

Opérateur DEFI_GLRC

1 But

L'opérateur `DEFI_GLRC` permet de définir les paramètres du modèle `GLRC_DAMAGE`.

Il permet de déterminer les caractéristiques du béton armé homogénéisées à partir des propriétés du béton et de plusieurs types d'armature (armatures passives, câbles de précontrainte, liner métallique).

Dans cette commande, on renseigne les propriétés physiques (coefficients élastiques, limites élastiques) et géométriques (section et positions d'acier) du béton armé. En sortie, on dispose d'un concept « matériau », qu'on peut affecter ensuite aux différentes mailles avec la commande `AFFE_MATERIAU`.

Il est important de noter qu'avant de faire appel à `DEFI_GLRC`, il est nécessaire d'utiliser `DEFI_MATERIAU` pour renseigner l'ensemble des paramètres matériau concernant les composants en acier et en béton.

Produit une Structure de données de type `mater`.

Table des Matières

1But.....	1
2Syntaxe générale.....	3
3Description générale de la coque en béton armé.....	4
4Opérandes.....	4
4.1Mot clé BETON	4
4.1.1Opérande MATER.....	4
4.1.2Opérande EPAIS.....	4
4.1.3Opérande GAMMA.....	4
4.1.4Opérandes QP1 et QP2.....	5
4.1.5Opérandes C1N1/C1N2/C1N3/C2N1/C2N2/C2N3.....	5
4.1.6Opérandes C1M1/C1M2/C1M3/C2M1/C2M2/C2M3.....	6
4.1.7Opérandes MP1X/MP1Y/ MP2X/MP2Y.....	6
4.2Mot clé ARMA	7
4.2.1Opérande MATER.....	7
4.2.2Opérandes OMX et OMY.....	7
4.2.3Opérandes RX et RY.....	7
4.3Mot clé CABLE_PREC	7
4.3.1Opérande MATER.....	7
4.3.2Opérandes OMX et OMY.....	8
4.3.3Opérandes RX et RY.....	8
4.3.4Opérandes PREX et PREY.....	8
4.4Mot clé LINER	8
4.4.1Opérande MATER.....	8
4.4.2Opérande OML.....	8
4.4.3Opérande RLR.....	8
4.5Mot clé IMPRESSION	8
5Exemple d'utilisation.....	9

2 Syntaxe générale

```

ma [mater] = DEFI_GLRC (
    reuse = mat, [mater]
# Définition des paramètres béton [$ 4]
    ♦ BETON = ( _F(♦ MATER= mat_beton, [mater]
        ♦ EPAIS = ep, [R]
        ♦ GAMMA = gamma, [R]
        ♦ QP1 = qp1, [R]
        ♦ QP2 = qp2, [R]

        ♦ C1N1 = c1n1, [R]
        ♦ C1N2 = c1n2, [R]
        ♦ C1N3 = c1n3, [R]
        ♦ C2N1 = c2n1, [R]
        ♦ C2N2 = c2n2, [R]
        ♦ C2N3 = c2n3, [R]
        ♦ C1M1 = c1m1, [R]
        ♦ C1M2 = c1m2, [R]
        ♦ C1M3 = c1m3, [R]
        ♦ C2M1 = c2m1, [R]
        ♦ C2M2 = c2m2, [R]
        ♦ C2M3 = c2m3, [R]

        ♦ MP1X = mp1x, [1_R]
        ♦ MP1Y = mp1y, [1_R]
        ♦ MP2X = mp2x, [1_R]
        ♦ MP2Y = mp2y, [1_R]
    ),

# Définition des paramètres armatures passives [$ 5]
    ♦ NAPPE = ( _F(♦ MATER= mat_acier, [mater]
        ♦ OMX = W xa, [R]
        ♦ OMY = W ya, [R]
        ♦ RX = rxa, [R]
        ♦ RY = rya, [R]
    ),

# Définition des paramètres câbles de précontrainte [$ 6]
    ♦ CABLE_PREC = ( _F(♦ MATER= mat_cable, [mater]
        ♦ OMX = W xp, [R]
        ♦ OMY = W yp, [R]
        ♦ RX = rxp, [R]
        ♦ RY = ryp, [R]
        ♦ PREX = precx, [R]
        ♦ PREY = precy, [R]
    ),

# Définition des paramètres liner métallique [$ 7]
    ♦ LINER = ( _F(♦ MATER= mat_liner, [mater]
        ♦ OML = W l, [R]
        ♦ RLR = rlr, [R]
    ),

    ♦ IMPRESSION = _F ( ♦ UNITE = / unit, [I]
                        / 8, [DEFAULT]
    ),
)

