# Opérateur DEFI_GLRC

## 1 But

L'opérateur DEFI_GLRC permet de définir les paramètres des modèles de comportement de béton armé GLRC_DAMAGE [R7.01.31] et GLRC_DM [R7.01.32].

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 de plaques 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 ou DEFI_MATER_GC pour renseigner l'ensemble des paramètres matériau concernant les composants en acier et en béton.

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....4
3 Description générale de la coque en béton armé....6
4 Opérandes RELATION = GLRC_DM....7
4.1 Mot clé BETON....7
4.1.1 Opérande MATER....7
4.1.2 Opérande EPAIS....7
4.2 Mot clé NAPPE....7
4.2.1 Opérande MATER....7
4.2.2 Opérandes OMX et OMY....7
4.2.3 Opérandes RX et RY....8
4.3 Opérande RHO....8
4.4 Opérandes AMOR_ALPHA, AMOR_BETA et AMOR_HYST....8
4.5 Mot clé facteur PENTE....9
4.5.1 Opérande TRACTION....9
4.5.2 Opérande FLEXION....10
4.5.3 Opérande EPSI_MEMB....11
4.5.4 Opérande KAPPA_FLEX....11
4.6 Mot clé CISAIL....12
4.7 Mot clé INFO....12
4.8 Exemple d'utilisation....12
5 Opérandes RELATION = GLRC_DAMAGE....13
5.1 Mot clé BETON....13
5.1.1 Opérande MATER....13
5.1.2 Opérande EPAIS....13
5.1.3 Opérande GAMMA....13
5.1.4 Opérandes QP1 et QP2....15
5.1.5 Opérandes C1N1/C1N2/C1N3/C2N1/C2N2/C2N3....15
5.1.6 Opérandes C1M1/C1M2/C1M3/C2M1/C2M2/C2M3....15
5.1.7 Opérandes BT1/BT2 et EAT/OMT....16
5.1.8 Opérandes MP1X/MP1Y/MP2X/MP2Y et MP1X_FO/MP1Y_FO/MP2X_FO/MP2Y_FO....17
5.2 Mot clé ARMA....17
5.2.1 Opérande MATER....17
5.2.2 Opérandes OMX et OMY....17
5.2.3 Opérandes RX et RY....17
5.3 Mot clé CABLE_PREC....18
5.3.1 Opérande MATER....18
5.3.2 Opérandes OMX et OMY....18



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

5.3.3 Opérandes RX et RY....18
5.3.4 Opérandes PREX et PREY....18
5.4 Mot clé LINER....19
5.4.1 Opérande MATER....19
5.4.2 Opérande OML....19
5.4.3 Opérande RLR....19
5.5 Mot clé ALPHA....19
5.6 Mot clé INFO....19
6 Exemple d'utilisation....20



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

# 2 Syntaxe générale

```
ma [mater] = DEFI_GLRC (

reuse     =  mat,                                    [mater]
♦  RELATION =   /  GLRC_DM
# Définition des paramètres béton
   ♦  BETON =   (  _F(♦  MATER =   mat_beton,        [mater]
                      ♦  EPAIS     = ep,             [R]
                ),
# Définition des paramètres des armatures
   ♦  NAPPE =   (  _F(♦  MATER  = mat_acier,         [mater]
                      ♦  OMX    = Wx,               [R]
                      ♦  OMY    = Wy,               [R]
                      ♦  RX     = rx,               [R]
                      ♦  RY     = ry,               [R]
                ),
   ◊  RHO           =  rho                           [R]
   ◊  AMOR_ALPHA    =  amor_alpha                    [R]
   ◊  AMOR_BETA     =  amor_beta                     [R]
   ◊  AMOR_HYST     =  amor_hyst                     [R]

   ♦  PENTE  =  _F(◊  TRACTION =    /  RIGI_ACIER   [DEFAUT]
                                     /  PLAS_ACIER
                                     /  UTIL
                   # si TRACTION = UTIL
                   ♦  EPSI_MEMB = em,               [R]

                   ◊  FLEXION =     /  RIGI_INIT [DEFAUT]
                                    /  RIGI_ACIER
                                    /  PLAS_ACIER
                                    /  UTIL
                   # si FLEXION = UTIL
                   ♦  KAPP_FLEX = kf,               [R]
   ♦  CISAIL =  /  OUI
                /  NON                              [DEFAUT]
   ◊  INFO=  /  1                                   [DEFAUT]
             /  2

♦RELATION =  /  GLRC_DAMAGE
# Définition des paramètres béton
   ♦  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]
```



