

---

## Opérateur POST\_RUPTURE

---

### 1 But

---

Procéder à des post-traitements des tables de résultats issues des opérateurs `CALC_G` et `POST_K1_K2_K3`.

Les différentes opérations possibles sont :

- normalisation de l'abscisse curviligne,
- calcul de l'angle de bifurcation,
- comptage des cycles en fatigue,
- calcul de l'incrément d'avancée de fissure en fatigue,
- cumul des cycles en fatigue,
- pilotage de la propagation,
- calcul du facteur d'intensité de contrainte équivalent,
- calcul du  $(\Delta K)_{eq}$  utilisé pour la propagation en amplitude variable.

Produit une structure de données `table`.

## Table des Matières

1 But.....	1
2 Syntaxe.....	3
3 Opérandes.....	4
3.1 Opérandes génériques.....	4
3.1.1 Opérande TABLE.....	4
3.1.2 Opérande OPERATION.....	4
3.2 Opérandes pour l'opération 'ABSC_CURV_NORM'.....	4
3.2.1 Opérande NOM_PARA.....	4
3.3 Opérandes pour l'opération 'ANGLE_BIFURCATION'.....	4
3.3.1 Opérande NOM_PARA.....	4
3.3.2 Opérande CRITERE.....	4
3.4 Opérandes pour l'opération 'LOI_PROPA'.....	5
3.4.1 Opérande NOM_PARA.....	5
3.4.2 Opérandes LOI, C, M, NOM_DELTA_K_EQ.....	5

## 2 Syntaxe

```
postrupt[table] = POST_RUPTURE(  
  
♦   TABLE           =   tab,                                [table]  
  
♦   OPERATION = / 'ABSC_CURV_NORM',  
                / 'ANGLE_BIFURCATION',  
                / 'LOI_PROPA'  
                / 'COMPTAGE_CYCLES'  
                / 'CUMUL_CYCLES'  
                / 'PILO_PROPA'  
  
# si OPERATION = 'ABSC_CURV_NORM'  
◇   NOM_PARA        = / 'ABSC_CURV_NORM'                    [DEFAULT]  
                / nom_para,                                  [TXT]  
  
# si OPERATION = 'ANGLE_BIFURCATION'  
◇   NOM_PARA        = / 'BETA'                                [DEFAULT]  
                / nom_angle,                                  [TXT]  
◇   CRITERE         = / 'SITT_MAX'                            [DEFAULT]  
                / 'K1_MAX',  
                / 'K2_NUL',  
  
# si OPERATION = 'K_EQ'  
◇   NOM_PARA        = / 'K_EQ'                                [DEFAULT]  
                / nom_cumul,                                  [TXT]  
◇   CUMUL           = / 'CUMUL_G',                            [DEFAULT]  
                / 'LINEAIRE',  
                / 'QUADRATIQUE',  
                / 'MODE_I',  
  
# si OPERATION = 'DELTA_K_EQ'  
◇   NOM_PARA        = / 'DELTA_K_EQ'                          [DEFAULT]  
                / nom_cumul,                                  [TXT]  
◇   CUMUL           = / 'CUMUL_G',                            [DEFAULT]  
                / 'QUADRATIQUE',  
                / 'MODE_I',  
  
# si OPERATION = 'COMPTAGE_CYCLES'  
♦   NOM_PARA        = / nom_para,                              [TXT]  
♦   COMPTAGE        = / 'RAINFLOW',  
                / 'RCCM',  
                / 'NATUREL',  
                / 'UNITAIRE'  
◇   DELTA_OSCI      = / 0.                                    [DEFAULT]  
                / delta,                                      [R]  
    # si COMPTAGE = 'UNITAIRE'  
    ♦   COEF_MULT_MINI = cmini                                [R]  
    ♦   COEF_MULT_MAXI = cmayi                                [R]  
  
# si OPERATION = 'LOI_PROPA'  
◇   NOM_PARA        = / 'DELTA_A'                            [DEFAULT]  
                / nom_da,                                      [TXT]  
◇   NOM_DELTA_K_EQ  = / 'DELTA_K_EQ'                        [DEFAULT]  
                / nom_dkeq,                                    [TXT]  
♦   / LOI           = / 'PARIS'                              [DEFAULT]
```

```
      /   C           =   C ,           [R]
      /   M           =   M ,           [R]
      )
```

```
# si OPERATION = 'CUMUL_CYCLES'
◇   NOM_PARA      =   /   'DELTA_A'      [DEFAULT]
                        /   nom_da,      [TXT]
◇   CUMUL          =   'LINEAIRE'        [DEFAULT]
```

```
# si OPERATION = 'PILO_PROPA'
◆   / DELTA_A_MAX =   da,           [R]
      / DELTA_N    =   dn,           [R]
```

