

**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 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. En entrée, il faut spécifier soit le résultat de calculs thermomécaniques sur une ligne de tuyauterie (`TYPE_RESU_MECA='TUYAUTERIE'`), soit des tables de contraintes sur un segment d'analyse construites après des calculs thermomécaniques 2D ou 3D (`TYPE_RESU_MECA='EVOLUTION'`), soit des tables de contraintes sur un segment d'analyse correspondant à des chargements unitaires et les torseurs de chargement associés (`TYPE_RESU_MECA='UNITAIRE'`).

Produit une structure de données de type `table`.

Avant une première utilisation, il est conseillé de se référer aux documents de référence et de conseil, notamment le document [U2.09.03].

## 2 Syntaxe

```
TABL_POST_RCCM = POST_RCCM (

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

    ◇ 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]

    ◆ TRANSITOIRE=_F (
        ◆ TABL_RESU_MECA = tabmeca, / [table]
        ◇ TABL_SIGM_THER = tabth , / [table]

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

        ◇ / 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' ,

    )
```

Titre : *Opérateur POST\_RCCM*  
Auteur(s) : **E. GALENNE, L. VIVAN**

Date : 22/02/06  
Clé : U4.83.11-F1 Page : 3/22

```

/ 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]
    ◆ TABL_MX   = tabsigmy , [tabl]
    ◆ TABL_MX   = tabsigmz , [tabl]
    ◇ TABL_FX   = tabsigfx , [tabl]
    ◇ TABL_FY   = tabsigfy , [tabl]
    ◇ TABL_FZ   = tabsigfz , [tabl]
    ◆ TABL_PRES = tabsigpr , [tabl]
  )
  ◇ RESU_THER=_F(
    ◆ NUME_RESU_THER = numtran, [I]
    ◆ TABL_RESU_THER = table, [tabl])
  ◆ 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]
  )

```

Titre : **Opérateur POST\_RCCM**  
Auteur(s) : **E. GALENNE, L. VIVAN**

Date : **22/02/06**  
Clé : **U4.83.11-F1** Page : **4/22**

```

/ TYPE_RESU_MECA = 'TUYAUTERIE'
♦ OPTION = / 'FATIGUE',
♦ MODELE = modele , [modele]

♦ ZONE_ANALYSE=_F(
  ◊ / TOUT = 'OUI', [DEFAULT]
    / GROUP_MA = gma1, [groupma]
    / MAILLE = ma1, [maille]
♦ CARA_ELEM = cara, [cara_elem]
♦ 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 = gma1, [groupma]
    / MAILLE = ma1, [maille]
  ◊ / GROUP_NO = gno1, [groupno]
    / NOEUD = no1, [noeud]
  ◊ TYPE_ELEM_STANDARD = / 'DRO', [Kn]
                        / 'COU', [Kn]
                        / 'TRN', [Kn]
                        / 'TEE', [Kn]
        )

```

Titre :           Opérateur POST\_RCCM  
Auteur(s) :     E. GALENNE, L. VIVAN

Date :           22/02/06  
Clé :    U4.83.11-F1 Page :   5/22

```

    ◇ 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        = gma1,             [groupma]
      / MAILLE          = ma1,              [maille]
      ◇ / GROUP_NO      = gno1,             [groupno]
      / NOEUD           = no1,              [noeud]
    )
  ◆ 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]
  )

```

## 3 Opérandes communs à toutes les options

### 3.1 Opérande **TYPE\_RESU**

```
TYPE_RESU = / 'VALE_MAX',  
            / 'DETAILS',
```

Type de valeurs contenues dans la table produite en résultat :

- VALE\_MAX : seules les valeurs maximales sont données ;
- DETAILS : 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 types de résultats sont traitables par POST\_RCCM :

- Des résultats de type évolution de transitoire / 'EVOLUTION'
- Des résultats de type unitaire avec combinaison de situations / '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 de tables de contraintes extraites d'un ou plusieurs concepts résultats obtenus par une commande globale (MECA\_STATIQUE, STAT\_NON\_LINE) sur une modélisation 2D ou 3D (résultats de type 'UNITAIRE' ou 'EVOLUTION') :
  - 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 (de niveau A) par l'option FATIGUE\_ZH210 pour les résultats de type 'EVOLUTION' ou par l'option FATIGUE pour les résultats de type 'UNITAIRE'.  
Ces options peuvent être appelées seules ou simultanément.
- 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 peut calculer des critères de fatigue par l'option FATIGUE.

### 3.5 Table produite

La commande POST\_RCCM génère un concept de type table. La commande IMPR\_TABLE [U4.91.03] permet d'imprimer le contenu de la table. Pour plus d'informations, on pourra se référer au document [U2.09.03].