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

```
                        ♦  C2M3   =  c2m3,            [R]

                        ◊   BT1      =  bt1,             [R]
                        ◊  BT2    =  bt2,             [R]

                        ◊  EAT    =  eat,             [R]
                        ◊  OMT    =  omt,             [R]

                        ◊  MP1X   =  mp1x,            [l_R]
                        ◊  MP1Y   =  mp1y,            [l_R]
                        ◊  MP2X   =  mp2x,            [l_R]
                        ◊  MP2Y   =  mp2y,            [l_R]

                        ◊  MP1X_FO   =  mp1x_fo,      [l_R]
                        ◊  MP1Y_FO   =  mp1y_fo,      [l_R]
                        ◊  MP2X_FO   =  mp2x_fo,      [l_R]
                        ◊  MP2Y_FO   =  mp2y_fo,      [l_R]
          ),

# Définition des paramètres armatures passives
   ♦  NAPPE =   (  _F(♦  MATER  = mat_acier,        [mater]
                      ♦  OMX    = Wxa,             [R]
                      ♦  OMY    = Wya,             [R]
                      ♦  RX     = rxa,             [R]
                      ♦  RY     = rya,             [R]
                ),

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

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

# Définition du coefficient de dilatation thermique “moyen” :
   ◊  ALPHA =   alpha,                              [R]

   ◊  INFO = /  1                                   [DEFAUT]
             /  2
                      )
```



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

# 3 Description générale de la coque en béton armé

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

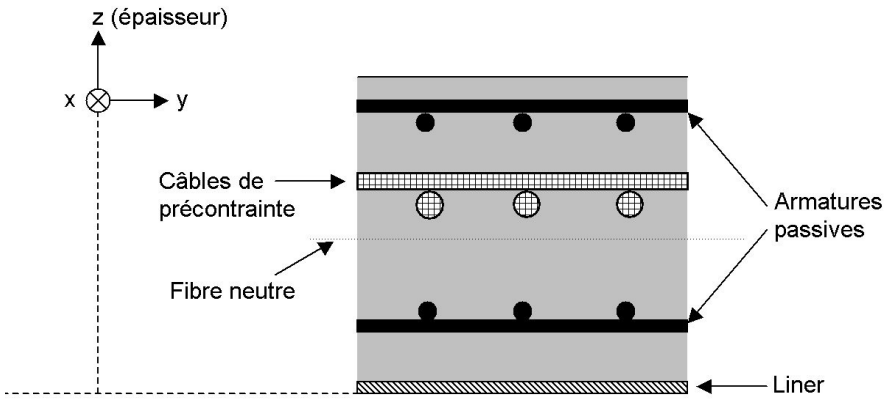



**Figure 3-a: Section courante de la coque en béton armé.**

La section de base d'une dalle en béton armé (Figure 3-a) est composée :
- de la coque en béton
- des armatures passives

et dans le cas de GLRC_DAMAGE, la section peut contenir en plus :
- des câbles de précontrainte
- 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.



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

# 4 Opérandes RELATION = GLRC_DM

On consultera la documentation du modèle GLRC_DM [R7.01.32].

## 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 obligatoirement par DEFI_MATER_GC/BETON_GLRC utilisé pour le béton. Cet opérande permet de vérifier que les paramètres associés aux comportements du béton existent bien dans le matériau.

### 4.1.2 Opérande EPAIS

```
EPAIS = ep
```

Définit l'épaisseur de la plaque de béton. On vérifie que $ep \geq 0$ .

