

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.8- : Post-traitement et analyses dédiées**  
**Document : U4.83.11**

## Opérateur *POST\_RCCM*

### 1 But

Vérifier des critères du RCC-M (Edition 1991). Il s'agit notamment des critères de niveau 0 et de certains critères de niveau A du §B3200, et des critères de fatigue du §B3600.

Les critères définis dans le chapitre B3200 du RCC-M font intervenir des grandeurs significatives que l'on compare à des valeurs limites.

Les critères de niveau 0 visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation excessive, d'instabilité plastique et d'instabilité élastique et élastoplastique. Ces critères nécessitent le calcul des contraintes équivalentes de membrane  $P_m$ , de membrane locale  $P_l$  et de membrane plus flexion  $P_m + P_b$ .

Les critères de niveau A visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation progressive et de fatigue. Hors fatigue, ils nécessitent le calcul de l'amplitude de variation de contrainte linéarisée, notée  $S_n$ , et éventuellement de la quantité  $S_n^*$ . Pour la fatigue, ils nécessitent en plus le calcul de l'amplitude de variation de contrainte en un point, notée  $S_p$ .

La commande *POST\_RCCM* effectue les calculs de  $P_m$ ,  $P_m + P_b$ ,  $S_n$ ,  $S_n^*$ ,  $S_p$ , du nombre de cycles admissibles et du facteur d'usage en fatigue, sur des chemins définis par *INTE\_MAIL\_2D* ou *INTE\_MAIL\_3D* ou sur des groupes de nœuds pour des éléments de milieu continu 2D ou 3D.

En post-traitement d'analyses de tuyauteries, l'option *FATIGUE* permet le calcul facteur d'usage en fatigue en prenant en compte toutes les situations calculées.

Produit une structure de données de type *table*.

## 2 Syntaxe

```

TABL_POST_RCCM = POST_RCCM (

    ◇ TYPE_RESU = / 'VALE_MAX', [DEFAULT]
                  / 'VALE_INST',

    ◇ INFO /1 , [DEFAULT]
           /2 ,

    ◇ TITRE = titre, [Kn]

    ◆ TYPE_RESU_MECA = / 'EVOLUTION', [DEFAULT]
                      / 'UNITAIRE',
                      / 'TUYAUTERIE',

/ TYPE_RESU_MECA = 'EVOLUTION'

    ◆ OPTION = / | 'SN',
                | 'PM_PB',
                | 'FATIGUE_ZH210',

    ◆ MATER = mat, [mater]
    ◇ MAILLAGE = ma [maillage]
    ◆ SEGMENT = _F(
        ◇ INTITULE = nomseg,
        ◆ / CHEMIN = / seg2d , [courbe]
                  / seg3d , [surface]
        / / GROUP_NO = grno, [group_no]
        / NOEUD = l_noeu , [l_noeud]
        | PRECISION = / prec, [DEFAULT]
                  / 1.0E-03 , [DEFAULT]
        | CRITERE = / 'RELATIF', [DEFAULT]
                  / 'ABSOLU' ,
        )

    ◆ TRANSITOIRE=_F (
        ◆ RESULTAT = resu, / [evol_elas]
                          / [evol_noli]
        ◇ RESU_SIGM_THER = resuth , / [evol_elas]
                                      / [evol_noli]

        ◇ NB_OCCUR = / nocc, [I]
                    / 1, [DEFAULT]

        ◆ NOM_CHAM = / 'SIEF_ELNO_ELGA',
                    / 'SIGM_ELNO_DEPL',

    ◇ / TOUT_ORDRE = 'OUI',
      / NUME_ORDRE = lordre , [l_I]
      / LIST_ORDRE = lordre , [listIs]
      / INST = linst , [l_R]
      / LIST_INST = linst , [listr8]
        ◇ | PRECISION = / prec, [R]
                  / 1.D-06 , [DEFAULT]
          | CRITERE = / 'RELATIF', [DEFAULT]
                  / 'ABSOLU' ,
        )

```

```

/ TYPE_RESU_MECA = 'UNITAIRE'
  ◆ OPTION      = / | 'SN',
                  | 'PM_PB',
                  | 'FATIGUE',
  ◆ MATER       = mat , [mater]
  ◆ TYPE_KE      = / 'KE_MECA', [Defaut]
                  / 'KE_MIXTE'
  ◆ CHAR_MECA=_F (
    ◆ NUME_CHAR = numchar, [I]
    ◇ NOM_CHAR  = nomchar, [Kn]
    ◇ TYPE_CHAR = / 'SEISME', [Kn]
                  / typechar, [Kn]
    ◆ MX        = mx , [R]
    ◆ MY        = my , [R]
    ◆ MZ        = mz , [R]
    ◇ FX        = fx , [R]
    ◇ FY        = fy , [R]
    ◇ FZ        = fz , [R]
  )
  ◆ RESU_MECA_UNIT=_F (
    ◆ TABL_MX    = tabsigmx , [tabl_post_releve]
    ◆ TABL_MY    = tabsigmy , [tabl_post_releve]
    ◆ TABL_MZ    = tabsigmz , [tabl_post_releve]
    ◇ TABL_FX    = tabsigfx , [tabl_post_releve]
    ◇ TABL_FY    = tabsigfy , [tabl_post_releve]
    ◇ TABL_FZ    = tabsigfz , [tabl_post_releve]
    ◆ TABL_PRES = tabsigpr , [tabl_post_releve]
  )
  ◇ RESU_THER=_F(
    ◆ NUME_RESU_THER = numtran, [I]
    ◆ TABL_RESU_THER = table, [tabl_post_releve]
  )
  ◆ SITUATION=_F(
    ◆ NUME_SITU = numsitu, [I]
    ◇ NOM_SITU = nomsitu, [Kn]
    ◆ NB_OCCUR = nbocc, [I]
    ◇ NB_CYCL_SEISME = nbsss, [I]
    ◆ NUME_GROUPE = numgroup, [I]
    ◇ NUME_PASSAGE = (num1, num2) [L_I]
    ◇ COMBINABLE = / 'OUI', [DEFAULT]
                  / 'NON', [Kn]
    ◆ PRES_A = pressa , [R]
    ◆ PRES_B = pressb , [R]
    ◇ TEMP_REF_A = tempa , [R]
    ◇ TEMP_REF_B = tempb , [R]
    ◆ CHAR_ETAT_A = (list_num_char_meca), [L_I]
    ◆ CHAR_ETAT_B = (list_num_char_meca), [L_I]
    ◇ NUME_RESU_THER = list_num_tran , [L_I]
  )
/ TYPE_RESU_MECA = 'TUYAUTERIE'
  ◆ OPTION      = / 'FATIGUE',
  ◆ MODELE      = modele , [modele]
  ◆ ZONE_ANALYSE=_F(
    ◇ / TOUT      = 'OUI', [DEFAULT]
    / GROUP_MA    = gmal, [groupma]
    / MAILLE      = mal , [maille]
  )
  ◆ CARA_ELEM    = cara, [cara_elem]

```

Titre : *Opérateur POST\_RCCM*  
Auteur(s) : **M. ABBAS, L. VIVAN**

Date : 17/06/04  
Clé : U4.83.11-E2 Page : 4/36

```

♦ TYPE_KE      =      / 'KE_MECA',          [Default]
                  / 'KE_MIXTE'
♦ CHAM_MATER    = chmat,                    [cham_mater]
♦ RESU_MECA=_F(
    ♦ NUME_CHAR = numchar,                  [I]
    ♦ NOM_CHAR   = nomchar,                  [Kn]
    ♦ TYPE_CHAR  = / 'SEISME',                [Kn]
                  / 'AUTRE' ,                [DEFAULT]
    / ♦ RESULTAT = resu ,                    / [evol_elas]
                  / [evol_noli]
    / TOUT_ORDRE = 'OUI',
    / NUME_ORDRE = lordre ,                  [l_I]
    / LIST_ORDRE = lordre ,                  [listIs]
    / INST       = linst ,                   [l_R]
    / NOEUD_CMP  = lnoecmp,                  [l_K16]
    / LIST_INST  = linst ,                   [listr8]
    ♦ | PRECISION = / prec,                  [R]
                  / 1.D-06 ,                 [DEFAULT]
    | CRITERE     = / 'RELATIF',              [DEFAULT]
                  / 'ABSOLU' ,
    ♦ NOM_CHAM    = / 'EFGE_ELNO_DEPL',
                  / 'SIEF_ELNO_ELGA',
    / ♦ CHAM_GD   = cham_effo,                [cham_elem]
    )
♦ INDI_SIGM=_F(
    ♦ C1          = / 1.,                    [DEFAULT]
                  / c1,                      [R]
    ♦ C2          = / 1.,                    [DEFAULT]
                  / c2,                      [R]
    ♦ C3          = / 0.5,                  [DEFAULT]
                  / c3,                      [R]
    ♦ K1          = / 1.,                    [DEFAULT]
                  / k1,                      [R]
    ♦ K2          = / 1.,                    [DEFAULT]
                  / k2,                      [R]
    ♦ K3          = / 1.,                    [DEFAULT]
                  / k3,                      [R]
    ♦ / TOUT      = 'OUI',                  [DEFAULT]
    / GROUP_MA    = gmal,                    [groupma]
    / MAILLE      = mal ,                   [maille]
    ♦ / GROUP_NO  = gnol,                    [groupno]
    / NOEUD       = nol ,                   [noeud]
    ♦ TYPE_ELEM_STANDARD = / 'DRO',          [Kn]
                  / 'COU',                  [Kn]
                  / 'TRN',                  [Kn]
                  / 'TEE',                  [Kn]
    )
    ♦ RESU_THER=_F(
        ♦ NUME_RESU_THER = numtran,          [I]
        ♦ TABL_RESU_THER = table,             [tabl_post_releve]
        ♦ TABL_MOYE_THER = table,             [tabl_post_releve]
        ♦ / TOUT        = 'OUI',              [DEFAULT]
        / GROUP_MA      = gmal,                [groupma]
        / MAILLE        = mal ,                [maille]
        ♦ / GROUP_NO    = gnol,                [groupno]
        / NOEUD         = nol ,                [noeud]
        )
    ♦ SITUATION=_F(
        ♦ NUME_SITU = numsitu,                [I]
        ♦ NOM_SITU  = nomsitu,                [Kn]
    )

```

Titre : Opérateur *POST\_RCCM*  
Auteur(s) : **M. ABBAS, L. VIVAN**

Date : 17/06/04  
Clé : U4.83.11-E2 Page : 5/36

```
♦ NB_OCCUR = nbocc, [I]
◇ NB_CYCL_SEISME = nbsss, [I]
♦ NUME_GROUPE = numgroup, [I]
◇ NUME_PASSAGE = (num1, num2,) [L_I]
◇ COMBINABLE = /'OUI', [DEFAULT]
               /'NON', [Kn]
♦ PRES_A = pressa, [R]
♦ PRES_B = pressb, [R]
◇ TEMP_REF_A = tempa, [R]
◇ TEMP_REF_B = tempb, [R]
♦ CHAR_ETAT_A = (list_num_char_meca), [L_I]
♦ CHAR_ETAT_B = (list_num_char_meca), [L_I]
◇ NUME_RESU_THER = list_num_tran, [L_I]
)
```

## 3 Opérandes communs à toutes les options

### 3.1 Opérande TYPE\_RESU

TYPE\_RESU =    /    'VALE\_MAX',  
                  /    'VALE\_INST',

Type de valeurs contenues dans la table produite en résultat :

- VALE\_MAX : seules les valeurs maximales sont données,
- VALE\_INST : les valeurs calculées à chaque instant sont fournies.