## 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], la notice d'utilisation [U2.09.03] 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 de tables de contraintes extraites d'un ou plusieurs concepts résultats obtenus par une commande globale (`MECA_STATIQUE`, `STAT_NON_LINE`) sur une modélisation 2D ou 3D. Les tables de contraintes peuvent être créées par la commande `POST_RELEVE_T`. Les options de calcul possibles sont :

- 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`, la table des contraintes `TABL_RESU_MECA` (construite par exemple par `POST_RELEVE_T` après le calcul mécanique sur le lieu de post-traitement) et éventuellement la table des contraintes `TABL_SIGM_THER` construite à partir d'un calcul avec le chargement thermique seul.

Les points de calcul sont les deux extrémités du segment d'analyse. Si plusieurs segments d'extraction ont été utilisé pour définir une même table de contraintes, le calcul se fait successivement pour chacun d'entre eux.

Les valeurs limites sont  $S_m$  et  $1.5 S_m$ ,  $S_m$  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].

## Remarques :

- Le calcul de  $PM$  et  $PMPB$  se fait à partir des contraintes primaires uniquement, donc hors contraintes d'origine thermique. Si  $TABL\_SIGM\_THER$  est renseigné, on suppose que le résultat indiqué dans  $TABL\_RESU\_MECA$  correspond à un calcul thermomécanique et on lui soustrait donc les contraintes thermiques. Si seul  $TABL\_RESU\_MECA$  est renseigné, le calcul se fait directement à partir des contraintes indiquées dans la table.
- 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 opérandes nécessaires sont  $MATER$  et la table des contraintes  $TABL\_RESU\_MECA$  (construite par exemple par  $POST\_RELEVE\_T$  après le calcul mécanique sur le lieu de post-traitement) à renseigner dans le mot clé  $TRANSITOIRE$ . Le calcul de  $Sn^*$  est effectué si une table des contraintes thermiques  $TABL\_SIGM\_THER$  est fournie.

Les points de calcul sont les deux extrémités du segment d'analyse. Si plusieurs segments d'extraction ont été utilisés pour définir une même table de contraintes, le calcul se fait successivement pour chacun d'entre eux.

La valeur limite de  $Sn$  est  $3 S_m$ ,  $S_m$  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].

## Remarque :

Le mot-clé  $TABL\_RESU\_MECA$  peut être répété plusieurs fois sous un seul mot-clé  $TRANSITOIRE$ . Pour le calcul de  $SN$  et  $SN^*$ , il n'y aura cependant pas de combinaison entre les situations ainsi définies : chaque table de contraintes sera traitée successivement.

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

Si l'opérande  $TABL\_SIGM\_THER$  du mot clé facteur  $TRANSITOIRE$  est présent, on effectue aussi le calcul de  $Sn^*$ .

Il faut, pour que le calcul soit cohérent et conforme au RCC-M, que les contraintes fournies dans  $TABL\_SIGM\_THER$  aient été obtenues avec un chargement thermique seul, sachant que le résultat donné par  $TABL\_RESU\_MECA$  peut être dû à une combinaison de ce chargement thermique avec d'autres chargements. Il faut donc que les instants de la table  $TABL\_SIGM\_THER$  correspondent à ceux de la table  $TABL\_RESU\_MECA$ .

### 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.

L'amplitude de variation de contrainte en chaque extrémité du segment d'analyse est calculée à partir des tables de contraintes  $TABL\_RESU\_MECA$ , 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, cf. [U2.09.03].

Les instants correspondant aux états extrêmes doivent être précisés par l'utilisateur par les opérandes  $NUME\_ORDRE$ ,  $INST$  ou  $LIST\_INST$ .



**Remarque :**

Le mot-clé `TABL_RESU_MECA` peut être répété plusieurs fois sous un seul mot-clé `TRANSITOIRE`. Pour le calcul en fatigue, les résultats contenus dans chaque table de contraintes seront combinés entre eux.

## 4.2 Mot clé TRANSITOIRE

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

### 4.2.1 Opérande INTITULE

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

### 4.2.2 Opérande TABL\_RESU\_MECA

♦ `TABL_RESU_MECA = tabmeca`

Table des contraintes sur le segment d'analyse, construite par exemple par `POST_RELEVE_T` à partir de résultats mécaniques de type `evol_elas` et `evol_noli`.

### 4.2.3 Opérande TABL\_SIGM\_THER

`TABL_SIGM_THER = tabth`

Table des contraintes sur le segment d'analyse, construite par exemple par `POST_RELEVE_T` sur un résultat obtenu avec un chargement thermique seul. Ce mot clé permet notamment le calcul de  $S_n^*$  [§4.1.3.1].