Remarque :
La valeur de cette épaisseur doit être identique à celle donnée dans AFFE_CARA_ELEM pour les éléments de coque utilisant le matériau mat_beton (défini par DEFI_GLRC).

## 4.2 Mot clé NAPPE

Le mot clé facteur NAPPE permet de définir les caractéristiques géométriques et matériau des armatures passives. Ce mot clé peut être défini seulement une seule fois. En effet, sous l'hypothèse d'isotropie en élasticité de la loi de comportement GLRC_DM, toutes les armatures sont nécessairement identiques et à équidistance de la fibre neutre.

### 4.2.1 Opérande MATER

```
MATER = mat_acier
```

Définit le nom du matériau produit obligatoirement par DEFI_MATE_GC/ACIER utilisé pour les armatures passives.
Cet opérande permet de récupérer les paramètres matériau utilisés pour les armatures passives (module d'Young $E_a$ , coefficient de Poisson $\nu_a$ et limite élastique $\sigma_{ya}$ ).

### 4.2.2 Opérandes OMX et OMY

```
OMX = Wx
OMY = Wy
```

Définissent les sections d'acier $\Omega_x$ et $\Omega_y$ d'un quelconque des deux lits d'armatures donné suivant les directions $x$ et $y$ (en $m^2/m$ linéaire si l'épaisseur est donnée en $m$ ). On rappelle que la formulation du modèle GLRC_DM impose que les deux nappes d'armatures soient identiques.
On vérifie que $\Omega_x > 0$ et $\Omega_x = \Omega_y$ .Avec les deux nappes d'armatures dans la section de béton armé, on aura donc un taux de ferraillage total égal à $2\Omega_x = 2\Omega_y$ .



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

### 4.2.3 Opérandes RX et RY

```
RX = rx
RY = ry
```

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 $y$ ( $-1 \leq rx \leq 1$ , $-1 \leq ry \leq 1$ , Figure 4.2.3-a).
On vérifie que $rx = ry$ .

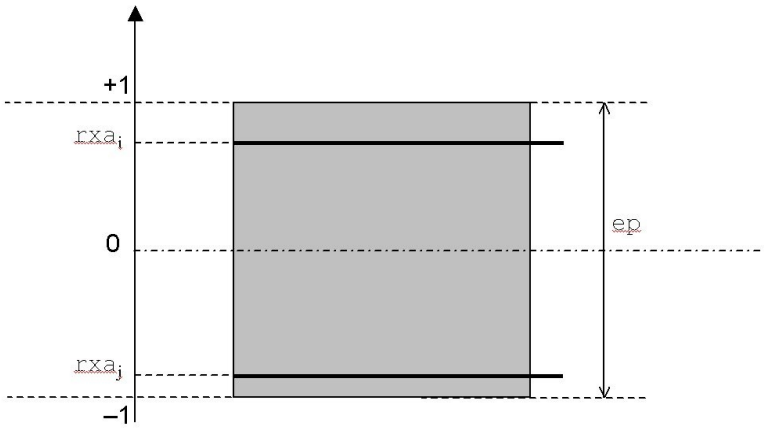



**Figure 4.2.3-a: Définition de la position adimensionnée des lits d'armatures.**

## 4.3 Opérande RHO

```
RHO = rho
```

Opérande facultatif permettant à l'utilisateur de définir la masse volumique équivalente de la dalle en béton armé. Dans le cas où l'opérande n'est pas défini, la masse volumique est calculée de la manière suivante :

$$\rho_{eq} = \rho_b + \frac{\rho_a}{h}(\Omega_x^{\sup} + \Omega_x^{\inf} + \Omega_y^{\sup} + \Omega_y^{\inf})$$

Où $\rho_a$ désigne la masse volumique de l'acier et est récupérée dans le concept mat_acier fourni par l'opérande MATER du mot clé NAPPE.
Où $\rho_b$ désigne la masse volumique du béton et est récupérée dans le concept mat_beton fourni par l'opérande MATER du mot clé BETON .
Où $h$ est l'épaisseur fournie par le mot clé EPAIS.