### 3.2 Opérande TITRE

♦ TITRE = titre

Chaîne de caractères décrivant le titre de la table de valeurs créée, qui apparaît à l'impression de cette table par IMPR\_TABLE [U4.91.03].

### 3.3 Opérande INFO

♦ INFO =    /1  
          /2

Permet un affichage plus ou moins détaillé dans le fichier message.

### 3.4 Types de résultats : mot clé TYPE\_RESU\_MECA

Trois type de résultats sont traitables par POST\_RCCM :

- Des résultats de type évolution de transitoire / 'EVOLUTION'
- Des résultats de type unitaire avec combinaison de situation / 'UNITAIRE'
- Des résultats de type tuyauterie pour l'application du RCCM sur les lignes de tuyauterie / 'TUYAUTERIE',

Cinq types de critères sont accessibles chacun par une option (mot clé OPTION) :

- sur un segment, à partir d'un ou plusieurs concepts résultats obtenus par une commande globale (MECA\_STATIQUE, STAT\_NON\_LINE) sur une modélisation 2D ou 3D :
  - des critères de niveau 0 par l'option PM\_PB,
  - des critères de niveau A (hors fatigue) par l'option SN,
  - des critères de fatigue (également de niveau A) par les options FATIGUE\_SPMAX ou FATIGUE\_ZH210.  
Ces options peuvent être appelées seules ou simultanément.
- A partir de relevés de contraintes issus de calculs 2D ou 3D qui correspondent à des chargements unitaires, et de données complémentaires :
  - des critères de fatigue (également de niveau A) par l'option FATIGUE\_B3200.
- A partir de plusieurs résultats de calculs mécaniques (MECA\_STATIQUE, STAT\_NON\_LINE, COMB\_SISM\_MODAL) sur une ligne de tuyauterie, et de données complémentaires :
  - des critères de fatigue par l'option FATIGUE\_B3600.

## 4 Opérands spécifiques aux résultats de type TRANSITOIRE

Pour une description précise des calculs effectués par ces options, on peut consulter le document [R7.04.03] et la note [bib2].

On rappelle toutefois ici brièvement la définition des quantités calculées. Ces options ne sont disponibles que pour les éléments de milieu continu 2D et 3D.

Dans les trois cas, les caractéristiques des matériaux nécessaires au calcul des critères sont à définir par la commande `DEFI_MATERIAU` [U4.43.01]. Les valeurs calculées et les valeurs limites sont stockées dans la table `tabl_post_rccm`, que l'on imprime à l'aide de la commande `IMPR_TABLE` [U4.91.03].

L'analyse se fait sur un segment, à partir d'un ou plusieurs concepts résultats obtenus par une commande globale (`MECA_STATIQUE`, `STAT_NON_LINE`) sur une modélisation 2D ou 3D :

- des critères de niveau 0 par l'option `PM_PB`,
- des critères de niveau A (hors fatigue) par l'option `SN`,
- des critères de fatigue (également de niveau A) par l'option `FATIGUE_ZH210` (L'ancienne option `FATIGUE_SPMAX` est simulable facilement par `FATIGUE_ZH210`, voir cas-test `rccm06a`).

Ces options peuvent être appelées seules ou simultanément.

### 4.1.1 Opérande **MATER**

♦ `MATER = mat`

C'est le matériau contenant les caractéristiques utiles à `POST_RCCM` et définies sous le mot-clé `RCCM` de `DEFI_MATERIAU` [U4.43.01].

#### Remarque sur les courbes de fatigue :

*Pour les petites amplitudes de contraintes, le problème du prolongement de la courbe de fatigue peut se poser : par exemple, pour les courbes de fatigue du RCCM au-delà de  $10^6$  cycles, la contrainte correspondante, 180 MPa est considérée comme limite d'endurance, c'est à dire que toute contrainte inférieure à 180 MPa doit produire un facteur d'usage nul, ou un nombre de cycles admissible infini.*

*La méthode adoptée ici correspond à cette notion de limite d'endurance : si l'amplitude de contrainte est inférieure à la première abscisse de la courbe de fatigue, alors on prend un facteur d'usage nul.*

### 4.1.2 Option **PM\_PB**

Option permettant de calculer les critères de niveau 0 qui visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation excessive, d'instabilité plastique et d'instabilité élastique et élastoplastique. Ces critères nécessitent le calcul des contraintes équivalentes de membrane  $P_m$ , de membrane locale  $P_l$ , de flexion  $P_b$  et de membrane plus flexion  $P_m + P_b$ .

Les opérands nécessaires sont `MATER`, `SEGMENT` (qui définit le lieu de post-traitement) et l'accès au champ de contraintes dans un concept résultat mécanique de type `evol_elas` ou `evol_noli` défini par le mot clé `TRANSITOIRE` (voir [§3.6]).

Les points de calcul sont les deux extrémités du segment (`seg2d` ou `seg3d` donné par le mot-clé `SEGMENT`).

En chaque point extrémité de ce segment de longueur  $l$ , on calcule :

$$Pm = \max_t \left( \sigma_{ij}^{moy} \right)_{Eq.Tresca} \quad Pb = \max_t \left( \sigma_{ij}^{fle} \right)_{Eq.Tresca} \quad Pm + Pb = \max_t \left( \sigma_{ij}^{lin} \right)_{Eq.Tresca}$$

$$\text{avec} \quad \sigma_{ij}^{moy} = \frac{1}{l} \int_0^l \sigma_{ij} ds, \quad \sigma_{ij}^{fle} = \frac{6}{l^2} \int_0^l s - \frac{l}{2} \sigma_{ij} ds, \quad \sigma_{ij}^{lin} = \sigma_{ij}^{moy} \pm \sigma_{ij}^{fle}$$

Les valeurs limites sont  $Sm$  et  $1.5 Sm$ ,  $Sm$  étant la contrainte admissible fonction du matériau et de la température, donnée par le mot-clé **SM** du mot-clé **RCCM** dans **DEFI\_MATERIAU** [U4.43.01].

**Remarque :**

Le calcul de  $PM$  et  $PMPB$  suivant les critères du **RCCM G3000** est possible pour les éléments de poutre **POU\_D\_E** et **POU\_D\_T**, à l'aide de l'opérateur **CALC\_ELEM** [U4.81.01] (options '**PMPB\_ELGA\_SIEF**' et '**PMPB\_ELNO\_SIEF**').

### 4.1.3 Option **SN**

Option permettant de calculer les critères de niveau A (hors fatigue) qui visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation progressive. Ils nécessitent le calcul de l'amplitude de variation de contrainte linéarisée en un point, notée  $Sn$ .

Si l'utilisateur le demande (présence de l'opérande **RESU\_SIGM\_THER**) on effectue aussi le calcul de  $Sn^*$ . Les points de calcul sont les deux extrémités du segment.

Les opérands nécessaires sont **MATER**, **SEGMENT** (qui définit le lieu de post-traitement) et l'accès au champ de contraintes dans un concept résultat mécanique de type **evol\_elas** ou **evol\_noli** donné par le mot clé **TRANSITOIRE**.

Les points de calcul sont les deux extrémités du segment (**seg2d** ou **seg3d** donné par le mot-clé **SEGMENT**). En chaque point extrémité de ce segment de longueur  $l$ , on calcule :

$$Sn = \max_{t_1} \max_{t_2} \left( \sigma_{ij}^{lin}(t_1) - \sigma_{ij}^{lin}(t_2) \right)_{Eq.Tresca}$$

$$\text{avec} \quad \sigma_{ij}^{moy} = \frac{1}{l} \int_0^l \sigma_{ij} ds, \quad \sigma_{ij}^{fle} = \frac{6}{l^2} \int_0^l s - \frac{l}{2} \sigma_{ij} ds, \quad \sigma_{ij}^{lin} = \sigma_{ij}^{moy} \pm \sigma_{ij}^{fle}$$

$t_1$  et  $t_2$  parcourant l'ensemble des instants du (ou des) transitoires.

La valeur limite de  $Sn$  est  $3 Sm$ ,  $Sm$  étant la contrainte admissible fonction du matériau et de la température, donnée par le mot-clé **SM** du mot-clé **facteur RCCM** dans **DEFI\_MATERIAU** [U4.43.01].

#### 4.1.3.1 Calcul de $Sn^*$

Si l'opérande **RESU\_SIGM\_THER** du mot clé **facteur TRANSITOIRE** est présent, on effectue aussi le calcul de  $Sn^*$ . En chaque point extrémité de ce segment de longueur  $l$ , on calcule ([R7.04.03] page 7) :

$$Sn^* = \max_{t_1} \left( \max_{t_2} \left( \sigma_{ij}^{lin}(t_1) - \sigma_{ij}^{fleth}(t_1) - \left( \sigma_{ij}^{lin}(t_2) - \sigma_{ij}^{fleth}(t_2) \right) \right)_{eq tresca} \right)$$

$$\text{avec} \quad \sigma_{ij}^{moy} = \frac{1}{l} \int_0^l \sigma_{ij} ds, \quad \sigma_{ij}^{fle} = \frac{6}{l^2} \int_0^l \left( s - \frac{l}{2} \right) \sigma_{ij} ds, \quad \sigma_{ij}^{lin} = \sigma_{ij}^{moy} \pm \sigma_{ij}^{fle}, \quad \sigma_{ij}^{fleth} = \frac{b}{l^2} \int_0^l \left( s - \frac{l}{2} \right) \sigma_{ij}^{th} ds$$

$\sigma_{ij}^{th}$  provenant du résultat donné sous **RESU\_SIGM\_THER**.



Il faut, pour que le calcul soit cohérent et conforme au RCC-M, que le résultat indiqué par RESU\_SIGM\_THER ait été obtenu avec un chargement thermique seul, sachant que le résultat donné par RESULTAT peut être dû à une combinaison de ce chargement thermique avec d'autres chargements. Il faut donc que les instants de ce résultat correspondent à ceux du résultat associé au mot clé RESULTAT.

## 4.1.4 Option FATIGUE\_ZH210

Option permettant de calculer le facteur d'usage résultant de la combinaison d'un ou plusieurs transitoires, suivant la méthode du RCC-M annexe ZH210.

On calcule l'amplitude de variation de contrainte en chaque extrémité du segment, pour chaque combinaison d'instants appartenant au(x) transitoire(s) défini(s) par l'utilisateur. Puis on applique une méthode de combinaison et de cumul pour obtenir le facteur d'usage total.

