

Opérateur DEFI_GLRC

1 But

L'opérateur `DEFI_GLRC` permet de définir les paramètres des modèles `GLRC_DAMAGE` et `GLRC_DM`.

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

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.....	7
4.3 Opérande RHO.....	8
4.4 Opérandes AMOR_ALPHA et AMOR_BETA	8
4.5 Mot clé COMPR	8
4.5.1 Opérandes GAMMA_C.....	8
4.5.2 Opérandes NYC.....	8
4.6 Mot clé PENTE	9
4.6.1 Opérande EPSI_MEMB.....	10
4.6.2 Opérande KAPP_FLEX.....	10
4.7 Mot clé CISAIL	10
4.8 Mot clé METHODE_ENDO	10
4.9 Mot clé INFO	10
5 Opérandes RELATION = GLRC_DAMAGE.....	11
5.1 Mot clé BETON	11
5.1.1 Opérande MATER.....	11
5.1.2 Opérande EPAIS.....	11
5.1.3 Opérande GAMMA.....	11
5.1.4 Opérandes QP1 et QP2.....	12
5.1.5 Opérandes C1N1/C1N2/C1N3/C2N1/C2N2/C2N3.....	12
5.1.6 Opérandes C1M1/C1M2/C1M3/C2M1/C2M2/C2M3.....	12
5.1.7 Opérandes BT1/BT2 et EAT/OMT	13
5.1.8 Opérandes MP1X/MP1Y/MP2X/MP2Y et MP1X_FO/MP1Y_FO/MP2X_FO/MP2Y_FO... 14	
5.2 Mot clé ARMA	14
5.2.1 Opérande MATER.....	14
5.2.2 Opérandes OMX et OMY.....	14
5.2.3 Opérandes RX et RY.....	14
5.3 Mot clé CABLE_PREC	15
5.3.1 Opérande MATER.....	15
5.3.2 Opérandes OMX et OMY.....	15

5.3.3 Opérandes RX et RY.....	15
5.3.4 Opérandes PREX et PREY.....	15
5.4 Mot clé LINER	15
5.4.1 Opérande MATER.....	16
5.4.2 Opérande OML.....	16
5.4.3 Opérande RLR.....	16
5.5 Mot clé INFO	16
6 Exemple d'utilisation.....	17

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_HIST  = amor_hist                      [R]
    ♦  COMPR     = / GAMMA                        [DEFAULT]
                  ♦  GAMMA_C = gc,                [R]
                  / SEUIL
                  ♦  NYC     = nyc,                [R]
    ♦  PENTE     = / RIGI_ACIER                    [DEFAULT]
                  / PLAS_ACIER
                  / UTIL
                  ♦  EPSI_MEMB = em,                [R]
                  ♦  KAPP_FLEX = kf,                [R]
    ♦  CISAIL    = / OUI
                  / NON                            [DEFAULT]
    ♦  METHODE_ENDO = / ENDO_INTER                 [DEFAULT]
                  / ENDO_NAISS
                  / ENDO_LIM
    ♦  INFO      = / 1                            [DEFAULT]
                  / 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]
                  ♦  C2M3   = c2m3,                [R]
```