```

3 Description générale de la coque en béton armé

On décrit dans ce paragraphe la géométrie de la coque considérée.

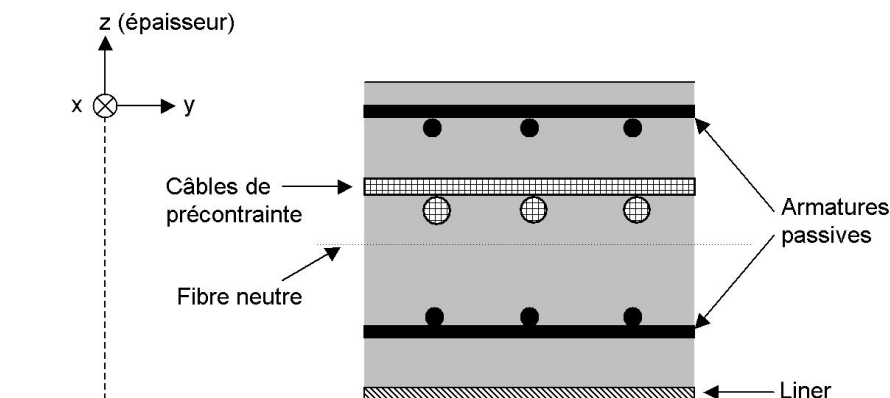


Figure 3-a: Section courante de la coque en béton armé.

La section (Figure 1) est composée :

- de la coque en béton
- des armatures passives
- des câbles de précontrainte
- d'un liner métallique

Le liner est une plaque en acier placée en peau interne de l'enceinte garantissant notamment l'étanchéité en cas de fuite accidentelle.

La précontrainte permet de comprimer le béton de la structure de génie civil. Cette précontrainte est appliquée à l'aide de câbles de précontrainte en acier mis sous tension.

4 Opérandes

4.1 Mot clé **BETON**

Le mot clé facteur **BETON** permet de définir les caractéristiques géométriques et matériau du béton.

4.1.1 Opérande **MATER**

`MATER = mat_beton`

Définit le nom du matériau produit par `DEFI_MATERIAU` utilisé pour le béton. 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.

4.1.2 Opérande **EPAIS**

`EPAIS = ep`

Définit l'épaisseur de la plaque de béton. On vérifie que `EPAIS ≥ 0`.

4.1.3 Opérande **GAMMA**

`GAMMA = gamma`

Définit le paramètre d'endommagement qui caractérise la pente de la courbe moment – courbure pendant la fissuration du béton (figure 2). `GAMMA` peut être considéré comme étant le rapport entre la

Titre : Opérateur DEFI_GLRC

Date : 03/04/2009

Auteur(s) : S.FAYOLLE (EDF-R&D/AMA)

Clé : U4.42.06

Page : 5/10

pente durant la fissuration sur la pente élastique. Si $\text{GAMMA} > 0$, la pente est positive. Si $\text{GAMMA} < 0$, la pente décroît et la stabilité n'est plus garantie. Dans tous les cas, nous devons avoir $\text{GAMMA} < \text{QP1}$ et $\text{GAMMA} < \text{QP2}$. La valeur par défaut est 0. Ce paramètre est utilisé uniquement pour le calcul de l'endommagement :

$$\gamma = \frac{p_f}{p_{\text{élas}}}$$

Avec :

- γ : GAMMA
- $p_{\text{élas}}$: pente élastique
- p_f : pente pendant la fissuration

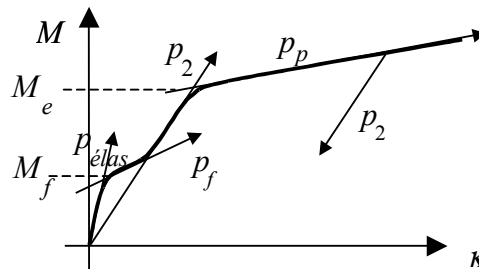


Figure 4.1.3-a: Courbe moment – courbure du comportement d'une plaque en béton armé en flexion.