## 4.4 Opérandes AMOR_ALPHA, AMOR_BETA et AMOR_HYST

```
AMOR_ALPHA    = amor_alpha
AMOR_BETA     = amor_beta
AMOR_HYST     = amor_hyst
```

Opérande facultatif permettant à l'utilisateur de définir les coefficients $\alpha$ et $\beta$ qui servent à construire la matrice de l'amortissement de Rayleigh et $\eta$ pour l'amortissement hystérétique.

$$\mathbf{C} = \alpha \mathbf{K} + \beta \mathbf{M}$$



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

On se reportera aux documents de modélisation de l'amortissement mécanique [U2.06.03] et [R5.05.04].

Si les opérandes ne sont pas renseignées dans la commande, elles prennent les valeurs définies dans le concept mat_beton fourni par l'opérande MATER du mot clé BETON.

## 4.5 Mot clé facteur PENTE

### 4.5.1 Opérande TRACTION

```
◊  TRACTION =    /  RIGI_ACIER    [DEFAUT]
                 /  PLAS_ACIER
                 /  UTIL
```

Le mot clé TRACTION permet de définir la méthode de calcul de la pente post-élastique. En effet, il est possible de réaliser ce calcul suivant trois méthodes dénommées RIGI_ACIER, PLAS_ACIER et UTIL. Ces trois calculs de pentes permettent de mettre en place trois méthodes de recalage différentes en fonction des propriétés matériaux renseignées pour la traction. Dans le cas où la limite élastique des aciers n'est pas connue, les méthodes de recalage RIGI_ACIER, i.e. pente post-élastique égale à la pente de reprise de raideur des aciers, et UTIL, i.e. pente post-élastique coupe la pente de reprise de raideur des aciers à une déformation maximale dont la valeur est imposée par l'utilisateur, sont accessibles (cette méthode n'est pas adaptée pour des déformations maximales plus faibles que le creux de la courbe de référence, voir Figure 4.5.1-b). Dans le cas où la limite d'élasticité des aciers est connue, il est possible d'utiliser la méthode de recalage à la limite de plasticité des aciers (PLAS_ACIER). Les différentes méthodes de recalage sont illustrées par les figures qui suivent.

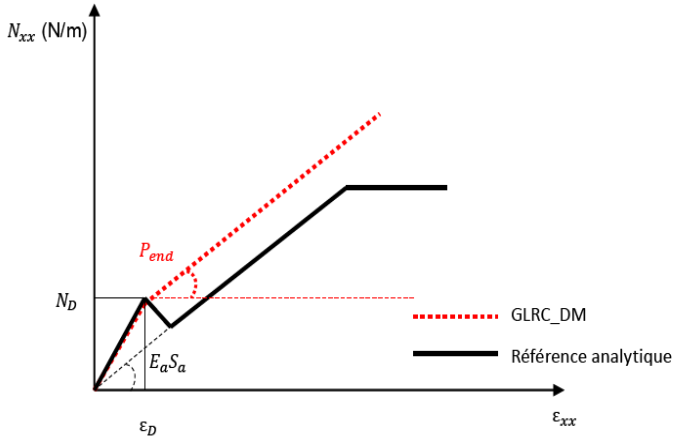
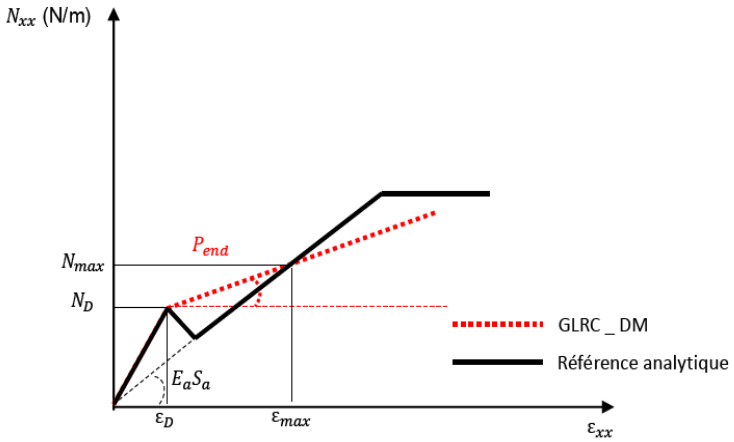



