

## Opérateur POST\_RCCM

---

### 1 But

---

Vérifier des critères du RCC-M. Il s'agit notamment :

- des critères de niveau 0 et de certains critères de niveau A du B3200 en post-traitement de calculs sur des structures 2D ou 3D ;
- des critères de fatigue du §B3600 en post-traitement de calculs de tuyauteries.

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  $S_n^*$  et du rochet thermique. Pour la fatigue, ils nécessitent en plus le calcul de l'amplitude de variation de contrainte, notée  $S_p$ .

En entrée de la commande POST\_RCCM, il faut spécifier :

- 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') ;
- soit le résultat de calculs thermomécaniques sur une ligne de tuyauterie (TYPE\_RESU\_MECA='TUYAUTERIE').

Produit une structure de données de type `table`.

Avant une première utilisation, il est fortement conseillé de se référer aux documents de référence [R7.04.03] et de conseil [U2.09.03].

## Table des matières

1 But.....	1
2 Syntaxe.....	5
3 Opérandes communs à toutes les options.....	10
3.1 Opérande TYPE_RESU.....	10
3.2 Opérande TITRE.....	10
3.3 Opérande INFO.....	10
3.4 Types de résultats : mot clé TYPE_RESU_MECA.....	10
3.5 Table produite.....	11
4 Opérandes spécifiques aux résultats de type TRANSITOIRE.....	12
4.1.1 Opérande MATER.....	12
4.1.2 Opérande SY_MAX.....	13
4.1.3 Option PM_PB.....	13
4.1.4 Option SN.....	13
4.1.5 Option FATIGUE_ZH210.....	14
4.1.6 Option AMORCAGE.....	14
4.2 Mot clé TRANSITOIRE.....	15
4.2.1 Opérande INTITULE.....	15
4.2.2 Opérande TABL_RESU_MECA.....	15
4.2.3 Opérande TABL_SIGM_THER.....	15
4.2.4 Opérande TABL_SIGM_THETA.....	15
4.2.5 Opérande TABL_RESU_PREC.....	15
4.2.6 Opérande NB_OCCUR.....	15
4.2.7 Opérandes TOUT_ORDRE / INST / LIST_INST / PRECISION / CRITERE.....	16
4.3 Phase d'exécution.....	16
4.4 Exemple d'utilisation.....	16
5 Opérandes spécifiques aux résultats de type TUYAUTERIE.....	18
5.1 Remarques préliminaires concernant les étapes préalables à ce post-traitement.....	18
5.2 Opérande CHAM_MATER.....	18
5.3 Opérande CARA_ELEM.....	19
5.4 Opérande MODELE.....	19
5.5 Opérande TYPE_KE.....	19
5.6 Mot clé ZONE_ANALYSE.....	19
5.6.1 Opérandes TOUT / GROUP_MA / MAILLE.....	19
5.7 Mot clé RESU_MECA.....	20
5.7.1 Opérande NUME_CHAR.....	20
5.7.2 Opérande NOM_CHAR.....	20
5.7.3 Opérande RESULTAT / CHAM_GD.....	20

5.8 Opérande INDI_SIGM.....	20
5.9 Mot clé RESU_THER.....	21
5.9.1 Opérande NUME_RESU_THER.....	21
5.9.2 Opérande TABL_RESU_THER.....	21
5.9.3 Opérandes TOUT / GROUP_MA / MAILLE / GROUP_NO / NOEUD.....	22
5.10 Mot clé SEISME.....	22
5.10.1 Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR / NB_CYCL_SEISME / NUME_GROUPE.....	22
5.10.2 Opérande CHAR_ETAT.....	22
5.11 Mot clé SITUATION.....	22
5.11.1 Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR / NUM_GROUPE.....	22
5.11.2 Opérandes PRES_A / PRES_B / TEMP_REF_A / TEMP_REF_B.....	23
5.11.3 Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B.....	23
5.11.4 Opérande NUME_RESU_THER.....	23
5.11.5 Opérande COMBINABLE.....	23
5.12 Exemple d'utilisation.....	23
6 Opérandes spécifiques aux résultats de type UNITAIRE.....	25
6.1 Préliminaires.....	25
6.1.1 Option PM_PB.....	25
6.1.2 Option SN.....	25
6.1.3 Option FATIGUE.....	26
6.2 Opérande MATER.....	26
6.3 Opérande SY_MAX.....	26
6.4 Opérande TYPE_KE.....	26
6.5 Mot clé CHAR_MECA.....	26
6.5.1 Opérande NUME_CHAR.....	26
6.5.2 Opérande NOM_CHAR.....	27
6.5.3 Opérandes MX / MY / MZ / FX / FY / FZ / PRES.....	27
6.5.4 Opérandes MX_CORP / MX_TUBU, MY_CORP / MY_TUBU, ... PRES.....	27
6.6 Mot clé RESU_MECA_UNIT.....	27
6.7 Mot clé RESU_THER.....	28
6.7.1 Opérande NUME_RESU_THER.....	28
6.7.2 Opérande TABL_RESU_THER.....	28
6.8 Mot clé SEISME.....	28
6.8.1 Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR / NB_CYCL_SEISME.....	28
6.8.2 Opérandes CHAR_ETAT.....	28
6.8.3 Opérande NUME_GROUPE.....	29
6.9 Mot clé SITUATION.....	29
6.9.1 Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR.....	29
6.9.2 Opérandes PRES_A / PRES_B / TEMP_REF_A / TEMP_REF_B.....	29