```

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

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

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

        ◇ MP1X_FO  = mp1x_fo,      [1_R]
        ◇ MP1Y_FO  = mp1y_fo,      [1_R]
        ◇ MP2X_FO  = mp2x_fo,      [1_R]
        ◇ MP2Y_FO  = mp2y_fo,      [1_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              [DEFAULT]
            / 2
    )
```

3 Description générale de la coque en béton armé

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

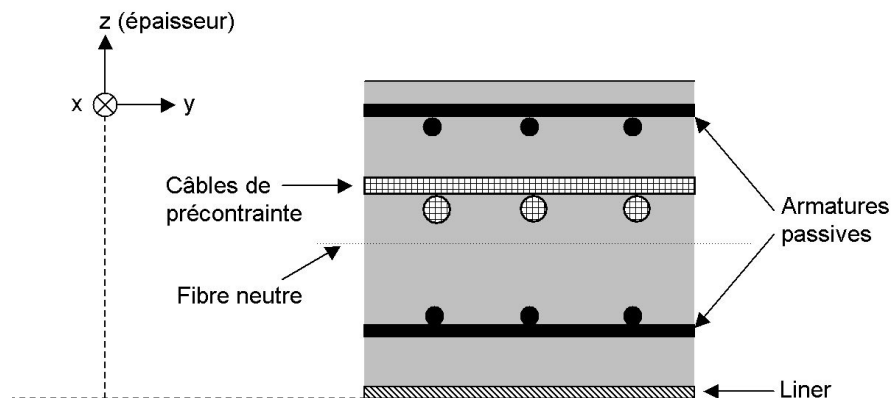


Figure 3-a: Section courante de la coque en béton armé.

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
- 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 RELATION = GLRC_DM

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 du béton existent bien dans le matériau. On attend de trouver les propriétés : `ELAS` et `BETON_ECRO_LINE`.

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 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 par `DEFI_MATERIAU` 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 ν_a et limite élastique σ_{ya}) que l'on trouve dans les propriétés : `ELAS` et `ECRO_LINE`.

4.2.2 Opérandes OMX et OMY