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérandes génériques

#### 3.1.1 Opérande TABLE

♦ TABLE = tab, [table]

Cet opérande permet de choisir la table sur laquelle on effectue les opérations. Cette table provient soit de la commande CALC\_G, soit de la commande POST\_K1\_K2\_K3.

#### 3.1.2 Opérande OPERATION

♦ OPERATION = / 'ABSC\_CURV\_NORM',  
/ 'ANGLE\_BIFURCATION',  
/ 'LOI\_PROPA'

Cet opérande permet de choisir l'opération à effectuer.  
Pour une explication des différentes opérations, voir les § correspondants ci-dessous.

### 3.2 Opérandes pour l'opération 'ABSC\_CURV\_NORM'

L'opération 'ABSC\_CURV\_NORM' crée une nouvelle colonne dans la table en sortie, correspondant à l'abscisse curviligne normée le long du fond de fissure. Pour cela, il est nécessaire que la table en entrée contienne une colonne 'ABSC\_CURV'. De plus, la table en entrée ne doit comporter qu'**un seul fond de fissure**. Elle peut contenir un ou plusieurs instants, mais correspondant au même fond de fissure.

#### 3.2.1 Opérande NOM\_PARA

♦ NOM\_PARA = / 'ABSC\_CURV\_NORM' [DEFAULT]  
/ nom\_para, [TXT]

Cet opérande permet de choisir le nom de la nouvelle colonne créée.

### 3.3 Opérandes pour l'opération 'ANGLE\_BIFURCATION'

L'opération 'ANGLE\_BIFURCATION' crée une nouvelle colonne dans la table en sortie, correspondant à l'angle de bifurcation de la fissure. La table en entrée ne doit comporter qu' **un seul fond de fissure** . Elle peut contenir un ou plusieurs instants , mais correspondant au même fond de fissure.

#### 3.3.1 Opérande NOM\_PARA

♦ NOM\_PARA = / 'BETA' [DEFAULT]  
/ nom\_angle, [TXT]

Cet opérande permet de choisir le nom de la nouvelle colonne créée.

#### 3.3.2 Opérande CRITERE

♦ CRITERE = / 'SITT\_MAX' [DEFAULT]  
/ 'K1\_MAX',  
/ 'K2\_NUL',

Cet opérateur permet de choisir le critère de calcul de l'angle de bifurcation :

- 'SITT\_MAX' : critère de la contrainte circonférentielle maximale (Maximal Hoop Stress criterion, [R7.02.05 §2.5.2]) c'est le critère par défaut. Il est calculé à partir des valeurs de  $K1$  et  $K2$ . Il est disponible en 2D et en 3D.
- 'K1\_MAX', 'K2\_NUL' : critères d'Amestoy, Bui et Dang-Van [R7.02.05 §2.5.1]. Ces 2 critères sont uniquement disponibles en 2D. L'angle est donné à 10 degrés près.

Attention, on constate que le critère 'K2\_NUL' ne fonctionne pas pour un angle supérieur à  $60^\circ$ .