Parmi les différentes méthodes proposées par le RCC-M pour calculer le facteur d'usage en fatigue, celle de l'annexe ZH210 présente l'avantage de ne pas faire d'hypothèse sur les directions des contraintes principales. A partir des transitoires donnés par l'utilisateur (des résultats avec des numéros d'ordre ou des instants éventuellement précisés), le calcul se déroule en 3 phases :

- Définition d'états de chargement pour chaque transitoire
  - état de chargement  $k = \{\text{instant } t + \text{tenseur } \sigma(t) + \text{nombre d'occurrences } N_{occ} \text{ (celui du transitoire)}\}$
- A chaque extrémité du segment, pour deux états de chargement  $k$  et  $l$  :
  - calcul de  $S_p(k, l) = \text{amplitude de variation de contrainte (non linéarisée) entre les états } k \text{ et } l$ ,
  - calcul de  $S_n(k, l) = \text{amplitude de variation de contrainte linéarisée entre les états } k \text{ et } l$ ,
  - calcul de  $S_{alt}(k, l) = \frac{1}{2} E_c/E K_e(k, l) S_p(k, l)$ ,
  - par la courbe de fatigue de Wöhler en déduire  $N_{adm}(k, l)$ ,
  - facteur d'usage  $u(k, l) = N(k, l) / N_{adm}(k, l)$ ,
$$N(k, l) = \min ( N_{occ}(k), N_{occ}(l) )$$
- Méthode de combinaison
  - Données à chaque extrémité du segment
    - matrice carrée symétrique  $[u(k, l)]$  et vecteur  $N_{occ}(k)$
  - de dimension : le nombre total d'états de chargement
- Facteur d'usage total  $U$ 
  - $U = 0$
  - Recherche du facteur d'usage élémentaire maximum  $= u(m, n) = \max(u(k, l))$  sur toutes les combinaisons  $k, l$  où  $N_{occ}(k)$  et  $N_{occ}(l)$  non nuls
  - cumul :  $U = U + u(m, n)$ 
    - Si  $N_{occ}(m) < N_{occ}(n)$  alors
 
$$N_{occ}(n) = N_{occ}(n) - N_{occ}(m)$$

$$N_{occ}(m) = 0$$
    - Sinon,
 
$$N_{occ}(m) = N_{occ}(m) - N_{occ}(n)$$

$$N_{occ}(n) = 0$$

Cette méthode de combinaison des cycles est identique dans le cas uniaxial à la méthode RCCM de POST\_FATIGUE. Toutefois, dans POST\_FATIGUE, les instants (états de chargements) intermédiaires entre deux états extrêmes entre lesquels les contraintes varient linéairement sont éliminés.

Dans `POST_RCCM`, qui traite des états de contraintes généraux, donc multiaxiaux, cette élimination automatique n'est pas effectuée. Elle est à la charge de l'utilisateur qui peut définir les instants correspondant aux états extrêmes par `NUME_ORDRE`, `INST` ou `LIST_INST`.

## 4.2 Mot clé `SEGMENT`

Ce mot clé facteur permet de définir le (ou les) segment(s) de calcul.

**L'utilisation cohérente de `POST_RCCM` implique ici que le lieu de post-traitement soit un segment de droite.**

### 4.2.1 Opérande `INTITULE`

◇ `INTITULE` = `nomseg`

Permet de donner un nom au segment.

### 4.2.2 Opérande `CHEMIN`

◆ `CHEMIN` = `seg2d` ou `seg3d`

L'argument de `CHEMIN` est un concept produit par l'un des opérateurs suivants :

`INTE_MAIL_2D` [U4.81.11]

Le concept se réduit alors soit à l'intersection d'un segment de droite avec les mailles 2D du maillage.

`INTE_MAIL_3D` [U4.81.12]

Le concept se réduit alors à l'intersection d'un segment de droite avec les mailles 3D du maillage.

### 4.2.3 Opérande `GROUP_NO`

◆ `GROUP_NO` = `grno`

Il est souhaitable que le groupe de nœuds soit généré par la commande `DEFI_GROUP` [U4.22.01] option `SEGM_DROI_ORDO`.

### 4.2.4 Opérande `NOEUD`

◆ `NOEUD` = `l_no`

Le code vérifie que les nœuds fournis sont alignés et ordonnés suivant une droite dont l'origine est le premier nœud de la liste et l'extrémité le dernier nœud de la liste.

## 4.3 Opérande `MAILLAGE`

◆ `MAILLAGE` = `ma`

`ma` est le nom du maillage. Cette opérande est obligatoire si le `SEGMENT` est défini à partir d'une liste de nœuds ou d'un groupe de nœuds.

## 4.4 Mot clé TRANSITOIRE

Ce mot clé facteur permet de définir le (ou les) transitoire(s) à étudier.

### 4.4.1 Opérande INTITULE

Permet de donner un nom au transitoire. Ce nom sera affiché dans la table produite.

### 4.4.2 Opérande RESULTAT

♦ `RESULTAT = resu`

Nom d'un concept de type `resultat` contenant les champs de contraintes à analyser. Actuellement, seuls les résultats de type `evol_elas` et `evol_noli` peuvent être traités.

### 4.4.3 Opérande RESU\_SIGM\_THER

`RESU_SIGM_THER = resuth`

Ce mot clé définit un résultat obtenu avec un chargement thermique seul. Il permet le calcul de  $S_n^*$  [§3.1.2.1].

### 4.4.4 Opérande NB\_OCCUR

◇ `NB_OCCUR = / nocc, [DEFAULT]  
/ 1,`

Nombre d'occurrences pour le calcul du facteur d'usage.

### 4.4.5 Opérande NOM\_CHAM

♦ `NOM_CHAM = nomsymb`

Nom symbolique du champ de contraintes à analyser. Seuls les champs `SIGM_ELNO_DEPL` et `SIEF_ELNO_ELGA` peuvent être traités.

Ils nécessitent de faire un `CALC_NO` après `STAT_NON_LINE` ou `MECA_STATIQUE`.

### 4.4.6 Opérandes TOUT\_ORDRE / NUME\_ORDRE / LIST\_ORDRE / INST / LIST\_INST / PRECISION / CRITERE

◇ `TOUT_ORDRE, NUME_ORDRE, LIST_ORDRE, INST, LIST_INST`

Ces mots clés permettent la sélection des numéros d'ordre correspondant aux champs regroupés dans les structures de données `resultat` (et `resuth` éventuellement) sous les noms symboliques précédemment spécifiés. Les numéros d'ordre sont donnés soit directement (mots clés `TOUT_ORDRE`, `NUME_ORDRE`, `LIST_ORDRE`), soit indirectement par des listes de valeurs de leurs variables d'accès (mots clés `INST`, `LIST_INST`).

◇ `PRECISION, CRITERE`

Mots clés (facultatifs) définissant la précision (1.D-6 par défaut) et le critère de recherche (`RELATIF` par défaut) d'un numéro d'ordre à partir d'une valeur d'instant.

## 4.5 Table produite

La commande `POST_RCCM` génère un concept de type table. Les exemples présentés au [§5] montrent le contenu de la table.

La commande `IMPR_TABLE` [U4.91.03] permet d'imprimer le contenu de la table.

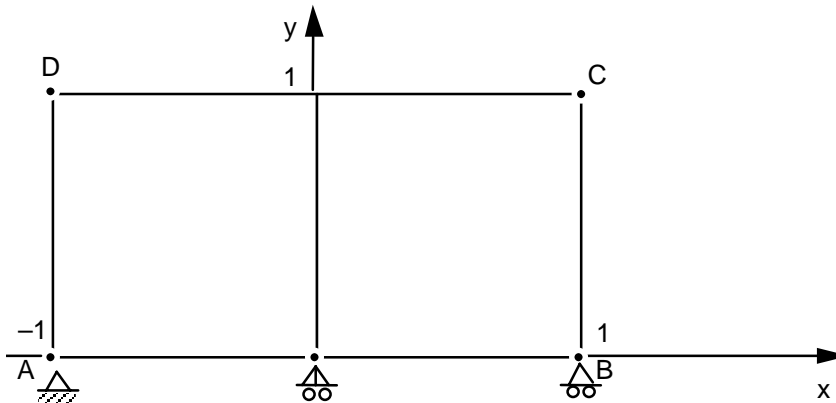
## 4.6 Phase d'exécution

Si RESU\_SIGM\_THER est présent, on vérifie que les instants de calcul du concept resuth sont identiques à ceux du concept resu. Par contre, on ne peut pas vérifier que les transitoires thermiques qui ont contribué aux résultats mécaniques resuth et resu sont identiques. C'est à l'utilisateur d'assurer la cohérence (y compris sur les données matériaux).

## 4.7 Exemple d'utilisation

L'exemple suivant est tiré du test RCCM01. Il s'agit d'une plaque plane soumise à un chargement thermique et mécanique. Le chargement mécanique (déplacement imposé) provoque un état de contrainte constant dans la plaque. La température provoque des contraintes linéaires en x.

### 4.7.1 Géométrie



### 4.7.2 Propriétés de matériaux

 $E = 2. \text{E}+05 \text{ Pa}$ 
 $\nu = 0.3$ 
 $\alpha = 1. \text{E}-05$ 

### 4.7.3 Conditions aux limites et chargements

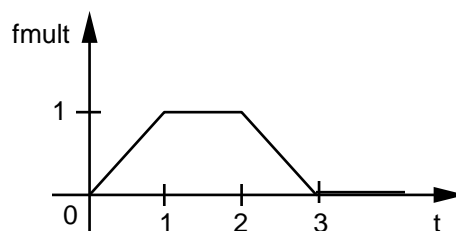
Déplacement imposé :

Segment AB  $Y = 0$

Nœud A encastré  $X = Y = 0$

Chargement mécanique :

Segment CD  $DY = 0.001 \text{ fmult}$



## Chargement thermique :

INST	T (X, Y)
0	0.
1	0.
2	50. X
3	50. X

## Extraits du fichier de commandes :

% Définition des paramètres du matériau et de la courbe de fatigue

```

wohler = DEFI_FONCTION(
    NOM_PARA = 'SIGM',
    VALE = (
        138., 1000000.,
        152., 500000.,
        165., 200000.,
        180., 100000.,
        200., 50000.,
        250., 20000.,
        295., 12000.,
        305., 10000.,
        340., 5000.,
        430., 2000.,
        540., 1000.,
        690., 500.,
        930., 200.,
        1210., 100.,
        1590., 50.,
        2210., 20.,
        2900., 10.,
    ),
    INTERPOL = 'LOG',
    PROL_DROITE = 'LINEAIRE',
    PROL_GAUCHE = 'LINEAIRE' )

mat = DEFI_MATERIAU( ELAS = _F( E = 200000., NU = 0.3, ALPHA = 1.0E-5 ),
    FATIGUE = _F( WOHLER = wohler, E_REFE = 200000.),
    RCCM = _F( M_KE = 1.7, N_KE = 0.3,
    SM = 200.)
)

chmat = AFFE_MATERIAU( MAILLAGE= ma ,
    AFFE= _F( TOUT= 'OUI', MATER=mat ) )

% chargement mécanique

A1 = 0.0E-3
A2 = 1.0E-3
DY1 = DEFI_VALEUR( R8= EVAL( ( -1.0 * A1 ) + A2 ) )
DY2 = DEFI_VALEUR( R8= EVAL( ( +1.0 * A1 ) + A2 ) )

dycd = DEFI_FONCTION( NOM_PARA = 'X',
    VALE= ( -1.0, DY1, 1.0, DY2, ) )
nul = defi_constante (VALE = 0. )
chmec = AFFE_CHAR_MECA_F( MODELE= mo,
    DDL_IMPO=( _F( GROUP_NO= 'CD' , DY= dycd ),
    _F( GROUP_NO= 'AB' , DY= nul ),
    _F( GROUP_NO= 'A' , DX= nul ) )

linst = DEFI_LIST_REEL( DEBUT = 0.,
    INTERVALLE= _F( JUSQU_A= 3. , PAS=1. ) )
fctmul = DEFI_FONCTION( NOM_PARA= 'INST',
    VALE= ( 0.0 , 0.0 , 1.0 , 1.0,
    2.0 , 1.0 , 3.0 , 0.0, ) )

% Temperature imposee T = T1*x+T2