**Figure 4.5.1-a: Courbe de traction (GLRC_DM vs Référence) Recalage PENTE = RIGI_ACIER**






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

**Figure 4.5.1-b: Courbe de traction (GLRC_DM vs Référence) Recalage PENTE = UTIL**

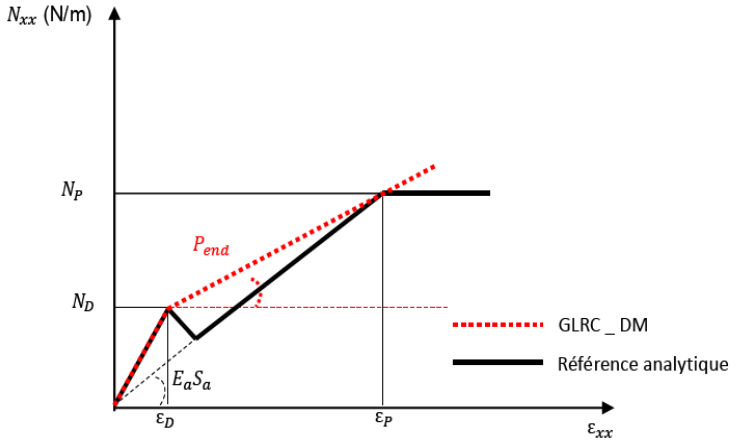



**Figure 4.5.1-c: Courbe de traction (GLRC_DM vs Référence) Recalage PENTE = PLAS_ACIER**

Dans le cas du recalage à la déformation maximale (TRACTION=UTIL), il est nécessaire de renseigner la déformation maximale en membrane (EPSI_MEMB).

### 4.5.2 Opérande FLEXION

```
◊  FLEXION =     /  RIGI_INIT [DEFAUT]
                 /  RIGI_ACIER
                 /  PLAS_ACIER
                 /  UTIL
```

Le mot clé FLEXION permet de définir la méthode de calcul de la pente post-élastique. En effet, il est possible de réaliser ce calcul suivant deux méthodes dénommées RIGI_INIT, RIGI_ACIER, PLAS_ACIER et UTIL.

Les options RIGI_ACIER et PLAS_ACIER correspondent aux paramétrages exposés pour la flexion au 4.5.1, transposés au cas de la flexion.

Dans le cas de l'option RIGI_INIT, l'approximation bilinéaire de réponse en flexion de la section est déterminée de la manière suivante (cf [R7.01.32]) :

- le seuil d'élasticité est fixé pour une valeur M qui s'écarte de 5 % de la courbe théorique ;
- la deuxième pente est définie afin que la loi bilinéaire soit tangente à la courbe théorique.



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

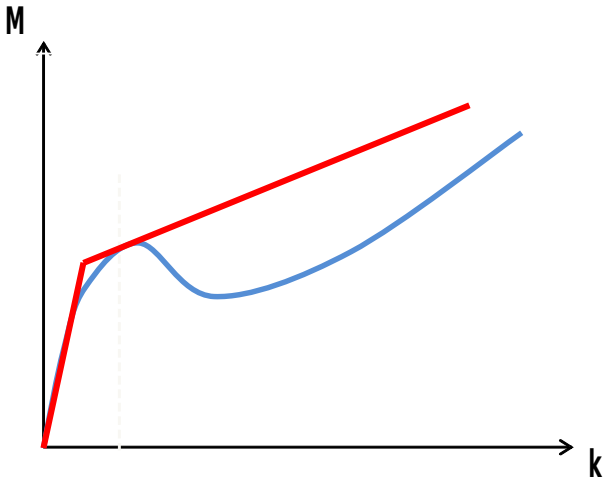



**Figure 4.5.2-a: Courbe de flexion (GLRC_DM vs Référence) Recalage PENTE = RIGI_INIT**

Dans le cas de l'option UTIL, l'approximation bilinéaire de réponse en flexion de la section est déterminée de façon à diminuer l'aire relative par rapport à la réponse théorique de la section jusqu'à la courbure kf (KAPPA_FLEX) . (cf [R7.01.32])