6.9.3 Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B.....	29
6.9.4 Opérande NUME_RESU_THER.....	29
6.9.5 Opérande NUME_GROUPE / NUME_PASSAGE.....	29
6.9.6 Opérande COMBINABLE.....	30
6.10 Table produite et exemple.....	30
6.10.1 Table produite.....	30
6.10.2 Suivi des calculs.....	31
6.10.3 Exemple.....	31
7 Bibliographie.....	32

## 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',  
  
    # si TYPE_RESU_MECA = 'EVOLUTION'  
    ◆ OPTION      = / 'PM_PB',  
                  / 'SN',  
                  / 'FATIGUE_ZH210',  
                  / 'AMORCAGE',  
  
    ◆ MATER      = mat, [mater]  
  
    ◇ SY_MAX     = symax, [R]  
  
    ◆ TRANSITOIRE=_F (  
        ◇ TABL_RESU_MECA = tabmeca, [table]  
        ◇ TABL_SIGM_THER = tabth , [table]  
        ◇ TABL_RESU_PRES = tabpres, [table]  
        ◇ TABL_SIGM_THETA = tabsigt, [table]  
  
        ◇ NB_OCCUR      = / nocc, [I]  
                          / 1, [DEFAULT]  
  
        ◇ / TOUT_ORDRE   = 'OUI',  
          / INST         = linst , [l_R]  
          / LIST_INST    = linst , [listr8]  
        ◇ CRITERE = / 'RELATIF', [DEFAULT]  
                    ◇ PRECISION = / prec , [R]  
                                / 1.E-6, [DEFAULT]  
                    / 'ABSOLU' ,  
                    ◆ PRECISION = prec , [R]  
                    )
```

```
# si TYPE_RESU_MECA = 'UNITAIRE'
  ♦ OPTION = / 'PM_PB',
              / 'SN',
              / 'FATIGUE',

  ♦ MATER = mat, [mater]
  ◇ SY_MAX = symax, [R]
  ♦ TYPE_KE = / 'KE_MECA', [DEFAULT]
              / 'KE_MIXTE'

  ♦ CHAR_MECA =_F (
    ♦ NUME_CHAR = numchar, [I]
    ◇ NOM_CHAR = nomchar, [Kn]
    / ♦ MX = mx, [R]
        ♦ MY = my, [R]
        ♦ MZ = mz, [R]
        ◇ FX = fx, [R]
        ◇ FY = fy, [R]
        ◇ FZ = fz, [R]

    / ♦ MX_CORP = mx, [R]
        ♦ MY_CORP = my, [R]
        ♦ MZ_CORP = mz, [R]
        ◇ FX_CORP = fx, [R]
        ◇ FY_CORP = fy, [R]
        ◇ FZ_CORP = fz, [R]
        ♦ MX_TUBU = mx, [R]
        ♦ MY_TUBU = my, [R]
        ♦ MZ_TUBU = mz, [R]
        ◇ FX_TUBU = fx, [R]
        ◇ FY_TUBU = fy, [R]
        ◇ FZ_TUBU = fz, [R]
    ),

  ♦ RESU_MECA_UNIT=_F (
    / ♦ TABL_MX = tabsigmx, [table]
        ♦ TABL_MY = tabsigmy, [table]
        ♦ TABL_MZ = tabsigmz, [table]
        ◇ TABL_FX = tabsigfx, [table]
        ◇ TABL_FY = tabsigfy, [table]
        ◇ TABL_FZ = tabsigfz, [table]
        ♦ TABL_PRES = tabsigpr, [table]