```

Titre : *Opérateur POST\_RCCM*  
 Auteur(s) : **M. ABBAS, L. VIVAN**

Date : 17/06/04  
 Clé : U4.83.11-E2 Page : 14/36

T1 = 50.0  
 T2 = 0.0

```
T = FORMULE( Reel = ( (Reel:X) = T1*X+T2 ) )

cht0 = CREA_CHAMP(MAILLAGE= MA, TYPE_CHAM = 'NOEU_TEMP_R', OPERATION='AFFE',
  AFFE=_F( TOUT='OUI', NOM_CMP='TEMP' VALE= 0.0 ) )
cht1 = CREA_CHAMP(MAILLAGE= MA, TYPE_CHAMP = 'NOEU_TEMP_F', OPERATION='AFFE',
  AFFE=_F( TOUT='OUI', NOM_CMP='TEMP', VALE_F= T ) )
TEMP= CREA_RESU( TYPE_RESU= 'EVOL_THER', NOM_CHAM = 'TEMP', OPERATION='AFFE',
  AFFE=( _F ( INST = 0. , CHAM_GD = cht0 ),
    _F ( INST = 1. , CHAM_GD = cht0 ),
    _F ( INST = 2. , CHAM_GD = cht1 ),
    _F ( INST = 3. , CHAM_GD = cht1 ) ) )
chther = AFFE_CHAR_MECA( MODELE= mo , TEMP_CALCULEE = TEMP )
% chargements mecanique + thermique
resu2 = MECA_STATIQUE( MODELE = mo , CHAM_MATER= chmat,
  LIST_INST = linst,
  EXCIT=( _F( CHARGE= chther ),
    _F( CHARGE= chmec , FONC_MULT= fctmul ) ),
  OPTION= ( 'SIGM_ELNO_DEPL' ) )
% Pour le calcul de sn* : chargement thermique seul
chmec0 = AFFE_CHAR_MECA( MODELE= mo,
  DDL_IMPO = ( _F ( GROUP_NO= 'AB' , DY= 0.0 ),
    _F ( GROUP_NO= 'A' , DX= 0.0 ),
    _F ( GROUP_NO= 'CD' , DY= 0. ) ) )
resuth = MECA_STATIQUE( MODELE = mo , CHAM_MATER= chmat,
  LIST_INST = linst,
  EXCIT=( _F ( CHARGE= chther ),
    _F ( CHARGE= chmec0 , FONC_MULT= fctmul ) ),
  OPTION= 'SIGM_ELNO_DEPL' )
% extraction des valeurs suivant x en y=0.5
ligne = INTE_MAIL_2D ( MAILLAGE = ma,
  DEFI_SEGMENT=_F( ORIGINE = ( -1.0 , 0.5 , ),
    EXTREMITE= ( 1.0 , 0.5 , ) ),
  )
SN1=POST_RCCM( MATER=MAT,
  TYPE_RESU='VALE_MAX',
  TYPE_RESU_MECA='EVOLUTION',
  OPTION='SN',
  TITRE='SN, RESULTAT: RESU2b AVEC RESUTH',
  SEGMENT=_F( CHEMIN = LIGNE,
    INTITULE = 'SN:
  RESU2b+RESUTHb' ),
  TRANSITOIRE=_F( RESULTAT = RESU2b,
    RESU_SIGM_THER = RESUTHb,
    NOM_CHAM = 'SIGM_ELNO_DEPL' )
  )
```

```
IMPR_TABLE ( TABLE = sn1 )

FAT1=POST_RCCM(          MATER=MAT,
                     TYPE_RESU = 'VALE_MAX',
                     TYPE_RESU_MECA = 'EVOLUTION',
                     OPTION = 'FATIGUE_ZH210',
                     TITRE='FATIGUE_SPMAX, RESULTAT: RESU2',
                     SEGMENT=_F( CHEMIN = LIGNE,
                                INTITULE = 'FATIGUE_SP: RESU2'),
                     TRANSITOIRE=_F( RESULTAT = RESU2,
                                    NOM_CHAM = 'SIGM_ELNO_DEPL')
                     )
IMPR_TABLE ( TABLE = fat1 )

FAT2=POST_RCCM(          MATER = MAT,
                     TYPE_RESU = 'VALE_MAX',
                     TYPE_RESU_MECA = 'EVOLUTION',
                     OPTION = 'FATIGUE_ZH210',
                     TITRE = 'FATIGUE_ZH210, RESULTAT: RESU2',
                     SEGMENT =_F( CHEMIN = LIGNE,
                                INTITULE = 'FATIGUE_ZH: RESU2'),
                     TRANSITOIRE =_F( RESULTAT = RESU2,
                                    NOM_CHAM = 'SIGM_ELNO_DEPL',
                                    INST = (0., 1., 2.,))
                     )
IMPR_TABLE ( TABLE = fat2 )

FIN( )
```

## 5 Opérandes spécifiques aux résultats de type TUYAUTERIE

A partir de plusieurs résultats de calculs mécaniques (MECA\_STATIQUE, STAT\_NON\_LINE, COMB\_SISM\_MODAL) sur une ligne de tuyauterie, et de données complémentaires. On calcule des critères de fatigue par l'option FATIGUE.

### 5.1 Remarques préliminaires concernant les étapes préalables à ce post-traitement

Les données nécessaires au post-traitement sont résumées ici (et détaillées au § suivant) :

- La géométrie de la ligne de tuyauterie.
- Le champ de matériau : c'est la carte des matériaux affectés aux groupes de mailles du maillage par AFPE\_MATERIAU auquel il faut ajouter la courbe de fatigue, E\_REFE, M\_KE et N\_KE (mots-clés RCCM).
- AFPE\_CARA\_ELEM permet d'affecter les caractéristiques élémentaires.
- Des indices de contraintes (en chaque nœud du maillage).
- Le scénario de fonctionnement contenant la liste des situations :
  - Pour chaque situation :
    - Nombres d'occurrences de chaque situation (donc de chaque état stabilisé).
    - Pression et température moyenne de chaque état stabilisé.
    - Liste des chargements mécaniques de chaque état stabilisé.
    - Le groupe d'appartenance de la situation.
    - Le transitoire thermique associé.
- Les résultats des calculs pour chaque chargement mécanique (y compris le séisme), (repéré par son numéro, avec pour info le nom du cas de charge) : champ par éléments aux nœuds d'efforts généralisés, pour chaque chargement (EFGE\_ELNO\_DEPL, ou SIEF\_ELNO\_ELGA).
- Pour chaque nœud, une référence à un résultat thermique défini ci-dessous.
- Résultats des calculs thermiques : les calculs EF 2D ou 3D qui donnent ces infos dépendent à la fois de la géométrie et du transitoire. On a donc un calcul thermique par type de jonction, et par type de transitoire. En pratique on effectue deux POST\_RELEVE\_T par transitoire et par type d'épaisseur ou de géométrie différent : un POST\_RELEVE\_T avec l'option EXTRACTION, et un second avec l'option MOYENNE

Les calculs préliminaires à effectuer sont donc :

- Des calculs de type poutre (calcul élastique) pour chaque chargement (on se sert uniquement des moments, exprimés dans un repère local à chaque élément, repère supposé identique pour tous les résultats) composant chacun des deux états stabilisés de chaque situation.
- Un calcul sismique (réponse inertielle et déplacements d'ancrage) (un seul type de séisme pris en compte).
- Le calcul de chaque transitoire thermique, en autant de maillages 2D ou 3D qu'il y a d'épaisseurs ou de composants différents.

Les opérandes et mots clés de l'option FATIGUE ont été choisis de façon à permettre une utilisation ultérieure en lien avec l'outil OAR. Elles s'inspirent donc des spécifications de la base de données OAR [bib3].

### 5.2 Opérande CHAM\_MATER

- ♦ CHAM\_MATER = chmat

C'est le champ de matériau contenant, pour toutes les mailles du modèle, les caractéristiques matériau utiles à FATIGUE et définies sous les mot-clés ELAS\_FO, FATIGUE et RCCM de DEFI\_MATERIAU [U4.43.01] (E, NU, ALPHA, WOHLER, E\_REFE, M\_KE, N\_KE, SM).



## Remarque sur les courbes de fatigue :

*Pour les petites amplitudes de contraintes, le problème du prolongement de la courbe de fatigue peut se poser : par exemple, pour les courbes de fatigue du RCCM au-delà de  $10^6$  cycles, la contrainte correspondante, 180 MPa est considérée comme limite d'endurance, c'est à dire que toute contrainte inférieure à 180 MPa doit produire un facteur d'usage nul, ou un nombre de cycles admissible infini.*  
*La méthode adoptée ici correspond à cette notion de limite d'endurance : si l'amplitude de contrainte est inférieure à la première abscisse de la courbe de fatigue, alors on prend un facteur d'usage nul.*

## 5.3 Opérande CARA\_ELEM

♦ CARA\_ELEM = cara

C'est le champ de caractéristiques des éléments de poutres (rayon externe et épaisseur, angle et rayon de courbure des coudes) défini par AFFE\_CARA\_ELEM.

## 5.4 Opérande MODELE

♦ MODELE = modele

C'est le modèle (élément finis de poutre) sur lequel ont été effectués les calculs des chargements mécaniques.

## 5.5 Opérande TYPE\_KE

♦ TYPE\_KE = / 'KE\_MECA', [Defaut]  
/ 'KE\_MIXTE'

Le facteur de correction élastoplastique  $K_e$  peut être calculé de deux façons :

- KE\_MECA : c'est la méthode originelle, seule disponible dans les versions antérieures à la version 7.2 [cf. R7.04.03]
- KE\_MIXTE : Depuis le modificatif 1997 du RCC-M, on peut choisir une autre formule, basée sur une décomposition de Salt :

$$S'_{alt}(i, j) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_c}{E} \cdot (K_e^{meca}(S_n(p, q)) \cdot S_p^{meca}(i, j) + K_e^{ther}(S_n(p, q)) \cdot S_p^{ther}(i, j)) \text{ avec :}$$

$K_e^{meca}(S_n(p, q))$  est égal au  $K_e$  défini précédemment, et

$$K_e^{ther}(S_n(p, q)) = \max \left( 1, 1.86 \cdot \left( 1 - \frac{1}{1.66 + \frac{S_n}{S_m}} \right) \right)$$

$S_p^{meca}(i, j)$  représente la quantité  $S_p$ , amplitude de variation de la part mécanique des contraintes, entre les instants  $i$  et  $j$ , ou valeur maxi de cette quantité au cours du transitoire, calculée sur la base des sollicitations d'origine mécanique : pression, poids propre, séisme (inertiel et déplacements d'ancrage), expansion thermique.

$S_p^{ther}(i, j)$  représente la quantité  $S_p$  calculée à partir des contraintes mécaniques engendrées uniquement par les transitoires thermiques.

## 5.6 Mot clé **ZONE\_ANALYSE**

Ce mot clé permet de limiter le calcul de fatigue à des mailles ou des groupes de maille de la ligne de tuyauterie.

### 5.6.1 Opérandes **TOUT** / **GROUP\_MA** / **MAILLE**

```
      /  TOUT          =  'OUI'  ,  
◇  /  GROUP_MA       =  gmal    ,      [groupma]  
      /  MAILLE       =  mal     ,      [maille]
```

Par défaut le calcul du facteur d'usage est fait pour tous les nœuds du modèle.

Ces mot-clés permettent de restreindre l'analyse à des mailles ou des groupes de mailles, ce qui permet d'économiser du temps de calcul.