## 3.4 Opérands pour l'opération 'K\_EQ'

L'opération 'K\_EQ' crée une nouvelle colonne dans la table en sortie, correspondant au cumul des modes. Elle peut contenir un ou plusieurs instants, mais le module d'Young et le coefficient de Poisson dans le cas de cumul de type 'CUMUL\_G' ou 'QUADRATIQUE' doivent être définis constant en temps.

### 3.4.1 Opérateur NOM\_PARA

◇ NOM\_PARA = / 'K\_EQ' [DEFAULT]  
/ nom\_cumul, [TXT]

Cet opérateur permet de choisir le nom de la nouvelle colonne créée.

### 3.4.2 Opérateur CUMUL

◇ CUMUL = / 'CUMUL\_G' [DEFAULT]  
/ 'QUADRATIQUE',  
/ 'LINEAIRE',  
/ 'MODE\_I',

Cet opérateur permet de choisir la règle de cumul des modes :

- 'CUMUL\_G' : c'est le cumul par défaut. Il est calculé à partir du taux de restitution d'énergie  $G$  des valeurs du module d'Young  $E$  et du coefficient de poisson  $\nu$ . Il est disponible en 2D et en 3D.

$$\frac{\sqrt{E}}{((1-\nu^2)*G)}$$

- 'QUADRATIQUE' : Ce cumul est calculé à partir des valeurs du coefficient de poisson  $\nu$ . Il est disponible en 2D et en 3D.

En 2D, ce cumul s'écrit :

$$\sqrt{K1^2 + K2^2}$$

En 3D, ce cumul s'écrit :

$$\sqrt{K1^2 + K2^2 + \frac{K3^2}{1-\nu}}$$

- 'LINEAIRE' :

En 2D, ce cumul s'écrit :

$$\max(K1, 0) + |K2|$$

En 3D, ce cumul s'écrit:

$$\max(KI, 0) + |K2| + 0,74|K3|$$

- 'MODE\_I' : Ce cumul est disponible en 2D et en 3D et s'écrit:

$$KI$$

## 3.5 Opérands pour l'opération 'DELTA\_K\_EQ'

L'opération 'DELTA\_K\_EQ' crée une nouvelle colonne dans la table en sortie, correspondant au cumul des modes. Elle peut contenir un ou plusieurs instants, mais le module d'Young et le coefficient de Poisson dans le cas de cumul de type 'CUMUL\_G' ou 'QUADRATIQUE' doivent être définis constant en temps.

### 3.5.1 Opérande NOM\_PARA

$$\diamond \quad \text{NOM\_PARA} = \begin{array}{l} / \quad \text{'DELTA\_K\_EQ'} \\ / \quad \text{nom\_cumul,} \end{array} \quad \begin{array}{l} [\text{DEFAULT}] \\ [\text{TXT}] \end{array}$$

Cet opérande permet de choisir le nom de la nouvelle colonne créée.

### 3.5.2 Opérande CUMUL

$$\diamond \quad \text{CUMUL} = \begin{array}{l} / \quad \text{'CUMUL\_G'} \\ / \quad \text{'QUADRATIQUE'}, \\ / \quad \text{'MODE\_I'}, \end{array} \quad [\text{DEFAULT}]$$

Cet opérande permet de choisir la règle de cumul des mode:

- 'CUMUL\_G' : c'est le cumul par défaut. Il est calculé à partir du taux de restitution d'énergie G des valeurs du module d'Young E et du coefficient de poisson  $\nu$ . Il est disponible en 2D et en 3D.

$$\frac{\sqrt{E}}{((1-\nu^2)*G)}$$

- 'QUADRATIQUE' : Ce cumul est calculé à partir des valeurs du coefficient de poisson  $\nu$ . Il est disponible en 2D et en 3D.