    / ♦ TABL_MX_CORP = tabsigmx, [table]
        ♦ TABL_MY_CORP = tabsigmy, [table]
        ♦ TABL_MZ_CORP = tabsigmz, [table]
        ◇ TABL_FX_CORP = tabsigfx, [table]
        ◇ TABL_FY_CORP = tabsigfy, [table]
        ◇ TABL_FZ_CORP = tabsigfz, [table]
        ♦ TABL_MX_TUBU = tabsigmx, [table]
        ♦ TABL_MY_TUBU = tabsigmy, [table]
        ♦ TABL_MZ_TUBU = tabsigmz, [table]
        ◇ TABL_FX_TUBU = tabsigfx, [table]
        ◇ TABL_FY_TUBU = tabsigfy, [table]
        ◇ TABL_FZ_TUBU = tabsigfz, [table]
        ♦ TABL_PRES = tabsigpr, [table]
    ),

  ◇ RESU_THER=_F (
    ♦ NUME_RESU_THER = numtran, [I]
    ♦ TABL_RESU_THER = table, [table]
    ),
```

```
◇ SEISME=_F(
    ◆ NUME_SITU =    numsitu,                [I]
    ◇ NOM_SITU  =    nomsitu,                [Kn]
    ◆ NB_OCCUR  =    nbocc,                  [I]
    ◆ NB_CYCL_SEISME =    nbsss,              [I]
    ◆ NUME_GROUPE =    numgroup               [I]
    ◆ CHAR_ETAT  =    (list_num_char_meca),   [L_I]
    ),

◇ SITUATION=_F(
    ◆ NUME_SITU =    numsitu,                [I]
    ◇ NOM_SITU  =    nomsitu,                [Kn]
    ◆ NB_OCCUR  =    nbocc,                  [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]
    ),
```

```
# si 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]
      ♦ / RESULTAT    = resu ,                               / [evol_elas]
                                              / [evol_noli]

      ♦ / TOUT_ORDRE   = 'OUI',
        / NUME_ORDRE   = lordre ,                          [l_I]
        / INST         = linst ,                            [l_R]
        / NOEUD_CMP    = lnoecmp,                          [l_K16]
      # Si INST :
      ◊ CRITERE = / 'RELATIF',                              [DEFAULT]
                  ◊ PRECISION = / prec, [R]
                                              / 1.E-6, [DEFAULT]
                  / 'ABSOLU' ,
                  ♦ PRECISION = prec , [R]
      ♦ NOM_CHAM      = / 'EFGE_ELNO_DEPL',
                      / 'SIEF_ELNO',
        / 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',
                              / 'COU',
                              / 'TRN',
                              / 'TEE',
      )
```



```

◇ 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]
)

◇ SEISME=_F(
  ◆ NUME_SITU = numsitu, [I]
  ◇ NOM_SITU = nomsitu, [Kn]
  ◆ NB_OCCUR = nbocc, [I]
  ◆ NB_CYCL_SEISME = nbsss, [I]
  ◆ NUME_GROUPE = numgroup, [I]
  ◆ CHAR_ETAT = (list_num_char_meca), [L_I]
  ◇ TEMP_REF = tref, [R]
)

◆ SITUATION=_F(
  ◆ NUME_SITU = numsitu, [I]
  ◇ NOM_SITU = nomsitu, [Kn]
  ◆ NB_OCCUR = nbocc, [I]
  ◇ NUME_GROUPE = numgroup, [I]
  ◇ NUME_PASSAGE = (num1, num2) , [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 :

#### **Résultats de type évolution de transitoire : 'EVOLUTION'**

Ce type de résultat est dédié au post-traitement d'un ou plusieurs calculs thermo-mécaniques (MECA\_STATIQUE, STAT\_NON\_LINE) sur une modélisation 2D ou 3D. Les résultats sont transmis via des tables de contraintes, extraites sur le ou les segments d'analyse. Les critères accessibles sont :

- pour les zones courantes (hors singularité géométrique) : les critères de niveau 0 (option PM\_PB), de niveau A hors fatigue (option SN) et de fatigue (option FATIGUE\_ZH210) sur des segments ;
- pour les singularités géométriques : calcul du facteur d'amorçage (option AMORCAGE) sur une ligne de coupe circulaire autour de la singularité.

Cette option est bien adaptée aux cas où il y a peu de situations à étudier.

#### **Résultats de type unitaire : 'UNITAIRE'**

Ce type de résultat nécessite le calcul préalable des contraintes pour des chargements unitaires (efforts et moments globaux unitaires appliqués aux limites du modèle ; par exemple pour un tube : *FX*, *FY*, *FZ*, *MX*, *MY*, *MZ* et la pression), et des contraintes liées aux transitoires thermiques considérés. Ces efforts peuvent être soit calculés avec *Code\_Aster*, soit issus de la base de données OAR.