## 5.7 Mot clé **RESU\_MECA**

Ce mot clé facteur permet de définir les résultats des calculs mécaniques. Il est répétable autant de fois qu'il y a de chargements mécaniques différents dans l'ensemble des situations.

### 5.7.1 Opérande **NUME\_CHAR**

Numéro du chargement mécanique. Ce numéro est utilisé pour définir les chargements associés à chaque situation (voir mot clé **SITUATION**).

### 5.7.2 Opérande **NOM\_CHAR**

Nom (facultatif) du chargement mécanique.

### 5.7.3 Opérande **TYPE\_CHAR**

```
◇  TYPE_CHAR =  /  'SEISME' ,      [Kn]  
                /  'AUTRE'  ,      [DEFAULT]
```

Type de chargement mécanique. Ce type est utilisé seulement dans le cas du **SEISME**, qui bénéficie d'un traitement particulier (combinaison quadratiques des efforts). Dans les autres cas, les combinaisons sont linéaires.

### 5.7.4 Opérande RESULTAT / CHAM\_GD

```

/  ♦  RESULTAT      =  resu,                               /  [evol_elas]
/  TOUT_ORDRE      =  'OUI' ,                               /  [evol_noli]
/  NUME_ORDRE      =  lordre ,                               [l_I]
/  LIST_ORDRE      =  lordre ,                               [listIs]
/  INST            =  linst ,                                 [l_R]
/  NOEUD_CMP       =  lnoecmp,                               [l_K16]
/  LIST_INST       =  linst ,                                 [listr8]
  ♦  |  PRECISION   =  /  prec,                               [R]
                        /  1.D-06 ,                           [DEFAULT]
                        |  CRITERE   =  /  'RELATIF',           [DEFAULT]
                        /  'ABSOLU' ,
  ♦  NOM_CHAM       =  /  'EFGE_ELNO_DEPL',
                        /  'SIEF_ELNO_ELGA',
/  ♦  CHAM_GD      =  cham_effo ,                             [cham_elem]
)

```

Résultats des calculs pour chaque chargement : champs par éléments aux nœuds d'efforts généralisés :

on peut donner :

- soit un champ par élément: `cham_effo` qui est de type `EFGE_ELNO_DEPL`, ou `SIEF_ELNO_ELGA`,
- soit une structure de données `resultat` (issue de `MECA_STATIQUE` ou `STAT_NON_LINE`) avec des paramètres d'extraction: `instant`, `NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL'`, ou `'SIEF_ELNO_ELGA'...`) ou bien issue de `COMB_SISM_MODAL` ou `MODE_STATIQUE` avec le paramètre d'extraction supplémentaire `NOEUD_CMP`.

Pour ces derniers, les champs d'efforts relatifs au séisme sont les moments pour chaque composante de chaque séisme (résultant d'une combinaison quadratique `NOEUD_CMP=( 'COMBI' , 'QUAD' )`), pour la réponse inertielle et des nœuds et des directions : par exemple `NOEUD_CMP=( 'N1' , 'DX' )` pour les déplacements d'ancrages.

### 5.8 Opérande INDI\_SIGM

```

♦  INDI_SIGM=_F(
  ♦  C1              =  /  1. ,                               [DEFAULT]
                        =  /  c1 ,                             [R]
  ♦  C2              =  /  1. ,                               [DEFAULT]
                        =  /  c2 ,                             [R]
  ♦  C3              =  /  0.5 ,                             [DEFAULT]
                        =  /  c3 ,                             [R]
  ♦  K1              =  /  1. ,                               [DEFAULT]
                        =  /  k1 ,                             [R]
  ♦  K2              =  /  1. ,                               [DEFAULT]
                        =  /  k2 ,                             [R]
  ♦  K3              =  /  1. ,                               [DEFAULT]
                        =  /  k3 ,                             [R]
  ♦  /  TOUT          =  'OUI' ,
  /  GROUP_MA        =  gma1 ,                               [groupma]
  /  MAILLE          =  ma1 ,                               [maille]
  ♦  /  GROUP_NO      =  gno1 ,                               [groupno]
  /  NOEUD           =  no1 ,                               [noeud]
  ♦  TYPE_ELEM_STANDARD =  /  'DRO' ,                         [Kn]
                        /  'COU' ,                             [Kn]
                        /  'TRN' ,                             [Kn]
                        /  'TEE' ,                             [Kn]
)

```

Valeurs des indices de contraintes à utiliser dans l'analyse de fatigue (valeurs codifiées dans le RCC-M B3683, variant suivant le type de jonction). l'utilisateur fournit pour chaque groupe de mailles, ou chaque nœud de chaque maille, les valeurs de C1, C2, C3, K1, K2, K3, sachant que les valeurs par défaut sont celles qui correspondent aux parties droites des tuyauteries, ce qui facilite l'introduction des données. On pourra avoir par exemple :

```
INDI_SIGM= _F( GROUP_MA= 'GMA1' ) ,  
            (affectation des valeurs par défaut pour tous les nœuds de toutes les mailles de GMA1)  
            _F( MAILLE= 'MA2' , NOEUD= 'NO2' , C1=1.2 , C2=1.4... ) ,  
            (affectation d'indices particuliers pour le nœud NO2 de la maille MA2)
```

TYPE\_ELEM\_STANDARD est un mot-clé optionnel, purement informatif, permettant d'afficher plus clairement dans la table des résultats de type d'éléments et de jonctions. On pourra donner, comme dans OAR, [bib3] un descriptif du type :

- DRO : pour partie droite,
- COU : pour un coude,
- TRN : pour une transition d'épaisseur,
- TEE : pour un té.

## 5.9 Mot clé RESU\_THER

Ce mot clé facteur permet de définir les résultats des calculs thermiques. Il est répétable autant de fois qu'il y a de calculs thermiques différents et de discontinuités géométriques ou matériaux. A titre indicatif, il peut y en avoir : (nb discontinuités)\*(nb transitoires thermiques).

### 5.9.1 Opérande NUME\_RESU\_THER

- ◆ NUME\_RESU\_THER = numtran [I]  
Numéro des transitoires thermiques. Ce numéro est utilisé pour identifier le transitoire thermique associé à chaque situation (voir mot clé SITUATION).

### 5.9.2 Opérande TABL\_RESU\_THER

- ◆ TABL\_RESU\_THER = table [tabl\_post\_releve]  
Table issue de POST\_RELEVE\_T, contenant pour chaque calcul thermique transitoire, le relevé des températures sur une section (choisie par l'utilisateur) du maillage 2D ou 3D d'une jonction ou d'une partie droite à différents instants du transitoire. L'origine de la section doit être la peau interne.
- ◆ TABL\_MOYE\_THER = table [tabl\_post\_releve]  
Table issue de POST\_RELEVE\_T, (OPERATION='MOYENNE') contenant pour chaque calcul thermique transitoire, les moyennes d'ordre 0 et 1 des températures sur la section choisie (en cohérence avec TABL\_RESU\_THER) à différents instants du transitoire.  
Ces quantités sont utilisées pour calculer les valeurs de  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $T_a$  et  $T_b$  [R7.04.03].

## 5.9.3 Opérandes TOUT / GROUP\_MA / MAILLE / GROUP\_NO / NOEUD

```

◇ / TOUT      = 'OUI' ,
  / GROUP_MA  = gma1 ,      [groupma]
  / MAILLE    = ma1 ,      [maille]
◇ / GROUP_NO  = gno1 ,      [groupno]
  / NOEUD     = no1 ,      [noeud]

```

La table et le transitoire est associée soit à un groupe de mailles, (en général ce groupe contient toutes les parties droites qui voient le même transitoire thermique), soit à une maille, et un nœud de cette maille, (ce qui correspond en général à une jonction). On pourra avoir par exemple :

```

RESU_THER =_F(NUMES_RESU_THER = 1,
              TABL_RESU_THER   = tabl1,
              TABL_MOYE_THER   = tabl11,
              GROUP_MA='gma1'),
_F(NUMES_RESU_THER = 1,
  TABL_RESU_THER   = tabl2,
  TABL_MOYE_THER   = tabl22,
  MAILLE           = 'ma1' ,
  NOEUD            = 'no2' )

```

## 5.10 Mot clé SITUATION

Ce mot clé facteur permet de définir les définitions des situations. Il est répétable autant de fois qu'il y a de situations.

### 5.10.1 Opérandes NUME\_SITU / NOM\_SITU / NB\_OCCUR

```

◆ NUME_SITU = numsitu ,      [I]
◇ NOM_SITU  = nomsitu ,      [Kn]
◆ NB_OCCUR  = nbocc ,        [I]
◆ NB_CYCL_SEISME = nbsss ,    [I]

```

Numéro de la situation, et nom (indicatif). NB\_OCCUR correspond au mot clé OCCURRENCE du fichier OAR et indique le nombre d'occurrences de la situation. NB\_CYCL\_SEISME fournit le nombre de sous-cycle pour chaque occurrence du séisme.

### 5.10.2 Opérandes PRES\_A / PRES\_B / TEMP\_REF\_A / TEMP\_REF\_B

```

◆ PRES_A = pressa ,      [R]
◆ PRES_B = pressb ,      [R]
◇ TEMP_REF_A = tempa ,    [R]
◇ TEMP_REF_B = tempb ,    [R]

```

Températures (stabilisées) et pressions associés à chacun des deux états stabilisés de la situation.

Ces opérandes sont inutiles si la situation correspond à un séisme.

### 5.10.3 Opérandes CHAR\_ETAT\_A / CHAR\_ETAT\_B

```

◆ CHAR_ETAT_A = (list_num_char_meca) ,      [L_I]
◆ CHAR_ETAT_B = (list_num_char_meca) ,      [L_I]

```

Liste des numéros de chargements mécaniques associés à chaque état stabilisé. Ces numéros correspondent au mot clé NUME\_CHAR du mot clé facteur CHAR\_MECA. L'opérande CHAR\_ETAT\_B est inutile si la situation correspond à un séisme, seuls les chargements fournis sous CHAR\_ETAT\_A sont utilisés (combinaison quadratique) (ils doivent correspondre aux résultats du calcul inertiel à l'aide de COMB\_SISM\_MODAL, et de chaque déplacement d'ancrage sous séisme, obtenu soit à l'aide de MODE\_STATIQUE, soit au cas par cas).

#### 5.10.4 Opérande NUME\_RESU\_THER

```
◇ NUME_RESU_THER = list_num_tran [L_I]
```

Liste de numéros de tables issues de calculs thermiques associés à la situation. A chaque situation est associé un transitoire thermique (ou plusieurs dans le cas de différents tronçons de lignes). Dans le cas où pour une situation donnée, il y a physiquement deux transitoires, comme le chauffage-refroidissement par exemple, il est d'usage en B3600 de combiner ces deux transitoires en un seul.

Pour chaque situation, on fournit n tables qui représentent le calcul du même transitoire thermique en différents endroits de la ligne (pour chaque épaisseur ou chaque discontinuité). Ces numéros doivent appartenir à la liste des numéros fournis sous le mot clé `NUME_RESU_THER` du mot clé `facteur RESU_THER`.

### 5.10.5 Opérande NUME\_GROUPE / NUME\_PASSAGE

```

◇   NUME_GROUPE   =   numgroup   ,                               [ I ]
◇   NUME_PASSAGE  =   (num1, num2) ,                             [ L_I ]

```

Numéro de groupe auquel appartient la situation.

Le calcul de fatigue ne combine entre elles que les situations d'un même groupe, sauf s'il existe une situation de passage entre les deux groupes.