```
OMX = Wx
```

```
OMY = Wy
```

Définissent les sections d'acier Ω_x et Ω_y d'un lit d'armatures donné suivant les directions x et y (en m^2/m linéaire).

On vérifie que $\Omega_x > 0$ et $\Omega_x = \Omega_y$.

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 $rx = ry$.

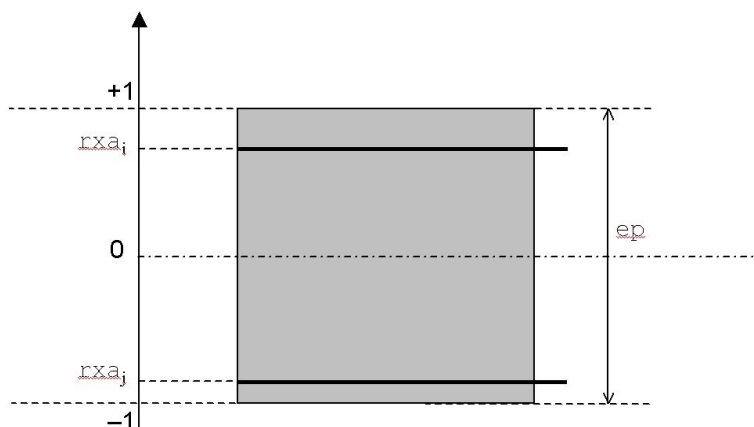


Figure 4.2.3-a: Définition de la position adimensionnée des lits d'armatures.

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 ρ_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 ρ_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 α et β qui servent à construire la matrice de l'amortissement de Rayleigh et ou de l'amortissement hystérétique.

$$C = \alpha K + \beta M$$

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 COMPR

Le mot clé simple `COMPR` permet de définir si on utilise le paramètre d'endommagement en compression γ_c ou le seuil d'endommagement en compression du béton `NYC` pour calculer les différents paramètres de la loi. Il existe une relation forte entre ces deux grandeurs qui est explicitée dans la documentation de référence [R7.01.32].

4.5.1 Opérandes GAMMA_C

`GAMMA_C` = `gc`

Définit la valeur du paramètre d'endommagement en compression γ_c . On vérifie que $0 \leq gc \leq 1$.

4.5.2 Opérandes NYC

`NYC` = `nyc`

Définit la valeur absolue du seuil d'endommagement en compression de la dalle en béton armé (force par longueur).

4.6 Mot clé PENTE

Le mot clé facteur `PENTE` 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. 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 imposée, sont accessibles. 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.

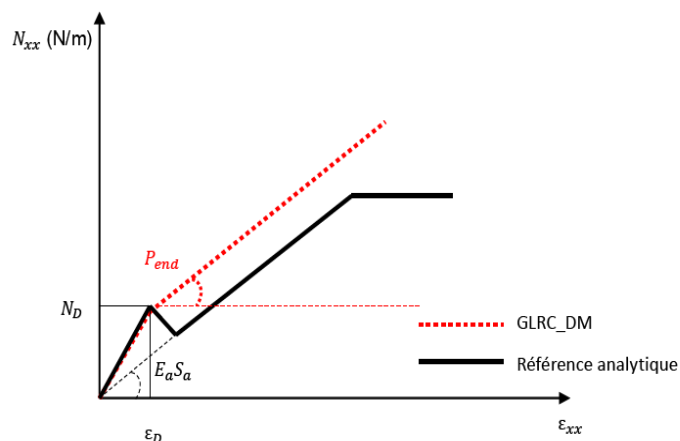


Figure 4.6-a: Courbe de traction (GLRC_DM vs Référence) Recalage `PENTE` = `RIGI_ACIER`

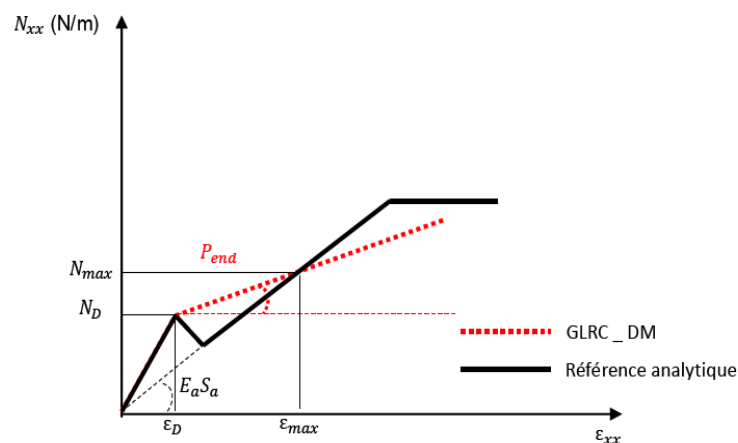


Figure 4.6-b: Courbe de traction (GLRC_DM vs Référence) Recalage **PENTE = UTIL**

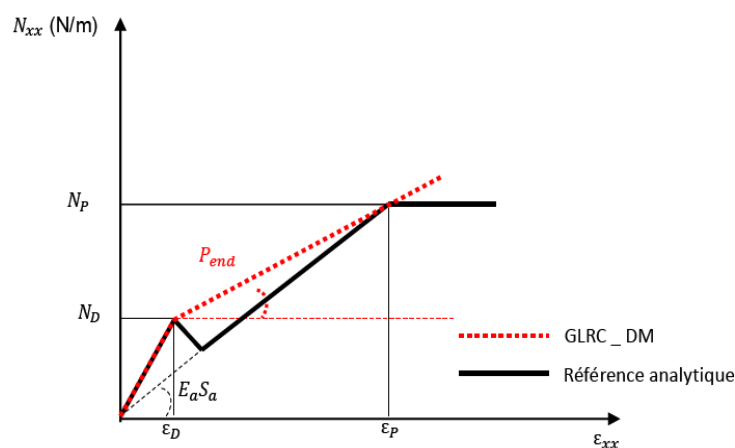


Figure 4.6-c: Courbe de traction (GLRC_DM vs Référence) Recalage **PENTE = PLAS_ACIER**

Dans le cas du recalage à la déformation maximale (**PENTE=UTIL**), il est nécessaire de renseigner la déformation maximale en membrane (**EPSI_MEMB**) et la courbure maximale en flexion (**KAPP_FLEX**).

4.6.1 Opérande **EPSI_MEMB**

EPSI_MEMB = em

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

4.6.2 Opérande **KAPP_FLEX**

KAPP_FLEX = kf

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

4.7 Mot clé **CISAIL**

Le mot clé simple **CISAIL** permet de définir si les paramètres élastiques homogénéisés sont ceux calculés par homogénéisation standard (**CISAIL=NON**) ou ceux calculés afin de respecter le fait quand cisaillement pur la rigidité des aciers n'interviennent pas (**CISAIL=OUI**).

4.8 Mot clé METHODE_ENDO

A partir de la connaissance des pentes post-élastiques, plusieurs méthodes sont disponibles pour remonter aux valeurs des paramètres d'endommagement γ_t , γ_c et γ_f . Le détail des différentes méthodes peut être trouvé dans [R7.01.32] :

- ENDO_INTER est la méthode par défaut (et conseillée) et correspond à un rapport de pente
- ENDO_NAISS correspond au cas de l'hypothèse de l'endommagement naissant
- ENDO_LIM correspond au cas de l'hypothèse de l'endommagement infini

4.9 Mot clé INFO