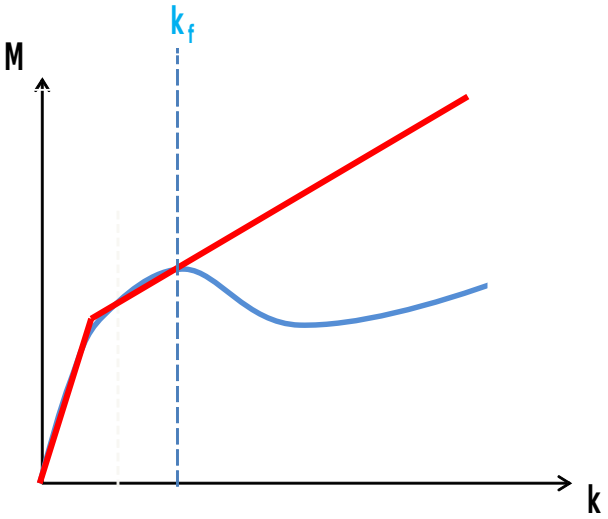



**Figure 4.5.2-b: Courbe de flexion (GLRC_DM vs Référence) Recalage PENTE = UTIL**

### 4.5.3 Opérande EPSI_MEMB

```
EPSI_MEMB     = em
```

Définit la valeur de la déformation maximale en membrane dans le cas TRACTION=UTIL .

### 4.5.4 Opérande KAPPA_FLEX

```
KAPPA_FLEX    = kf
```

Définit la valeur de la courbure maximale en flexion (inverse d'une longueur) dans le cas FLEXION=UTIL .



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

## 4.6 Mot clé CISAIL

Le mot clé simple CISAIL permet de définir si les paramètres élastiques homogénéisés sont ceux calculés par homogénéisation pour une application standard du modèle de comportement (CISAIL=NON) ou ceux calculés pour une application particulière afin de respecter le fait quand on est en cisaillement plan pur la rigidité des aciers n'intervient pas dans le comportement élastique (CISAIL=OUI).

## 4.7 Mot clé INFO

Avec INFO = 2, on obtient l'Impression au format RESULTAT de la liste des paramètres homogénéisés utilisés en entrée du modèle de comportement GLRC_DM : élasticité, seuils et comportement endommageant.

## 4.8 Exemple d'utilisation

On pourra consulter l'exemple d'utilisation reporté dans le test SSNS106A, en situation de traction-compression, et dans le test SSNS106B, en situation de flexion alternée, cf. [V6.05.106]. Il peut être utilisé afin de vérifier sur le cas à étudier les conséquences en termes de réponse pour des chargements élémentaires en statique alternée du choix des paramètres et des méthodes d'identification.



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

# 5 Opérandes RELATION = GLRC_DAMAGE

On consultera la documentation du modèle GLRC_DAMAGE [R7.01.31].

## 5.1 Mot clé BETON

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

### 5.1.1 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.

### 5.1.2 Opérande EPAIS

```
EPAIS = ep
```

Définit l'épaisseur de la plaque de béton. On vérifie que $ep \geq 0$ .

Remarque :
La valeur de cette épaisseur doit être identique à celle donnée dans AFFE_CARA_ELEM pour les éléments de coque utilisant le matériau mat_beton (défini par DEFI_GLRC).