Pour les situations de passage, num1 et num2 indiquent les deux numéros de groupes reliés par cette situation. Une situation de passage est définie, comme une autre situation, par deux listes de chargements et un transitoire thermique. Elle peut appartenir à un groupe de situations contenant d'autres situations.

### 5.10.6 Opérande COMBINABLE

```
◆   COMBINABLE =    / 'OUI' ,                                [ DEFAULT ]
                      / 'NON' ,                               [ Kn ]
```

Ce mot clé indique si une situation est combinable avec les autres à l'intérieur de son groupe (cas général).

Dans le cas où COMBINABLE= 'NON', cela signifie que la situation est un sous-cycle.

### 5.10.7 Opérande NB\_CYCL\_SEISME

◇ NB CYCL SEISME = nbsss,

Nombre de cycles associés à chaque occurrence du séisme, considérés comme des sous-cycles dans le calcul du facteur d'usage.

## 5.11 Exemple d'utilisation

Le test RCCM02 fournit un exemple complet d'utilisation. On donne ici des extraits du fichier de commandes :

```
...
TBRCCM1=POST_RCCM(TYPE_RESU='DETAILS',
                   TYPE_RESU_MECA='TUYAUTERIE',
                   OPTION='FATIGUE',
                   CHAM_MATER=CHAMPAV,
                   MODELE=MODELE,
                   CARA_ELEM=CARA_POU,
                   INFO=2,

# zone d'analyse

                   ZONE_ANALYSE=_F( MAILLE = ('M1','M2'), ),

# résultats mécaniques (calculés avec MECA_STATIQUE)

                   RESU_MECA=(
                     _F(NUMER_CHAR=1,
                        NOM_CHAR='ETAT 1 SITUATION 1',
                        TOUT_ORDRE='OUI',RESULTAT=RMECA1,
                        NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL',),
                     _F(NUMER_CHAR=2,
                        NOM_CHAR='ETAT 2 SITUATION 1',
                        TOUT_ORDRE='OUI',RESULTAT=RMECA2_9,
                        NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL',),
                     _F(NUMER_CHAR=3,
                        NOM_CHAR='ETAT 3 SITUATION 2',
                        TOUT_ORDRE='OUI',RESULTAT=RMECA3,
                        NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL',),
                     .....
# Séisme réponse inertielle (COMB_SISM_MODAL)

                     _F(NUMER_CHAR=1000,
                        NOM_CHAR='SNA',
                        TYPE_CHAR='SEISME',
                        RESULTAT=SISM_SPE,
                        NOEUD_CMP=('COMBI','QUAD',),
                        NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL',),

# déplacement d'ancrage au niveau sortie BR suivant DX

                     _F(NUMER_CHAR=1001,
                        NOM_CHAR='SNA DEPL ANC BR DX',
                        TYPE_CHAR='SEISME',
                        TOUT_ORDRE='OUI',RESULTAT=RANCBRDY,
                        NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL',),

                     _F(NUMER_CHAR=1002,
                        NOM_CHAR='SNA DEPL ANC BR DY',
                        TYPE_CHAR='SEISME',
                        TOUT_ORDRE='OUI',RESULTAT=RANCBRDY,
                        NOM_CHAM='EFGE_ELNO_DEPL',),

...
                   ),
```

Titre :        *Opérateur POST\_RCCM*  
Auteur(s) :   *M. ABBAS, L. VIVAN*

Date :        *17/06/04*  
Clé :    *U4.83.11-E2* Page :    *24/36*

```
# indices de contraintes
INDI_SIGM=(
    _F(TOUT='OUI',
        TYPE_ELEM_STANDARD='DRO',),
    _F(C1=1.0,
        K1=1.10,
        C2=1.0,
        K2=1.10,
        C3=0.60,
        K3=1.10,
        MAILLE=('M1'),
        NOEUD=('N79'),
        TYPE_ELEM_STANDARD='COU',),
    ...
),

# résultats thermiques
RESU_THER=(
# résultats sur les tubes droits transitoire 2
    _F(NUMÉ_RESU_THER=12,
        TABL_RESU_THER=TABTH2D,
        TABL_MOYE_THER=TABMO2D,
        GROUP_MA='POUDT',),
# résultats sur les tubes droits transitoire 6
    _F(NUMÉ_RESU_THER=16,
        TABL_RESU_THER=TABTH6D,
        TABL_MOYE_THER=TABMO6D,
        GROUP_MA='POUDT',),
# résultats sur les coudes transitoire 2
    _F(NUMÉ_RESU_THER=22,
        TABL_RESU_THER=TABTH2C,
        TABL_MOYE_THER=TABMO2C,
        GROUP_MA='POUCT',),
# résultats sur les coudes transitoire 6
    _F(NUMÉ_RESU_THER=26,
        TABL_RESU_THER=TABTH6C,
        TABL_MOYE_THER=TABMO6C,
        GROUP_MA='POUCT',),
),

# les situations
SITUATION=(
    _F(NB_OCCUR=190,
        NUMÉ_SITU=1,
        NOM_SITU='Passage arrêt a froid -
                    fonctionnement nominal',
        NUMÉ_GROUPE=1,
        PRES_A=1.0E5,
        PRES_B=71.5E5,
        TEMP_REF_A=10.0,
        TEMP_REF_B=287.0,
        CHAR_ETAT_A=1,
        CHAR_ETAT_B=2,),
    _F(NB_OCCUR=1300000,
        NUMÉ_SITU=2,
        NOM_SITU='fluctuations en régime permanent',
        NUMÉ_GROUPE=1,
        PRES_A=58.9E5,
        PRES_B=57.6E5,
        TEMP_REF_A=274.5,
        TEMP_REF_B=272.5,
        CHAR_ETAT_A=3,
        CHAR_ETAT_B=4,
        NUMÉ_RESU_THER=(12,22),),
)
```



Titre : Opérateur *POST\_RCCM*  
Auteur(s) : **M. ABBAS, L. VIVAN**

Date : 17/06/04  
Clé : U4.83.11-E2 Page : 25/36

```

_F(NB_OCCUR=10,
  NB_CYCL_SEISM=390,
  NUME_SITU=7,
  NOM_SITU='Seisme SNA',
  COMBINABLE='OUI',
  NUME_GROUPE=1,
  CHAR_ETAT_A=(1000,1001,1002,1003,1004,1005,1006)),

_F(NB_OCCUR=13,
  NUME_SITU=11,
  NOM_SITU='Epreuve hydraulique',
#   NUME_GROUPE=2,
  NUME_GROUPE=1,
  PRES_A=112.0E5,
  PRES_B=1.0E5,
  TEMP_REF_A=20.0,
  TEMP_REF_B=10.0,
  CHAR_ETAT_A=1,
  CHAR_ETAT_B=14,))

),

)

```

IMPR\_TABLE( TABLE=TBRCCM1 , )

On obtient alors :

ASTER 6.03.15 CONCEPT TBRCCM1 CALCULE LE 05/09/2002 A 16:23:39 DE TYPE  
TABL\_POST\_RCCM

MAILLE	TYPE_MAILLE	NOEUD	SM	SN_MAX	SN/3SM	SALT_MAX	FACT_USAGE_CUMU
M1	DRO	N80	1.33600E+08	1.35615E+08	3.38360E-01	7.44376E+07	4.58400E-03
M1	COU	N79	1.33600E+08	1.35207E+08	3.37342E-01	8.15106E+07	5.58793E-03
M2	COU	N79	1.33600E+08	1.50176E+08	3.74690E-01	8.69347E+07	6.30413E-03
M2	DRO	N78	1.33600E+08	1.49870E+08	3.73926E-01	8.05593E+07	5.37650E-03

## 6 Opérands spécifiques aux résultats de type UNITAIRE

### 6.1 Préliminaires

On suppose ici que le calcul du composant a été réalisé dans Aster (on exploite en réalité un relevé des contraintes sur un segment choisi par l'utilisateur), ou provient d'une requête à la base de données OAR [bib1], dans laquelle peuvent être stockés des profils de contraintes. On utilise ici une spécification commune de la forme des résultats issus de ces deux chemins.

Les calculs 2D ou 3D du composant sont à faire uniquement pour des chargements unitaires (efforts et moments globaux unitaires appliqués aux limites du modèle, par des liaisons 3D poutre par exemple). Il sont combinés ensuite linéairement en fonction des valeurs des efforts et moments issus du calcul poutre de la tuyauterie, pour tous les chargements intervenant dans les situations de calcul. Attention, **le repère utilisé pour le calcul 2D ou 3D doit être cohérent avec celui dans lequel sont exprimés les efforts globaux issus du calcul poutre.**

Calculs préliminaires à effectuer dans Aster ou à extraire de la base de données OAR (si disponibles) :

- Calcul de la ligne de tuyauterie, de type poutre (calcul élastique) pour chaque chargement, y compris le séisme (on se sert généralement des moments, exprimés dans un repère local à chaque élément, identique pour tous les résultats), afin d'en déduire les efforts à appliquer aux limites du modèle 2D ou 3D.
- Calcul de chaque transitoire thermique, sur le même maillage 2D ou 3D.

Les données nécessaires au post-traitement sont résumées ici (et détaillées au § suivant) :

- Le matériau (supposé unique dans un premier temps) que traverse le segment d'étude : matériau élastique isotrope auquel il faut ajouter la courbe de fatigue, *E\_REFE*, *M\_KE* et *N\_KE*.
- Le scénario de fonctionnement (disponible dans OAR) contenant la liste des situations :
  - Pour chaque situation :
    - Nombres d'occurrences de chaque situation (donc de chaque état stabilisé).
    - Pression et température moyenne de chaque état stabilisé.
    - Liste des chargements mécaniques de chaque état stabilisé.
    - Le groupe d'appartenance de la situation.
    - Le transitoire thermique associé.
- La définition de chaque chargement mécanique (y compris le séisme), repéré par son numéro, avec pour info le nom du cas de charge, et le torseur d'efforts généralisés correspondant à ce chargement, à appliquer aux limites du modèle.
- Les résultats des calculs pour chaque chargement mécanique unitaire (extraction des valeurs des contraintes sur un segment choisi par l'utilisateur du modèle 2D ou 3D).
- Les résultats des calculs thermiques : extraction des contraintes sur un segment du modèle EF 2D ou 3D. On a donc un calcul thermique par transitoire.

#### 6.1.1 Option *PM\_PB*

Option permettant de calculer les critères de niveau 0 qui visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation excessive, d'instabilité plastique et d'instabilité élastique et elastoplastique. Ces critères nécessitent le calcul des contraintes équivalentes de membrane *Pm*, de membrane locale *Pl*, de flexion *Pb* et de membrane plus flexion *Pm + Pb*.

Voir [§4.1.2].

#### 6.1.2 Option *SN*

Option permettant de calculer les critères de niveau A (hors fatigue) qui visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation progressive. Ils nécessitent le calcul de l'amplitude de variation de contrainte linéarisée en un point, notée *Sn*.

Voir [§4.1.3].

## 6.1.3 Option FATIGUE

Les calculs de fatigue (option 'FATIGUE') au sens du RCCM B3200 sont effectués sur un segment d'analyse, à partir de relevés de contraintes sur ce segment pour des chargements unitaires. Ces calculs sont conformes à ce qui se fait en conception, et les données nécessaires sont accessibles (dans les dossiers d'analyse de comportement, ou dans OAR).

