCODE 2 :
'C12/15' 'C16/20' 'C20/25' 'C25/30' 'C30/37' 'C35/45' 'C40/50'
'C45/55' 'C50/60' 'C55/67' 'C60/75' 'C70/85' 'C80/95' 'C90/105'

5.1.2 Cas où CODIFICATION='ESSAI'

Dans ce cas, l'utilisateur doit renseigner les paramètres suivants qui seront mis en forme dans un concept « matériau » afin d'être au format attendu par DEFI_GLRC. L'utilisateur doit donner ces caractéristiques dans un système d'unités compatible avec son étude.

♦ FCJ : Contrainte au pic en compression.
♦ EIJ : Module d'Young.
♦ EPSI_C : Déformation au pic en compression.
♦ FTJ : Contrainte au pic en traction.
◊ NU : Coefficient de poisson. (0,2 par défaut)

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

6 Mot clef facteur ACIER

Le modèle de comportement est élasto-plastique avec un écrouissage cinématique linéaire.

6.1 Opérandes

Les opérandes sont ceux que l'on retrouve sous les mots clefs facteurs ELAS et ECRO_LINE de la commande DEFI_MATERIAU [U4.43.01].

- ♦ E : Module d'Young, pente élastique de la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$
- ♦ SY : Limite d'élasticité.

◊ NU : Coefficient de poisson
◊ D_SIGM_EPSI : Pente de l'écrouissage sur la courbe $\sigma = f(\varepsilon)$. (cf . ECRO_LINE de la commande DEFI_MATERIAU).

◊ SIGM_LIM : Contrainte limite.
◊ EPSI_LIM : Déformation limite.

6.2 Fonctionnement

Deux opérandes sont obligatoires : E, SY. Si des opérandes facultatifs sont renseignés, ils sont pris en compte par la commande et les valeurs ne seront pas modifiées. Il est donc nécessaire de s'assurer de la cohérence des grandeurs fournies.

Dans le cas où des opérandes facultatifs ne sont pas renseignées, la commande détermine les grandeurs manquantes par les formules suivantes :

$\nu = 0.3$ $dsde = E/10000.0$ $\sigma_{ELS} = \sigma_y/1.1$ $\varepsilon_{ELU} = 10.0‰$

6.3 Exemples d'utilisation

Pour définir un acier avec une limite élastique de $400.0 MPa$, la commande s'utilise de la façon suivante :

```
ACIER = DEFI_MATER_GC(
   ACIER =_F(E=2.0E+11, SY=400.0E+06,),
)
```

La commande imprime dans le fichier de message toutes les valeurs qui servent à définir le matériau.

```
== PARAMÈTRES DE LA LOI ECRO_LINE ==
PARTIE ÉLASTICITÉ :
   E =  2.000E+11, NU =  3.00000000E-01,
PARTIE NON-LINÉAIRE :
   SY =  4.00000000E+08, EPSI_LIM =  1.00000000E-02,
   D_SIGM_EPSI =  2.00000000E+07, SIGM_LIM =  3.63636364E+08,
POUR INFORMATION :
   EPSI_ELAS =  2.00000000E-03,
```


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

7 Mot clef facteur ENDO_FISS_EXP

Le modèle de comportement ENDO_FISS_EXP est un modèle de comportement élastique endommageable non local (disponible en modélisation GRAD_VARI). Il permet de décrire le comportement adoucissant du béton. Il distingue en particulier le comportement en traction et en compression, restaure partiellement la rigidité en compression et décrit bien les états de cisaillement ou de bi-traction. Lorsque la longueur caractéristique tend vers zéro, il s'approche d'un modèle cohésif, ce qui explique qu'on renseigne des paramètres caractéristiques d'une loi cohésive plus que d'un modèle d'endommagement volumique.

7.1 Opérandes

E	Module de Young (Pa)
NU	Coefficient de Poisson
FT	Seuil d'endommagement en traction simple (Pa)
FC	Seuil d'endommagement en compression (Pa)
GF	Énergie de fissuration (N/m)
P	Paramètre d'écrouissage principal de la loi cohésive asymptotique
G_INIT	Énergie de fissuration partielle résultant de la pente initiale
Q	Paramètre d'écrouissage secondaire de la loi cohésive asymptotique
Q_REL	Paramètre d'écrouissage secondaire (compris entre 0 et 1)
LARG_BANDE	Largeur de la bande de localisation (m)
REST_RIGI_FC	Coefficient de restauration de rigidité (0 = sans restauration)
COEF_RIGI_MINI	Seuil de basculement à la matrice tangente sécante figée

Tableau 7.1-a : Paramètres matériaux de la loi ENDO_FISS_EXP

7.2 Fonctionnement

Certaines caractéristiques ne nécessitent pas explications complémentaires : le module de Young, le coefficient de Poisson, les seuils d'endommagement en traction et en compression, l'énergie de fissuration. Ce sont des caractéristiques usuelles pour la modélisation de l'endommagement du béton.

Pour ce qui concerne les paramètres P et Q qui caractérisent la réponse normalisée du modèle cohésif asymptotique (la contrainte est normalisée par FT, l'ouverture par GF/FT), on met à disposition plusieurs manières pour les renseigner. On peut directement renseigner P (supérieur à 1) ou l'effet de P sur la pente initiale de la réponse cohésive via la donnée de l'énergie de fissuration correspondante G_INIT si le modèle d'adoucissement cohésif était linéaire avec comme pente la pente initiale. Cette manière de caractériser la pente initiale est utilisée par certains auteurs, notamment dans le cadre d'une loi cohésive bilinéaire (on parle alors de G_f, avec une minuscule, par opposition à G_F, avec une majuscule, qui désigne l'intégralité de l'énergie de fissuration). Pour Q, on peut directement renseigner sa valeur (nulle par défaut) mais celle-ci est astreinte à demeurer entre 0 et une valeur maximale qui dépend de P. Pour simplifier la donnée de Q, on offre la possibilité de renseigner Q en relatif par rapport à cette valeur maximale via le mot-clé Q_REL (à valeur entre 0 et 1, donc).