En 2D, ce cumul s'écrit:

$$\sqrt{\Delta KI^2 + \Delta K2^2}$$

En 3D, ce cumul s'écrit:

$$\sqrt{\Delta KI^2 + \Delta K2^2 + \frac{\Delta K3^2}{1-\nu}}$$

- 'MODE\_I' : Ce cumul est disponible en 2D et en 3D et s'écrit:

$$\Delta KI$$

## 3.6 Opérandes pour l'opération 'COMPTAGE\_CYCLES'

L'opération 'COMPTAGE\_CYCLES' permet de calculer les cycles liés à l'évolution d'une (ou plusieurs) quantité(s). Cette opération crée une nouvelle table, avec une colonne CYCLES et une colonne correspondant à la variation de la quantité comptée par cycle. La table en entrée ne doit comporter qu'un seul fond de fissure.

### 3.6.1 Opérande NOM\_PARA

♦ NOM\_PARA = / NOM\_PARA, [TXT]

Cet opérande permet de choisir le nom de la quantité sur laquelle s'effectue le comptage des cycles. On peut éventuellement effectuer le comptage sur plusieurs quantités (par ex K1, K2 et K3), sous réserve que l'on trouve le même nombre de cycles pour chaque quantité.

### 3.6.2 Opérande COMPTAGE

♦ COMPTAGE = / 'RAINFLOW',  
/ 'RCCM',  
/ 'NATUREL',  
/ 'UNITAIRE'

Cette opérande permet de choisir la méthode comptage des cycles. À part pour le comptage UNITAIRE, on fait appel à la commande POST\_FATIGUE. Pour plus d'informations sur les méthodes de comptages, voir la documentation [U4.67.01]. La table en entrée peut contenir un ou plusieurs instants, mais correspondant au même fond de fissure.

Le comptage UNITAIRE est un cas particulier pour les calculs élastiques linéaires. Dans ce cas, la table en entrée ne doit contenir qu'un seul instant et la variation de la quantité sera alors déterminée par les opérandes COEF\_MULT\_MINI et COEF\_MULT\_MAXI.

### 3.6.3 Opérande DELTA\_OSCI

♦ DELTA\_OSCI = / 0. [DEFAULT]  
/ DELTA, [R]

voir documentation [U4.67.01]

### 3.6.4 Opérandes COEF\_MULT\_MINI et COEF\_MULT\_MAXI

♦ COEF\_MULT\_MINI = cmini [R]  
♦ COEF\_MULT\_MAXI = cmaxi [R]

Pour le comptage unitaire, la variation de la quantité à compter est la suivante :

$$\Delta q = q_u (c_{maxi} - c_{mini})$$

où  $q$  est la quantité à compter, et  $q_u$  la valeur unitaire de cette quantité (seule valeur contenue dans la table en entrée).

## 3.7 Opérandes pour l'opération 'LOI\_PROPA'

L'opération 'LOI\_PROPA' crée une nouvelle colonne dans la table en sortie, correspondant à l'avancée unitaire (c'est-à-dire pour un cycle) d'une fissure compte tenu d'une loi de propagation en fatigue. La table en entrée ne doit comporter qu'un seul fond de fissure. Elle peut contenir un ou plusieurs instants, mais correspondant au même fond de fissure.

### 3.7.1 Opérande NOM\_PARA



```
◇   NOM_PARA      = / 'DELTA_A'           [DEFAULT]
                        / nom_da,           [TXT]
```

Cet opérateur permet de choisir le nom de la nouvelle colonne créée.

### 3.7.2 Opérands LOI, C, M, NOM\_DELTA\_K\_EQ

```
◆   / LOI          = / 'PARIS'           [DEFAULT]
      / C            = C,                 [R]
      / M            = M,                 [R]

◇   NOM_DELTA_K_EQ = / ' DELTA_K_EQ '     [DEFAULT]
                        / nom_dkeq         [TXT]
```

L'opérateur LOI permet de spécifier la loi de propagation en fatigue choisie. Pour le moment, seule la loi de Paris est disponible. Cette loi s'écrit :

$$\frac{da}{dN} = C. (\Delta K_{eq})^m$$

où  $C$  et  $m$  sont des coefficients matériaux, renseignés par les opérateurs C et M.