## 6.2 Opérande MATER

♦ MATER = mat

Nom du matériau contenant, pour le segment analysé, les caractéristiques utiles à FATIGUE\_B3200 et définies sous les mot-clés ELAS et RCCM de DEFINI\_MATERIAU [U4.43.01] (E, NU, ALPHA, WOHLER, E\_REFE, M\_KE, N\_KE, SM)

### Remarque sur les courbes de fatigue :

*Pour les petites amplitudes de contraintes, le problème du prolongement de la courbe de fatigue peut se poser : par exemple, pour les courbes de fatigue du RCCM au-delà de  $10^6$  cycles, la contrainte correspondante, 180 MPa est considérée comme limite d'endurance, c'est à dire que toute contrainte inférieure à 180 MPa doit produire un facteur d'usage nul, ou un nombre de cycles admissible infini.*

*La méthode adoptée ici correspond à cette notion de limite d'endurance : si l'amplitude de contrainte est inférieure à la première abscisse de la courbe de fatigue, alors on prend un facteur d'usage nul.*

## 6.3 Opérande TYPE\_KE

♦ TYPE\_KE = / 'KE\_MECA', [Defaut]  
/ 'KE\_MIXTE'

Le facteur de correction élastoplastique Ke peut être calculé de deux façons :

- KE\_MECA : c'est la méthode originelle, seule disponible dans les versions antérieures à la version 7.2 [cf. R7.04.03]
- KE\_MIXTE : Depuis le modificatif 1997 du RCC-M, on peut choisir une autre formule, basée sur une décomposition de Salt :

$$S'_{alt}(i, j) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_c}{E} \cdot (K_e^{meca}(S_n(p, q)) \cdot S_p^{meca}(i, j) + K_e^{ther}(S_n(p, q)) \cdot S_p^{ther}(i, j)) \text{ avec :}$$

$K_e^{meca}(S_n(p, q))$  est égal au Ke défini précédemment, et

$$K_e^{ther}(S_n(p, q)) = \max \left( 1, 1.86 \cdot \left( 1 - \frac{1}{1.66 + \frac{S_n}{S_m}} \right) \right)$$

$S_p^{meca}(i, j)$  représente la quantité Sp, amplitude de variation de la part mécanique des contraintes, entre les instants i et j, ou valeur maxi de cette quantité au cours du transitoire, calculée sur la base des sollicitations d'origine mécanique : pression, poids propre, séisme (inertiel et déplacements d'ancrage), expansion thermique.

$S_p^{ther}(i, j)$  représente la quantité Sp calculée à partir des contraintes mécaniques engendrées uniquement par les transitoires thermiques.

## 6.4 Mot clé CHAR\_MECA

Ce mot clé facteur permet de définir, pour chaque chargement mécanique apparaissant dans les situations, les torseurs appliqués aux limites du modèle, issus des calculs de type poutre. Il est répétable autant de fois qu'il y a de chargements mécaniques différents dans l'ensemble des situations.

### 6.4.1 Opérande NUME\_CHAR

Numéro du chargement mécanique. Ce numéro est utilisé pour définir les chargements associés à chaque situation (voir mot clé SITUATION).

### 6.4.2 Opérande NOM\_CHAR

Nom (facultatif) du chargement mécanique.

### 6.4.3 Opérande TYPE\_CHAR

```

◇ TYPE_CHAR = / 'SEISME' , [Kn]
              / typechar , [Kn]

```

Type de chargement mécanique. Ce type est utilisé seulement dans le cas du SEISME, qui bénéficie d'un traitement particulier. Dans les autres cas, il est purement informatif.

### 6.4.4 Opérands MX / MY / MZ / FX / FY / FZ / PRES

```

◆ MX = mx , [R]
◆ MY = my , [R]
◆ MZ = mz , [R]
◇ FX = fx , [R]
◇ FY = fy , [R]
◇ FZ = fz , [R]

```

Efforts généralisés issus de calculs de la ligne de tuyauterie, de type poutre, pour chaque chargement, à appliquer aux profils de contraintes fournis sous RESU\_MECA\_UNIT, par combinaison linéaire.

Attention, ceci suppose que ces valeurs sont fournies dans un repère cohérent avec celui utilisé pour la modélisation 2D ou 3D du composant.

Parmi ces efforts on trouve aussi les résultats des calculs pour chaque séisme : moments pour chaque composante de chaque séisme, pour la réponse inertielle et pour les déplacements d'ancrages.

## 6.5 Mot clé RESU\_MECA\_UNIT

```

◆ RESU_MECA_UNIT=_F(
  ◆ TABL_MX = tabsigmx [tabl_post_releve]
  ◆ TABL_MY = tabsigmy [tabl_post_releve]
  ◆ TABL_MZ = tabsigmz [tabl_post_releve]
  ◇ TABL_FX = tabsigfx [tabl_post_releve]
  ◇ TABL_FY = tabsigfy [tabl_post_releve]
  ◇ TABL_FZ = tabsigfz [tabl_post_releve]
  ◆ TABL_PRES = tabsigpr [tabl_post_releve]
)

```

Ce mot clé facteur permet de fournir les profils de contraintes sur le segment choisi, issus des calculs mécaniques unitaires. Pour la réalisation de ces calculs, il est recommandé d'appliquer aux limites du modèle 3D des liaisons de type 3D-poutre avec des éléments discrets ponctuels. L'un de ces éléments est encastré, et sur l'autre, on applique des efforts généralisés unitaires. Notons qu'il est d'usage dans les calculs RCCM de type tuyauterie de ne considérer que les moments, c'est pourquoi les mots-clés facteurs TABL\_FX, TABL\_FY, TABL\_FZ sont facultatifs. TABL\_PRES correspondant à un calcul sous pression interne unité, sans oublier l'effet de fond.

## 6.6 Mot clé RESU\_THER

Ce mot clé facteur permet de définir les résultats des calculs thermiques. Il est répétable autant de fois qu'il y a de calculs thermiques différents.

### 6.6.1 Opérande NUME\_RESU\_THER

◆ NUME\_RESU\_THER = numtran [I]

Numéro des transitoires thermiques. Ce numéro est utilisé pour identifier le transitoire thermique associé à chaque situation (voir mot clé SITUATION).

### 6.6.2 Opérande TABL\_RESU\_THER

◆ TABL\_RESU\_THER = table [tabl\_post\_releve]

Table issue de POST\_RELEVE\_T, contenant pour chaque calcul thermique transitoire, le relevé des contraintes dues au chargement thermique sur la section du maillage 2D ou 3D choisie par l'utilisateur à différents instants du transitoire. L'origine de la section doit être la peau interne.

## 6.7 Mot clé SITUATION

Ce mot clé facteur permet de définir les définitions des situations. Il est répétable autant de fois qu'il y a de situations.

### 6.7.1 Opérandes NUME\_SITU / NOM\_SITU / NB\_OCCUR

◆ NUME\_SITU = numsitu , [I]  
◇ NOM\_SITU = nomsitu , [Kn]  
◆ NB\_OCCUR = nbocc , [I]

Numéro de la situation, et nom (indicatif). nbocc correspond au nombre d'occurrences de la situation.

### 6.7.2 Opérandes PRES\_A / PRES\_B / TEMP\_REF\_A / TEMP\_REF\_B

◆ PRES\_A = pressa , [R]  
◆ PRES\_B = pressb , [R]  
◇ TEMP\_REF\_A = tempa , [R]  
◇ TEMP\_REF\_B = tempb , [R]

Températures (stabilisées) et pressions associés à chacun des deux états stabilisés de la situation.

### 6.7.3 Opérandes CHAR\_ETAT\_A / CHAR\_ETAT\_B

◆ CHAR\_ETAT\_A = (list\_num\_char\_meca) , [L\_I]  
◆ CHAR\_ETAT\_B = (list\_num\_char\_meca) , [L\_I]

Liste des numéros de chargements mécaniques associés à chaque état stabilisé. Ces numéros correspondent au mot clé NUME\_CHAR du mot clé facteur CHAR\_MECA.

### 6.7.4 Opérande NUME\_RESU\_THER

◇ NUME\_RESU\_THER = list\_num\_tran [L\_I]

Liste de numéros de transitoires thermiques associés à la situation. Il peut y avoir 0 ou 1 transitoire par tronçon de ligne (ce qui correspond à des groupes de mailles) pour chaque situation. Ces numéros correspondent au mot clé NUME\_RESU\_THER du mot clé facteur RESU\_THER.

Dans le cas où pour une situation donnée, il y a physiquement deux transitoires pour un tronçon, comme le chauffage-refroidissement par exemple, il est d'usage en B3600 de combiner ces deux transitoires en un seul.

### 6.7.5 Opérande NUME\_GROUPE / NUME\_PASSAGE

◇ NUME\_GROUPE = numgroup , [L\_I]  
◇ NUME\_PASSAGE = (num1, num2), [L\_I]

Numéro(s) de groupe(s) de situation pour chaque situation (les situations de deux groupes différents ne peuvent pas être combinées entre elles, sauf s'il existe une situation de passage). En général, une situation appartient à un seul groupe. Mais il peut exister des cas où une même situation appartient à plusieurs groupes.

Pour les situations de passage, num1 et num2 indiquent les deux numéros de groupes reliés par cette situation. Une situation de passage est définie, comme une autre situation, par deux listes de chargements et un transitoire thermique. Elle peut appartenir à un groupe.

### 6.7.6 Opérande COMBINABLE

◆ COMBINABLE = / 'OUI' , [DEFAULT]  
/ 'NON' , [Kn]

Ce mot clé indique si une situation est combinable avec les autres à l'intérieur de son groupe (cas général). Dans le cas où COMBINABLE='NON', cela signifie que la situation est un sous-cycle.

### 6.7.7 Opérande NB\_CYCL\_SEISME

◇ NB\_CYCL\_SEISME = nbsss,

Nombre de cycles associés à chaque occurrence du séisme, considérés comme des sous-cycles dans le calcul du facteur d'usage.