### 5.1.3 Opérande GAMMA

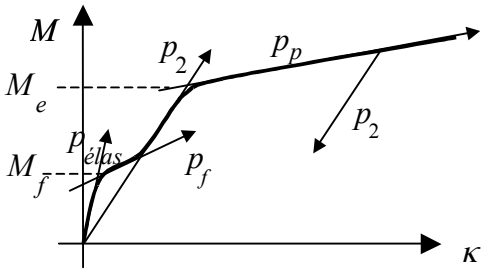
```
GAMMA = gamma
```

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

$$\gamma = \frac{p_f}{p_{élas}}$$

avec :

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






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

**Figure 5.1.3-a: Courbe moment – courbure du comportement d'une plaque en béton armé en flexion.**



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

### 5.1.4 Opérandes QP1 et QP2

```
QP1 = qp1
QP2 = 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 :

$$Q_P = \frac{p_2}{p_{élas}}$$

Avec :

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

On vérifie que $0 < QPi < 1$ .

### 5.1.5 Opérandes C1N1/C1N2/C1N3/C2N1/C2N2/C2N3

```
C1N1 = c1n1
C1N2 = c1n2
C1N3 = c1n3
C2N1 = c2n1
C2N2 = c2n2
C2N3 = 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.

$$N = CN_1 \epsilon_1^p + CN_2 \epsilon_2^p$$

Avec :

- $CN_1 = \begin{pmatrix} C1N1 & 0 & 0 \\ 0 & C1N2 & 0 \\ 0 & 0 & C1N3 \end{pmatrix}$
- $CN_2 = \begin{pmatrix} C2N1 & 0 & 0 \\ 0 & C2N2 & 0 \\ 0 & 0 & C2N3 \end{pmatrix}$
- $\epsilon_1^p$ et $\epsilon_2^p$ sont les tenseurs de déformation plastique membranaire pour le critère de plasticité 1 et 2.

On vérifie que $CiNj \geq 0$ .

### 5.1.6 Opérandes C1M1/C1M2/C1M3/C2M1/C2M2/C2M3

```
C1M1 = c1m1
C1M2 = c1m2
C1M3 = c1m3
C2M1 = c2m1
C2M2 = c2m2
```



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

```
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 :

- $CM_1 = \begin{pmatrix} C1M1 & 0 & 0 \\ 0 & C1M2 & 0 \\ 0 & 0 & C1M3 \end{pmatrix}$
- $CM_2 = \begin{pmatrix} C2M1 & 0 & 0 \\ 0 & C2M2 & 0 \\ 0 & 0 & C2M3 \end{pmatrix}$
- $\kappa_1^p$ et $\kappa_2^p$ sont les tenseurs de courbure plastique pour les critères de plasticité 1 et 2.

Le calcul des $C_i M_j$ est effectué en utilisant MOCO.

$$C_i M_j = \frac{p_{élas} p_p}{p_{élas} - p_p}$$

avec :

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

On vérifie que $C_i M_j \geq 0$ .

### 5.1.7 Opérandes BT1/BT2 et EAT/OMT

```
BT1 = bt1
BT2 = bt2

EAT = eat
OMT = omt
```

Dans le cas où les éléments finis supportent le calcul des efforts tranchants, ces opérandes servent à définir la matrice élastique de rigidité de cisaillement transverse. Les efforts tranchants $V$ sont reliés aux distorsions $\gamma$ par :

$$V = \begin{bmatrix} BT1 & 0 \\ 0 & BT2 \end{bmatrix} : \gamma$$

Si l'utilisateur renseigne le module de Young des aciers transversaux EAT ainsi que la section d'acier transversaux par mètre linéique OMT alors on déduit les coefficients de la matrice de rigidité par la relation suivante :

$$bt_i = \frac{5}{6} \frac{ep}{2} \left( \frac{eb}{1+nub} + eat \times omt \right)$$

L'utilisateur ne peut pas renseigner à la fois BT1, BT2 et les paramètres EAT, OMT.

On vérifie que ces opérandes sont des réels strictement positifs.



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

### 5.1.8 Opérandes MP1X/MP1Y/MP2X/MP2Y et MP1X_FO/MP1Y_FO/MP2X_FO/MP2Y_FO