Chacune des situations est ensuite définie à partir de ses deux états mécaniques stabilisés (décrits par la valeur du torseur d'effort) et d'un transitoire thermique. Les critères accessibles sont les critères de niveau 0 (option PM\_PB), de niveau A hors fatigue (option SN) et de fatigue (option FATIGUE) sur des segments.

Cette option est bien adaptée aux calculs sur un composant soumis à de nombreuses situations, répartis éventuellement dans plusieurs groupes. Des situations de séisme peuvent être prises en compte.

## **Résultats de type tuyauterie : 'TUYAUTERIE'**

Ce type de résultat est dédié au post-traitement de calculs mécaniques ( MECA\_STATIQUE , STAT\_NON\_LINE , COMB\_SISM\_MODAL ) sur une ligne de tuyauterie. Le calcul à la fatigue se fait selon les règles du paragraphe B3600.

Plusieurs situations peuvent être définies, mais dans un seul groupe. Des situations de séisme peuvent être prises en compte.

## **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 Opérandes 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].

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 en post-traitement d'un ou plusieurs calculs thermo-mécaniques (`MECA_STATIQUE`, `STAT_NON_LINE`) sur une modélisation 2D ou 3D. Les résultats sont transmis via des tables de contraintes, extraites sur le ou les segments d'analyse. Ces tables de contraintes peuvent être créées par les commandes `POST_RELEVE_T` ou `MACR_LIGN_COUPE`. Les options de calcul possibles sont :

- 1) des critères de niveau 0 par l'option `PM_PB` ;
- 2) des critères de niveau A (hors fatigue) par l'option `SN` ;
- 3) des critères de fatigue (également de niveau A) par l'option `FATIGUE_ZH210` ;
- 4) des critères d'amorçage dans des zones singulières par l'option `AMORCAGE`.

Les trois premières options peuvent être appelées seules ou simultanément. La dernière option ne peut être appelée que seule : elle nécessite en effet un relevé des contraintes sur une ligne de coupe circulaire autour de la singularité géométrique, alors que les autres options sont dédiées à des segments traversant la structure.

Cette option est bien adaptée aux cas où il y a peu de situations à étudier. Il n'est pas possible de prendre en compte des situations de séisme.

### 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.*

*On rappelle que la courbe de fatigue est défini dans les propriétés matériau (mot clé `FATIGUE / WOHLER`) comme étant le nombre de cycle à la rupture en fonction de la demi-amplitude de la contrainte Salt. Les petites amplitudes de contraintes correspondent donc au prolongement à gauche de la courbe. Plusieurs situations peuvent se présenter, selon le type de prolongement retenu dans `DEFI_FONCTION` :*

- si `PROL_GAUCHE = 'EXCLU'` ou `'CONSTANT'`, le calcul est fait en supposant que la première valeur de la courbe de Wohler fournie est la limite d'endurance du matériau. Autrement dit, toute contrainte alternée plus petite que la première valeur indiquée dans le `DEFI_FONCTION` correspondra à un facteur d'usage nul. La méthode adoptée ici correspond donc bien à la notion de limite d'endurance ;
- si `PROL_GAUCHE = 'LINEAIRE'`, la courbe est prolongée de manière linéaire. Attention, le prolongement ne se fait pas en coordonnées logarithmique, donc on peut avoir des facteurs d'usage non négligeables même pour les faibles valeurs de Salt. Pour revenir à la notion de limite d'endurance, il est alors recommandé d'ajouter dans la définition de la courbe le nombre de cycles admissibles pour une très faible valeur de Salt (calculé à la main par exemple par interpolation avec une loi puissance).

## 4.1.2 Opérande SY\_MAX

◇ SY\_MAX = symax,

Limite conventionnelle d'élasticité pour la température maximale atteinte au cours du cycle. Cet opérande n'est utilisé que pour le calcul du rochet thermique (cf. § 4.1.4.2). Si la limite d'élasticité SY\_MAX n'est pas définie, on prend la valeur définie sous l'opérande SY\_02 du mot-clé RCCM dans DEFI\_MATERIAU [U4.43.01] ; si cet opérande n'est pas non plus défini, le calcul du rochet thermique est impossible.