### 4.2.4 Opérande NB\_OCCUR

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

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

### 4.2.5 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 tables de contraintes `tabmeca` (et `tabth` 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.

## 4.3 Phase d'exécution

Si `RESU_SIGM_THER` est présent, on vérifie que les instants de calcul de la table `tabth` sont identiques à ceux de la table `tabmeca`. Par contre, on ne peut pas vérifier que les transitoires thermiques qui ont contribué aux résultats mécaniques `tabth` et `tabmeca` sont identiques. C'est à l'utilisateur d'assurer la cohérence (y compris sur les données matériaux).

## 4.4 Exemple d'utilisation

Un exemple d'utilisation de l'opérateur `POST_RCCM` avec des résultats de type `EVOLUTION` peut être trouvé dans le cas test `RCCM01`.

Un calcul des critères du RCCM se déroule de la manière suivante :

- définition des paramètres du matériau et de la courbe de fatigue,
- définitions des chargements mécaniques et thermiques,
- calcul thermomécanique linéaire ou non linéaire,
- (si calcul de SN\*) calcul mécanique avec chargement thermique seul,
- définition du segment d'analyse et extraction des résultats avec `POST_RELEVE_T` ou `MACR_LIGN_COUPE`,

puis (éventuellement en poursuite) :

```
SN1=POST_RCCM(MATER=MAT,  
              TYPE_RESU='VALE_MAX',  
              TYPE_RESU_MECA='EVOLUTION',  
              OPTION='SN',  
              TITRE='SN, RESULTAT: RESU2b AVEC RESUTH',  
              TRANSITOIRE=_F(  TABL_RESU_MECA = T_RESU2b,  
                              TABL_SIGM_THER  = T_RESUTHb, )  
              )  
  
IMPR_TABLE ( TABLE = sn1 )
```

Pour plus d'informations, on pourra se référer au document [U2.09.03].

## 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 `AFFE_MATERIAU` auquel il faut ajouter la courbe de fatigue, `E_REFE`, `M_KE` et `N_KE` (mots-clés `RCCM`).
- `AFFE_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' , [Default]  
/ '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  $S_{alt}$  :

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

$K_e^{meca}(S_n(p, q))$  est égal au Ke défini dans [R7.04.03], 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       = gma1 ,      [groupma]  
      / MAILLE      = ma1  ,      [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]
/ [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]
    | CRITERE = / 'RELATIF', [DEFAULT]
    | 'ABSOLU' , [DEFAULT]
  ♦ 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 les résultats selon le 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  = gmal , [groupma]
  / MAILLE    = mal , [maille]
◇ / GROUP_NO  = gno1 , [groupno]
  / NOEUD     = no1 , [noeud]

```

La table et le transitoire sont associés 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(NUMÉ_RESU_THER = 1,
              TABL_RESU_THER  = tabl1,
              TABL_MOYE_THER  = tabl11,
              GROUP_MA='gmal'),
_F(NUMÉ_RESU_THER = 1,
  TABL_RESU_THER  = tabl2,
  TABL_MOYE_THER  = tabl22,
  MAILLE          = 'mal' ,
  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-cycles 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 associées 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. Pour plus d'informations, on pourra se référer au document [U2.09.03].

## 6 Opérandes spécifiques aux résultats de type UNITAIRE

### 6.1 Préliminaires

On suppose ici que le calcul du composant a été réalisé dans Aster (exploitation d'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  $P_m$ , de membrane locale  $P_l$ , de flexion  $P_b$  et de membrane plus flexion  $P_m + P_b$ .

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  $S_n$ .

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 DEF\_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  $S_{alt}$  [cf. U2.09.03].

## 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 Opérandes **MX** / **MY** / **MZ** / **FX** / **FY** / **FZ** / **PRES**

◆	<b>MX</b>	=	<b>mx</b>	,	[R]
◆	<b>MY</b>	=	<b>my</b>	,	[R]
◆	<b>MZ</b>	=	<b>mz</b>	,	[R]
◇	<b>FX</b>	=	<b>fx</b>	,	[R]
◇	<b>FY</b>	=	<b>fy</b>	,	[R]
◇	<b>FZ</b>	=	<b>fz</b>	,	[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.

### Remarque sur le séisme :

Un seul chargement de type SEISME peut être défini par groupe de situations. Par contre il est possible de définir plusieurs groupes de situations comportant chacun au plus un chargement de type SEISME.

## 6.8 Exemple

Les tests RCCM04 et RCCM07 fournissent des exemples complets d'utilisation. Pour plus d'informations, on pourra se référer au document [U2.09.03].

## 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