4.1.4 Opérandes QP1 et QP2

 $\text{QP1} = \text{qp1}$
 $\text{QP2} = \text{qp2}$

Définissent des ratios de pentes pour une flexion positive ou négative. Le ratio est supposé être le rapport de la pente de la courbe courbure – moment après fissuration sur la pente élastique. Ils ne sont utilisés que pour le calcul de l'endommagement :

$$Q_p = \frac{p_2}{p_{\text{élas}}}$$

Avec :

- Q_p : ratio des pentes
- $p_{\text{élas}}$: pente élastique
- p_2 : pente après la fissuration

On vérifie que $0 < \text{QPi} < 1$.

4.1.5 Opérandes C1N1/C1N2/C1N3/C2N1/C2N2/C2N3

 $\text{C1N1} = \text{c1n1}$
 $\text{C1N2} = \text{c1n2}$
 $\text{C1N3} = \text{c1n3}$
 $\text{C2N1} = \text{c2n1}$
 $\text{C2N2} = \text{c2n2}$
 $\text{C2N3} = \text{c2n3}$

Définissent les composantes du tenseur d'écrouissage cinématique de Prager liant les tenseurs des déformations plastiques membranaires avec les efforts de membrane de rappel cinématique.

$$n = \text{CN}_1 \epsilon_1^p + \text{CN}_2 \epsilon_2^p$$

Avec :

$$\begin{aligned} \bullet \quad CN_1 &= \begin{pmatrix} CIN1 & 0 & 0 \\ 0 & CIN2 & 0 \\ 0 & 0 & CIN3 \end{pmatrix} \\ \bullet \quad CN_2 &= \begin{pmatrix} C2N1 & 0 & 0 \\ 0 & C2N2 & 0 \\ 0 & 0 & C2N3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

- ϵ_1^p et ϵ_2^p sont les tenseurs de déformation plastique membranaire pour le critère de plasticité 1 et 2.

On vérifie que $CiNj \geq 0$.

4.1.6 Opérandes C1M1/C1M2/C1M3/C2M1/C2M2/C2M3

C1M1 = c1m1
C1M2 = c1m2
C1M3 = c1m3
C2M1 = c2m1
C2M2 = c2m2
C2M3 = c2m3

Définissent les composantes du tenseur d'écrouissage cinématique de Prager liant les tenseurs des courbures plastiques avec les moments de rappel cinématique.

$$m = CM_1 \kappa_1^p + CM_2 \kappa_2^p$$

Avec :

$$\begin{aligned} \bullet \quad CM_1 &= \begin{pmatrix} CIM1 & 0 & 0 \\ 0 & CIM2 & 0 \\ 0 & 0 & CIM3 \end{pmatrix} \\ \bullet \quad CM_2 &= \begin{pmatrix} C2M1 & 0 & 0 \\ 0 & C2M2 & 0 \\ 0 & 0 & C2M3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

- κ_1^p et κ_2^p sont les tenseurs de courbure plastique pour le critère de plasticité 1 et 2.

Le calcul des $CiMj$ est effectué en utilisant MOCO.

$$C_i M_j = \frac{P_{\text{élas}} P_p}{P_{\text{élas}} - P_p}$$

Avec :

- $p_{\text{élas}}$: pente élastique
- p_p : pente plastique

On vérifie que $CiMj \geq 0$.

4.1.7 Opérandes MP1X/MP1Y/ MP2X/MP2Y

MP1X = mp1x
MP1Y = mp1y
MP2X = mp2x

Définissent les moments plastiques limites du critère généralisé de Johansen utilisé dans le modèle de comportement GLRC_DAMA. Quand ceux-ci ne sont pas spécifiés, ils sont calculés de manière automatique.