## 6.8 Exemple

Le test RCCM04 fournit un exemple complet d'utilisation. On donne ici des extraits du fichier de commandes :

#### Définition du matériau :

```
YOUNG=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='TEMP',
                     VALE=( 0.0 , 205000000000.0,
                             20.0 , 204000000000.0,
                             50.0 , 203000000000.0,
                             100.0 , 200000000000.0,
                             150.0 , 197000000000.0,
                             200.0 , 193000000000.0,
                             250.0 , 189000000000.0,
                             300.0 , 185000000000.0,
                             350.0 , 180000000000.0, ),)

C_ALPHA=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='TEMP',
                     VALE=( 0.0 , 1.092e-05,
                             20.0 , 1.092e-05,
                             50.0 , 1.114e-05,
                             100.0 , 1.150e-05,
                             150.0 , 1.187e-05,
                             200.0 , 1.224e-05,
                             250.0 , 1.257e-05,
                             300.0 , 1.289e-05,
                             350.0 , 1.324e-05, ),)

NU=DEFI_CONSTANTE(VALE=0.30,)
```

Titre :           Opérateur *POST\_RCCM*  
Auteur(s) :    *M. ABBAS, L. VIVAN*

Date :           17/06/04  
Clé :    *U4.83.11-E2* Page :    31/36

```
WOHLER=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='SIGM',
                      INTERPOL='LOG',
                      PROL_GAUCHE='LINEAIRE',
                      VALE=(      10000.0 , 1000000000000000.0,
                                86000000.0 , 1000000.0,
                                93000000.0 , 500000.0,
                                114000000.0 , 200000.0,
                                138000000.0 , 100000.0,
                                160000000.0 , 50000.0,
                                215000000.0 , 20000.0,
                                260000000.0 , 10000.0,
                                330000000.0 , 5000.0,
                                440000000.0 , 2000.0,
                                570000000.0 , 1000.0,
                                725000000.0 , 500.0,
                                1070000000.0 , 200.0,
                                1410000000.0 , 100.0,
                                1900000000.0 , 50.0,
                                2830000000.0 , 20.0,
                                4000000000.0 , 10.0, ),)

MAT_A48=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=YOUNG,
                               NU=NU,
                               TEMP_DEF_ALPHA=20.0,
                               ALPHA=C_ALPHA),)
FATIGUE=_F(WOHLER=WOHLER,
            E_REFE=2.070000000000E11),)
RCCM=_F(SM=1.336000000E8,
        N_KE=0.20,
        M_KE=3.0),)
```

**Lecture des tables issues de POST\_RELEVÉ\_T : extraction des contraintes sur un ligament d'un calcul 3D de coude avec sous-épaisseur, pour chaque chargement unitaire :**

```
TLIG1_FX = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_FX',NUME_TABLE=1,)
TLIG1_FY = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_FY',NUME_TABLE=10,)
TLIG1_FZ = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_FZ',NUME_TABLE=19,)
TLIG1_MX = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_MX',NUME_TABLE=28,)
TLIG1_MY = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_MY',NUME_TABLE=37,)
TLIG1_MZ = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_MZ',NUME_TABLE=46,)
TLIG1_PR = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_PR',NUME_TABLE=55,)
TLIG1_T2 = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_T2',NUME_TABLE=64,)
TLIG1_T6 = LIRE_TABLE (UNITE=38, FORMAT='ASTER',SEPARATEUR=' ',TYPE_TABLE='TABL_POST_RELE',
                      TITRE='TLIG1_T6',NUME_TABLE=73,)
```

Titre :           Opérateur *POST\_RCCM*  
Auteur(s) :     **M. ABBAS, L. VIVAN**

Date :           17/06/04  
Clé :    U4.83.11-E2 Page :   32/36

## POST\_RCCM :

```
TBRCCM1=POST_RCCM(TYPE_RESU='DETAILS',
                   TYPE_RESU_MECA='UNITAIRE',
                   OPTION='FATIGUE',
                   MATER=A48,
                   INFO=2,,
# les situations
    SITUATION=(
        _F(NB_OCCUR=190,
           NUME_SITU=1,
           NOM_SITU='Passage arret a froid - fonctionnement nominal',
           NUME_GROUPE=1,
           PRES_A=1.0E5,
           PRES_B=71.5E5,
           TEMP_REF_A=10.0,
           TEMP_REF_B=287.0,
           CHAR_ETAT_A=1,
           CHAR_ETAT_B=2, ),
        _F(NB_OCCUR=1300000,
           NUME_SITU=2,
           NOM_SITU='fluctuations en regime permanent',
           NUME_GROUPE=1,
           PRES_A=58.9E5,
           PRES_B=57.6E5,
           TEMP_REF_A=274.5,
           TEMP_REF_B=272.5,
           CHAR_ETAT_A=3,
           CHAR_ETAT_B=4,
           NUME_RESU_THER=2, ),
        _F(NB_OCCUR=4000,
           NUME_SITU=3,
           NOM_SITU='maintien niveau GV',
           NUME_GROUPE=1,
           PRES_A=70.0E5,
           PRES_B=59.0E5,
           TEMP_REF_A=286.0,
           TEMP_REF_B=275.0,
           CHAR_ETAT_A=5,
           CHAR_ETAT_B=6,
           NUME_RESU_THER=6, ),
        _F(NB_OCCUR=100000,
           NUME_SITU=4,
           NOM_SITU='Fluctuations en arret a chaud',
           NUME_GROUPE=1,
           PRES_A=73.4E5,
           PRES_B=68.1E5,
           TEMP_REF_A=290.0,
           TEMP_REF_B=284.0,
           CHAR_ETAT_A=7,
           CHAR_ETAT_B=8,
           NUME_RESU_THER=2, ),
        _F(NB_OCCUR=16080,
           NUME_SITU=5,
           NOM_SITU='Enveloppe des situations normales',
           NUME_GROUPE=1,
           PRES_A=71.5E5,
           PRES_B=44.0E5,
           TEMP_REF_A=287.0,
           TEMP_REF_B=256.0,
           CHAR_ETAT_A=9,
           CHAR_ETAT_B=10,
           NUME_RESU_THER=6, ),
```



```
_F(NB_OCCUR=790,  
   NUME_SITU=6,  
   NOM_SITU='Enveloppe des situations perturbées',  
   NUME_GROUPE=1,  
   PRES_A=74.5E5,  
   PRES_B=44.0E5,  
   TEMP_REF_A=290.0,  
   TEMP_REF_B=257.0,  
   CHAR_ETAT_A=11,  
   CHAR_ETAT_B=12,  
   NUME_RESU_THER=6, ),
```

```
_F(NB_OCCUR=10,  
   NB_CYCL_SEISME=390,  
   NUME_SITU=7,  
   NOM_SITU='Seisme SNA',  
   COMBINABLE='OUI',  
   NUME_GROUPE=1,  
   PRES_A=0.0,  
   PRES_B=0.0,  
   TEMP_REF_A=20.0,  
   TEMP_REF_B=20.0,  
   CHAR_ETAT_A=(1000,1001),  
   CHAR_ETAT_B=(1000,1001), ),
```

Titre :           Opérateur *POST\_RCCM*  
Auteur(s) :     **M. ABBAS, L. VIVAN**

Date :           17/06/04  
Clé :    U4.83.11-E2 Page :   34/36

```
      _F(NB_OCCUR=13,  
        NUME_SITU=11,  
        NOM_SITU='Epreuve hydraulique',  
#      NUME_GROUPE=2,  
        NUME_GROUPE=1,  
        PRES_A=112.0E5,  
        PRES_B=1.0E5,  
        TEMP_REF_A=20.0,  
        TEMP_REF_B=10.0,  
        CHAR_ETAT_A=1,  
        CHAR_ETAT_B=14, ),  
    ),  
  
# resultats mecaniques  
CHAR_MECA=(  
  _F(NUME_CHAR=1,  
    NOM_CHAR='ETAT 1 SITUATION 1',  
    FX=-0.501, FY=-1.000, FZ=0.775, MX=5947., MY=3144., MZ=6334., ),  
  _F(NUME_CHAR=2,  
    NOM_CHAR='ETAT 2 SITUATION 1',  
    FX=0.962, FY=-11.769, FZ=-3.762, MX=-41084., MY=-25691., MZ=91767., ),  
  _F(NUME_CHAR=3,  
    NOM_CHAR='ETAT 3 SITUATION 2',  
    FX=0.662, FY=-10.475, FZ=-3.081, MX=-34253., MY=-20695., MZ=83346., ),  
  _F(NUME_CHAR=4,  
    NOM_CHAR='ETAT 4 SITUATION 2',  
    FX=0.534, FY=-10.194, FZ=-2.934, MX=-32752., MY=-19577., MZ=81995., ),  
  _F(NUME_CHAR=5,  
    NOM_CHAR='ETAT 5 SITUATION 3',  
    FX=0.897, FY=-11.628, FZ=-3.688, MX=-40330., MY=-25129., MZ=91090., ),  
  _F(NUME_CHAR=6,  
    NOM_CHAR='ETAT 6 SITUATION 3',  
    FX=0.689, FY=-10.533, FZ=-3.111, MX=-34565., MY=-20928., MZ=83625., ),  
  _F(NUME_CHAR=7,  
    NOM_CHAR='ETAT 7 SITUATION 4',  
    FX=1.031, FY=-12.078, FZ=-3.925, MX=-42718., MY=-26884., MZ=93803., ),  
  _F(NUME_CHAR=8,  
    NOM_CHAR='ETAT 8 SITUATION 4',  
    FX=0.666, FY=-11.282, FZ=-3.509, MX=-38457., MY=-23711., MZ=89984., ),  
  _F(NUME_CHAR=9,  
    NOM_CHAR='ETAT 9 SITUATION 5',  
    FX=0.962, FY=-11.769, FZ=-3.762, MX=-41084., MY=-25691., MZ=91767., ),  
  _F(NUME_CHAR=10,  
    NOM_CHAR='ETAT 10 SITUATION 5',  
    FX=1.128, FY=-11.374, FZ=-4.088, MX=-43556., MY=-28408., MZ=86849., ),  
  _F(NUME_CHAR=11,  
    NOM_CHAR='ETAT 11 SITUATION 6',  
    FX=1.031, FY=-12.078, FZ=-3.925, MX=-42718., MY=-26884., MZ=93803., ),  
  _F(NUME_CHAR=12,  
    NOM_CHAR='ETAT 12 SITUATION 6',  
    FX=1.181, FY=-11.490, FZ=-4.148, MX=-44175., MY=-28869., MZ=87403., ),  
  _F(NUME_CHAR=1000,  
    NOM_CHAR='SNA',  
    TYPE_CHAR='SEISME',  
    FX=23.425, FY=-50.966, FZ=36.902, MX=240270., MY=-107195., MZ=16786.),  
  _F(NUME_CHAR=1001,  
    NOM_CHAR='SNA DEPL ANC BR DX',  
    TYPE_CHAR='SEISME',  
    MX=0., MY=0., MZ=0.),  
  _F(NUME_CHAR=14,  
    NOM_CHAR='ETAT 14 SITUATION 11 EPREUVE HYDRAULIQUE',  
    FX=-19.968, FY=0.182, FZ=0.150, MX=1381., MY=5671., MZ=-3179., ),  
),  
  
# resultats thermiques  
RESU_THER=(  
  _F(NUME_RESU_THER=2,  
    TABL_RESU_THER=TLIG1_T2, ),  
  _F(NUME_RESU_THER=6,  
    TABL_RESU_THER=TLIG1_T6, ),  
),
```

```
# les profils de contraintes issus des calculs mecaniques unitaires
RESU_MECA_UNIT=(
  _F(TABL_FX=TLIG1_FX,
    TABL_FY=TLIG1_FY,
    TABL_FZ=TLIG1_FZ,
    TABL_MX=TLIG1_MX,
    TABL_MY=TLIG1_MY,
    TABL_MZ=TLIG1_MZ,
    TABL_PRES=TLIG1_PR, ),
)

IMPR_TABLE(TABLE=TBRCCM1, )
```

## 7 Bibliographie

- [1] « RCC-M : Règles de Conception et de Construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires PWR. Edition 1993 » Edité par l'AFCEN : Association française pour les règles de conception et de construction des matériels des chaudières électro-nucléaires.
- [2] Y. WADIER, J.M. PROIX : « Spécifications pour une commande d'Aster permettant des analyses selon les règles du RCC-M B3200 ». Note EDF/DER/HI-70/95/022/0
- [3] I. FOURNIER, K. AABADI, A.M. DONORE : «Projet OAR : Descriptif du 'fichier OAR', système de fichiers d'alimentation de la base de données » Note EDF / R&D / HI-75/01/008/C
- [4] F. CURTIT : « Réalisation d'un outil logiciel d'analyse à la fatigue pour une ligne de tuyauterie - cahier des charges » Note EDF / R&D / HT-26/02/010/A
- [5] F. CURTIT : « Analyse à la fatigue d'une ligne VVP intérieur BR avec sous-épaisseur » Note EDF / R&D / HT-26/00/057/A