La colonne dans la table d'entrée correspondant à  $\Delta K_{eq}$  est spécifiée par l'opérateur NOM\_DELTA\_K\_EQ.

On calcule alors l'avancée unitaire ( $\Delta N = 1$  implicitement) :

$$\Delta a = C. (\Delta K_{eq})^m$$

Remarque :

En mode  $I$  pur :  $\Delta K_{eq}$  vaut  $\Delta K_I$ . En mode mixte,  $\Delta K_{eq}$  peut s'écrire  $(\Delta K)_{eq}$  ou bien  $\Delta(K_{eq})$ , suivant les conventions. Ces deux quantités sont généralement différentes. Il existe cependant des cas de figure où ces deux quantités sont identiques :

- en mode 1 pur si  $KI$  est toujours positif,
- en mode mixte en linéaire pour un cycle  $(0 - max)$ .

## 3.8 Opérateurs pour l'opération 'CUMUL\_CYCLES'

L'opération 'CUMUL\_CYCLES' permet de cumuler une quantité précédemment comptées pour chaque cycle en calculant la moyenne sur tous les cycles. La table créée contient toutes les colonnes de la table initiales, sauf la colonne CYCLE. Attention, en un point du fond, il faut que les autres colonnes de la table ne varient au cours des cycles. Le nom de la colonne correspondant à la quantité à cumuler ne change pas.

La table en entrée ne doit comporter qu'un seul fond de fissure.

### 3.8.1 Opérateur NOM\_PARA

```
◇   NOM_PARA      = / 'DELTA_A'           [DEFAULT]
                        / nom_da,           [TXT]
```

Cet opérateur permet de spécifier le nom du paramètre sur lequel s'effectue le cumul. Par défaut, on effectue le cumul sur 'DELTA\_A'.

### 3.8.2 Opérateur CUMUL

```
◇   CUMUL = 'LINEAIRE' [DEFAULT]
```

Cet opérande ne sert pas pour l'instant, car le seul cumul autorisé est le cumul linéaire (moyenne arithmétique sur les cycles) :

$$q_{cumul} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_i$$

où  $q_i$  correspond à la valeur pour le cycle  $i$  de la quantité à cumuler.

### 3.9 Opérandes pour l'opération 'PILO PROP'

L'opération 'PILO\_PROPA' permet de piloter la propagation de plusieurs fonds de fissure (pour le moment, limité à une seule fissure). Le pilotage se fait :

- soit en imposant l'incrément du nombre de cycles (pilotage en cycles) ;
- soit en imposant l'incrément d'avancée maximale du fond de fissure (pilotage en avancée).

Ce pilotage tient compte de tous les points de tous les fonds de toutes les fissures.

La table en entrée doit contenir le paramètre DELTA A.

### 3.9.1 Opérandes DELTA A MAX et DELTA N

$$\begin{aligned} \diamond \quad & / \text{ DELTA\_A\_MAX} = \text{da}, & [\text{R}] \\ & / \text{ DELTA N} = \text{dn}, & [\text{R}] \end{aligned}$$

Pour piloter la propagation en cycles, on utilise `DELTA_N`. Cela a pour effet de multiplier la valeur de l'avancée (unitaire) par un facteur  $dn$  pour tous les points de tous les fonds de toutes les fissures.

L'autre mode de pilotage consiste à fixer l'incrément d'avancée maximale  $da$  via l'opérande DELTA\_A\_MAX. Dans un premier temps, on détermine le point de tous les fonds de toutes les fissures qui possède l'avancée la plus élevée. Notons  $damax$  cette avancée. Le nombre de cycles appliqué

sera alors  $\frac{da}{da_{max}}$ .