4.2 Mot clé ARMA

Le mot clé facteur ARMA permet de définir les caractéristiques géométriques et matériau des armatures passives.

4.2.1 Opérande MATER

MATER= mat_acier

Définit le nom du matériau produit par DEFI_MATERIAU utilisé pour les armatures passives. Cet opérande permet de récupérer les paramètres matériaux utilisés pour les armatures passives (module d'Young E_a , coefficient de Poisson ν_a et limite élastique σ_{ya}).

4.2.2 Opérandes OMX et OMY

OMX = W xa
OMY = W ya

Définissent les sections d'acier d'un lit d'armatures donné suivant les directions x et y (en m²/m linéaire).

On vérifie que $W_{xa} \geq 0$ et $W_{ya} \geq 0$.

4.2.3 Opérandes RX et RY

RX = rxa
RY = rya

Définissent la position adimensionnée d'un lit d'armatures par rapport à l'épaisseur de la coque en béton, donnée dans les directions x et y ($-1 \leq r_{xa} \leq 1$, $-1 \leq r_{ya} \leq 1$, figure 3).

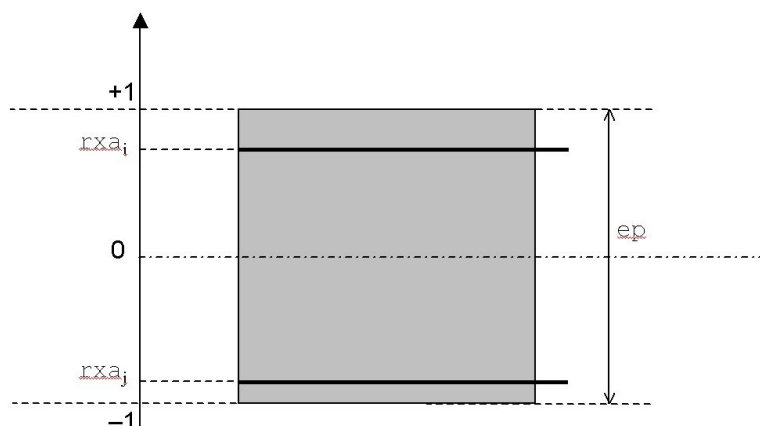


Figure 4.2.3-a: Définition de la position adimensionnée des lits d'armature.

4.3 Mot clé CABLE_PREC

Le mot clé facteur CABLE_PREC permet de définir les caractéristiques géométriques et matériau des câbles de précontrainte ainsi que l'effort de précontrainte utilisé.

4.3.1 Opérande MATER

MATER = mat_cable

Définit le nom du matériau produit par DEFI_MATERIAU utilisé pour les câbles de précontrainte.
Cet opérande permet de récupérer les paramètres matériaux utilisés pour les câbles de précontrainte (module d'Young E_p , coefficient de Poisson ν_p et limite élastique σ_{yp}).

4.3.2 Opérandes OMX et OMY

OMX = W xp
OMY = W yp

Définissent les sections d'acier d'un lit de câbles de précontrainte donné suivant les directions x et y (en m²/m linéaire) .
On vérifie que $W_{xp} \geq 0$ et $W_{yp} \geq 0$.

4.3.3 Opérandes RX et RY

RX = rxp
RY = ryp

Définissent la position adimensionnée d'un lit de câbles de précontrainte par rapport à l'épaisseur de la coque en béton, donnée dans les directions x et y ($-1 \leq rxp \leq 1$, $-1 \leq ryp \leq 1$).

4.3.4 Opérandes PREX et PREY

PREX = precx,
PREY = precy,

Définissent les forces de précontrainte (en Newton) dans les directions x et y (elles doivent être normalement négatives car on applique un effort de compression).

4.4 Mot clé LINER

Le mot clé facteur LINER permet de définir les caractéristiques géométriques et matériau du liner métallique.

4.4.1 Opérande MATER

MATER = mat_liner

Définit le nom du matériau produit par DEFI_MATERIAU utilisé pour le liner métallique.
Cet opérande permet de récupérer les paramètres matériaux utilisés pour le liner métallique (module d'Young E_l , coefficient de Poisson ν_l et limite élastique σ_{yl}).