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

5 Opérandes `RELATION = GLRC_DAMAGE`

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). γ 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 décroît 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 :

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

Avec :

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

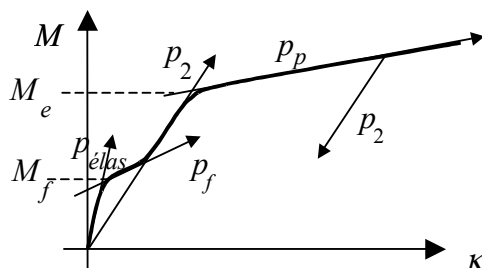


Figure 5.1.3-a: Courbe moment – courbure du comportement d'une plaque en béton armé en flexion.

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 :

$$Q_p = \frac{p_2}{p_{elas}}$$

Avec :

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

On vérifie que $0 < QP_i < 1$.

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'écroissage 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 :

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

- 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 $CiNj \geq 0$.

5.1.6 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'écroissage 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 :

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

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

Le calcul des $C_i M_j$ 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 $C_i M_j \geq 0$.

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 γ par :

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

Si l'utilisateur renseigne le module d'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 :

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

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.

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 soit par des valeurs constantes soit 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 ceux-ci ne sont pas spécifiés, ils sont calculés 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 d'Young E_a , coefficient de Poisson ν_a et limite élastique σ_{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).

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).

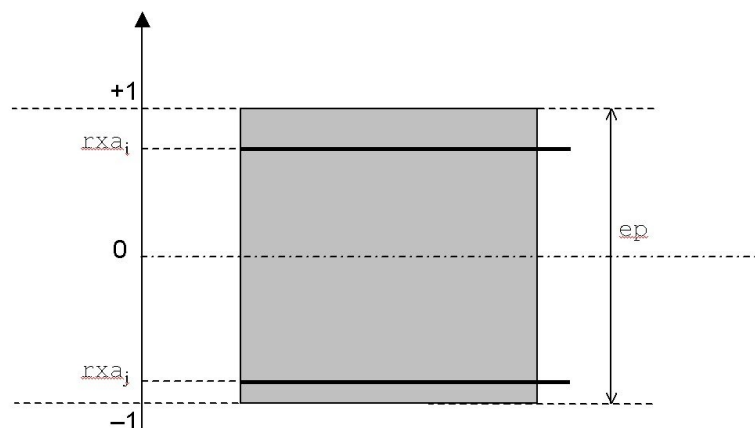


Figure 5.2.3-a: Définition de la position adimensionnée des lits d'armatures.

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 opérateur permet de récupérer les paramètres matériau utilisés pour les câbles de précontrainte (module d'Young E_p , coefficient de Poisson ν_p et limite élastique σ_{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).
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).

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 d'Young E_l , coefficient de Poisson ν_l et limite élastique σ_{yl}).

5.4.2 Opérande `OML`

```
OML = wl
```

Définit l'épaisseur du liner (en mètres).
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`.

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, ) ,  
  
    BETON_ECRO_LINE = _F (  
        E      = 30000.E6,  
        NU     = 0.2,  
        RHO    = 2500.0, ) ,  
  
    LINER = _F (  
        E      = 200000.E6,  
        NU     = 0.3,  
        RHO    = 7850.0, ) ,  
  
    CABLE = _F (  
        E      = 200000.E6,  
        NU     = 0.3,  
        RHO    = 7850.0, ) ,  
  
    INFO = 2, ) ;
```

```

                                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.