```
MP1X = mp1x
MP1Y = mp1y
MP2X = mp2x
MP2Y = mp2y

MP1X_FO = mp1x_fo
MP1Y_FO = mp1y_fo
MP2X_FO = mp2x_fo
MP2Y_FO = mp2y_fo
```

Définissent les moments plastiques limites du critère généralisé de Johansen utilisé dans le modèle de comportement GLRC_DAMA. Ils peuvent être définis soient par des valeurs constantes soient par des fonctions. Il n'est pas possible de mélanger des fonctions et des constantes. De plus dès qu'une des opérandes est renseignée, il est obligatoire de toutes les renseigner. Quand celles-ci ne sont pas spécifiées, elles sont calculées de manière automatique.

## 5.2 Mot clé ARMA

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

### 5.2.1 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 matériau utilisés pour les armatures passives (module de Young $E_a$, coefficient de Poisson $\nu_a$ et limite élastique $\sigma_{ya}$).

### 5.2.2 Opérandes OMX et OMY

```
OMX = Wxa
OMY = Wya
```

Définissent les sections d'acier d'un lit d'armatures donné suivant les directions $x$ et $y$ (en $m^2/m$ linéaire, l'épaisseur étant alors donnée en $m$).
On vérifie que $Wxa \geq 0$ et $Wya \geq 0$.

### 5.2.3 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 $y$ ($-1 \leq rxa \leq 1$, $-1 \leq rya \leq 1$, figure 3).



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

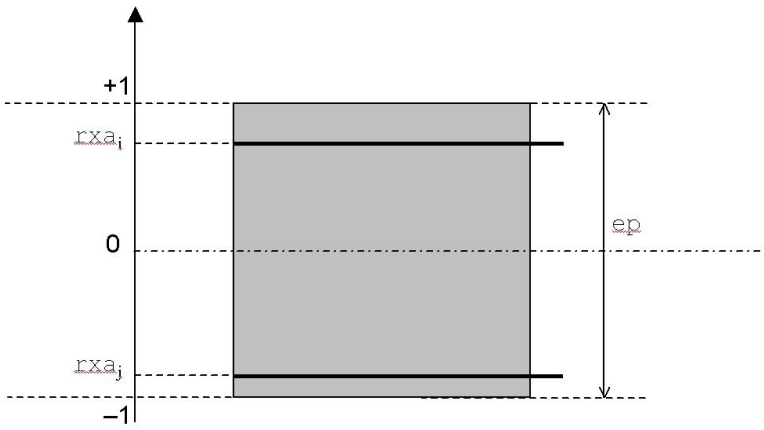



**Figure 5.2.3-a: Définition de la position adimensionnée des lits d'armatures.**

## 5.3 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.

### 5.3.1 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 matériau utilisés pour les câbles de précontrainte (module de Young $E_p$, coefficient de Poisson $\nu_p$ et limite élastique $\sigma_{yp}$).

### 5.3.2 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 $m^2/m$ linéaire, l'épaisseur étant alors donnée en $m$).
On vérifie que $Wxp \geq 0$ et $Wyp \geq 0$.

### 5.3.3 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 $y$ ($-1 \leq rxp \leq 1$, $-1 \leq ryp \leq 1$).

### 5.3.4 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).



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

## 5.4 Mot clé LINER

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

### 5.4.1 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 matériau utilisés pour le liner métallique (module de Young $E_l$, coefficient de Poisson $\nu_l$ et limite élastique $\sigma_{yl}$).

### 5.4.2 Opérande OML

```
OML = Wl
```

Définit l'épaisseur du liner (en mètres selon le choix opéré pour le autres paramètres dimensionnés).
On vérifie que $Wl \geq 0$.

### 5.4.3 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).

## 5.5 Mot clé ALPHA

Ce mot clé permet de définir un coefficient de dilatation thermique « moyen » (et isotrope) pour l'élément de coque.

## 5.6 Mot clé INFO

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



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

# 6 Exemple d'utilisation

L'exemple suivant est issu du test SDNS106A:

```
MAT = DEFI_GLRC( RELATION = GLRC_DAMAGE,
                  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,),

                    INFO = 2,);
```

**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,),
```



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

```
                      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-clés obligatoires.



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