4.4.2 Opérande OML

OML = W l

Définit l'épaisseur du liner (en m).
On vérifie que $w_l \geq 0$.

4.4.3 Opérande RLR

RLR = rlr,

Définit la position adimensionnée du liner par rapport à l'épaisseur de la coque en béton (en pratique, $rlr = -1$ ou $rlr = 1$, car le liner métallique est disposé en face inférieure ou supérieure de la coque en béton).

4.5 Mot clé IMPRESSION

Impression au format RESULTAT de la liste des paramètres homogénéisés utilisés en entrée du modèle de comportement GLRC_DAMAGE.

5 Exemple d'utilisation

L'exemple suivant est issu du test SDNS106A:

```
MAT = DEFI_GLRC (
    BETON = _F (
        MATER = MAT_B,
        EPAIS = EP,
        GAMMA = 0.0,
        QP1 = 0.15,
        QP2 = 0.15,

        C1N1 = 87.3E6, C1N2 = 87.3E6, C1N3 = 87.3E6,
        C2N1 = 87.3E6, C2N2 = 87.3E6, C2N3 = 87.3E6,
        C1M1 = 14.8E6, C1M2 = 14.8E6, C1M3 = 14.8E6,
        C2M1 = 14.8E6, C2M2 = 14.8E6, C2M3 = 14.8E6, ),

    NAPPE = (
        _F (MATER = MAT_A1,
            OMX = 5.65E-4,
            OMY = 5.65E-4,
            RX = 0.95,
            RY = 0.95, ),
        _F (MATER = MAT_A1,
            OMX = 5.65E-4,
            OMY = 5.65E-4,
            RX = -0.95,
            RY = -0.95, ), ),

    LINER = _F (
        MATER = MAT_A2,
        OML = 6.E-3,
        RLR = -1., ),

    CABLE_PREC = _F (
        MATER = MAT_A2,
        OMX = 4.56E-3,
        OMY = 1.35E-2,
        RX = 0.0,
        RY = 0.0,
        PREX = -3.0E6,
        PREY = -3.0E6, ),

    IMPRESSION = _F ( ), );
```

Remarque :

Dans cet exemple, on utilise 3 matériaux différents : MAT_B (béton), MAT_A1 (armatures passives) et MAT_A2 (liner métallique et câbles de précontrainte). Avant de définir les paramètres de DEFI_GLRC, il est obligatoire d'utiliser DEFI_MATERIAU pour renseigner tous les paramètres concernant ces matériaux:

```
MAT_B=DEFI_MATERIAU (
    ELAS = _F (
        E      = 30000.E6,
        NU     = 0.2,
        RHO    = 2500.0, ),
```

Titre : Opérateur DEFI_GLRC
Auteur(s) : S.FAYOLLE (EDF-R&D/AMA)

Date : 03/04/2009
Clé : U4.42.06

Page : 10/10

```
BETON_ECRO_LINE = _F(  
    D_SIGM_EPSI = 0.0,  
    SYT         = 5E6,  
    SYC         = -35.E6, ), );  
  
MAT_A1=DEFI_MATERIAU(  
    ELAS = _F(  
        E      = 2.E11,  
        NU     = 0.0, ),  
    ECRO_LINE = _F(  
        D_SIGM_EPSI = 0.0,  
        SY         = 3.E9, ), );  
  
MAT_A2=DEFI_MATERIAU(  
    ELAS = _F(  
        E      = 2.E11,  
        NU     = 0.3, ),  
    ECRO_LINE = _F(  
        D_SIGM_EPSI = 0.0,  
        SY         = 5.E8, ), );
```

Bien que les formules d'homogénéisation utilisées dans DEFI_GLRC n'exploitent que les valeurs de seuil SY pour ECRO_LINE et SYT, SYC pour BETON_ECRO_LINE de DEFI_MATERIAU, on est obligé de renseigner aussi les valeurs D_SIGM_EPSI comme indiqué ci-dessus, puisque il s'agit de mots-clé obligatoires.