Pour ce qui concerne la restauration de rigidité, le modèle ENDO_FISS_EXP introduit un paramètre de régularisation γ qui lisse le saut de rigidité entre traction et compression. Plutôt que de renseigner directement la valeur de γ, pas nécessairement très parlante, on préfère indiquer via REST_RIGI_FC le niveau de rigidité restaurée par rapport à la rigidité initiale pour une déformation (en compression) égale à FC/E. Cette valeur est donc comprise entre 0 (aucune restauration de rigidité) et 1 (strictement inférieure à 1, la restauration totale de rigidité n'étant pas possible avec la fonction de régularisation choisie). On propose une valeur de 0.9 par défaut.

On introduit enfin la largeur de la bande de localisation qui est censée refléter une fissure cohésive. C'est le double du paramètre D (qui mesure lui la demi-largeur de bande en 1D, tel que décrit dans la référence théorique du modèle).

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

Quant au paramètre COEF_RIGI_MINI, c'est celui introduit dans DEFI_MATERIAU [U4.43.01]. Lorsque la rigidité résiduelle normalisée par E est inférieure à COEF_RIGI_MINI, on substitue à la matrice tangente la matrice sécante correspondant à cette rigidité, ce qui limite les problèmes liés à de possibles zones totalement détruites (i.e. sans rigidité résiduelle). Ce paramètre est sans incidence sur la physique du modèle, il n'intervient que sur les propriétés de convergence de l'algorithme de Newton. Par défaut, cette fonction n'est pas activée (COEF_RIGI_MINI = 0), ce qui semble très bien convenir dans la plupart des cas.

De manière générale, on renvoie à la documentation de référence du modèle [R5.03.28] pour des explications plus détaillées sur la signification des différents paramètres du modèle.

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

8 Mot clef facteur ENDO_LOCA_EXP

Le modèle de comportement ENDO_LOCA_EXP est un modèle de comportement élastique endommageable local. Il permet de décrire le comportement adoucissant du béton. Il distingue en particulier le comportement en traction et en compression, restaure partiellement la rigidité en compression et décrit bien les états de cisaillement ou de bi-traction. De par son caractère local, il est dédié à une représentation homogénéisée des fissures structurelles, ce qui explique l'introduction d'une distance inter-fissure qui fixe la taille des zones contenant au plus une fissure. A l'échelle de cette zone, sa réponse est proche de celle de ENDO_FISS_EXP qui, lui, décrirait le détail de la fissure. Certains paramètres sont donc communs avec ceux de ENDO_FISS_EXP. Pour plus d'informations, on pourra se reporter au document [R7.01.42] et aux références qui y sont citées.

8.1 Opérandes

E	Module de Young (Pa)
NU	Coefficient de Poisson
FT	Résistance en traction simple (Pa)
FC	Résistance en compression simple (Pa)
GF	Énergie de fissuration (N/m)
P	Paramètre d'écrouissage
DIST_FISSURE	Distance moyenne inter-fissure (m)
REST_RIGI_FC	Coefficient de restauration de rigidité (0 = sans restauration)

Tableau 8.1-a : Paramètres matériaux de la loi ENDO_LOCA_EXP

8.2 Fonctionnement

Certaines caractéristiques ne nécessitent pas explications complémentaires : le module de Young, le coefficient de Poisson, les résistances en traction et en compression, l'énergie de fissuration. Ce sont des caractéristiques usuelles pour la modélisation de l'endommagement du béton.

Le paramètre P influe sur la forme de l'écrouissage, conduisant à une réponse contrainte – déformation d'autant plus courbée qu'il est grand. Il est analogue au paramètre P de la loi ENDO_FISS_EXP . Il n'y a pas d'autre paramètre caractérisant l'écrouissage : par rapport à ENDO_FISS_EXP , on a choisi de prendre Q=0 .

Pour ce qui concerne la restauration de rigidité, le modèle ENDO_LOCA_EXP introduit un paramètre de régularisation γ qui lisse le saut de rigidité entre traction et compression. Plutôt que de renseigner directement la valeur de γ, pas nécessairement très parlante, on préfère indiquer via REST_RIGI_FC le niveau de rigidité restaurée par rapport à la rigidité initiale pour une déformation (en compression) égale à FC/E. Cette valeur est donc comprise entre 0 (aucune restauration de rigidité) et 1 (strictement inférieure à 1, la restauration totale de rigidité n'étant pas possible avec la fonction de régularisation choisie). On propose une valeur de 0.95 par défaut.

On introduit enfin DIST_FISSURE la distance moyenne inter-fissure, qui dépend notamment des armatures dans le béton. En pratique, seul le ratio GF/DIST_FISSURE joue un rôle mais on a préféré conserver les deux paramètres car chacun porte une signification physique spécifique. Pour des raisons de stabilité locale du modèle (pas de snap-back à l'échelle du point matériel), il existe une borne supérieure à la distance inter-fissure qu'on peut modéliser. Le respect de cette condition est contrôlé lors de la mise en donnée.

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