## 4.1.3 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  $P_m + P_b$ .

Les opérandes nécessaires sont MATER, la table des contraintes TABL\_RESU\_MECA (construite par POST\_RELEVE\_T ou MACR\_LIGN\_COUPE 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 utilisés 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 :

- 1) 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.
- 2) 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' et 'PMPB\_ELNO').

## 4.1.4 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  $S_n$ .

Si l'utilisateur le demande (présence de l'opérande TABL\_SIGM\_THER) on effectue aussi le calcul de  $S_n^*$ .

Si l'utilisateur le demande (présence des opérandes TABL\_SIGM\_THER et TABL\_RESU\_PRES) on effectue aussi le calcul du rochet thermique.

Les opérandes nécessaires sont MATER et la table des contraintes TABL\_RESU\_MECA (construite par POST\_RELEVE\_T ou MACR\_LIGN\_COUPE après le calcul mécanique sur le lieu de post-traitement) à renseigner dans le mot clé TRANSITOIRE.

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  $S_n$  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  $S_n$  et  $S_n^*$ , il n'y aura cependant pas de combinaison entre les situations ainsi définies : chaque table de contraintes sera traitée successivement.*

**4.1.4.1 Calcul de  $S_n^*$** 

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

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.

**4.1.4.2 Calcul du rochet thermique**

Si les opérandes TABL\_SIGM\_THER et TABL\_RESU\_PRES du mot clé facteur TRANSITOIRE sont présents, on effectue aussi le calcul du rochet thermique. Pour cela, il faut également avoir préalablement défini la limite conventionnelle d'élasticité pour la température maximale atteinte au cours du cycle soit par l'opérande SY\_MAX de POST\_RCCM ; soit par l'opérande SY\_02 du mot-clé RCCM dans DEFI\_MATERIAU [U4.43.01]. Si aucune limite d'élasticité n'est définie, le calcul du rochet thermique est impossible.

Il faut, pour que le calcul soit cohérent et conforme au RCC-M, que les contraintes fournies dans TABL\_RESU\_PRES aient été obtenues avec un chargement de pression seul.

Dans le tableau résultat apparaissent, pour chaque extrémité de chaque segment d'analyse, la limite d'élasticité SY, l'amplitude de variation de la contrainte d'origine thermique SP\_THER, le maximum de la contrainte de membrane générale due à la pression SIGM\_M\_PRES et deux valeurs maximales admissibles de l'amplitude de variation de la contrainte thermique calculées soit en supposant une variation de température linéaire dans la paroi (VALE\_MAXI\_LINE), soit en supposant une variation de température parabolique dans la paroi (VALE\_MAXI\_PARAB).

**4.1.5 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. [R7.04.03].

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.*

## 4.1.6 Option AMORCAGE

Option permettant de calculer le facteur d'amorçage au niveau d'une zone singulière. Pour cette option, les contraintes sont à fournir en entrée dans la table `TABL_SIGM_THETA` et doivent correspondre à l'extraction des contraintes, en repère local, sur une ligne de coupe circulaire de diamètre `D_AMORC` (paramètre matériau défini dans le RCC-M) autour de la singularité géométrique. Les tableaux de contraintes peuvent être créés en utilisant l'opérateur `MACR_LIGN_COUPE` (`TYPE='ARC'`).

Pour cette option, il est également obligatoire de définir dans les propriétés matériaux (mot clé `RCCM`) les coefficients de la loi d'amorçage (`A_AMORC` et `B_AMORC`), le diamètre du cercle sur lequel les contraintes sont extraites (`D_AMORC`) et le coefficient entre contrainte et contrainte efficace (`R_AMORC`).

## 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` ou `MACR_LIGN_COUPE` 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` ou `MACR_LIGN_COUPE` sur un résultat obtenu avec un chargement thermique seul. Ce mot clé permet notamment le calcul de  $S_n^*$  [§4.1.4.1].

### 4.2.4 Opérande TABL\_SIGM\_THETA

◇ `TABL_SIGM_THETA = sigt`

Cette opérande n'est à utiliser que dans le cas de l'option `AMORCAGE` [§4.1.6]. Elle correspond à la table des contraintes, en repère local, sur une ligne de coupe circulaire autour de la singularité géométrique. Le tableau doit obligatoirement comporter les colonnes `ANGLE`, `ABSC_CURV`, `INST` et `SIZZ`, où `SIZZ` correspond à la contrainte `sigma_thêta_thêta` dans le repère local de la ligne de coupe. Le diamètre du cercle sur lequel les contraintes sont extraites est un paramètre matériau (opérande `D_AMORC` de `DEFI_MATERIAU / RCCM`)

Un tel tableau peut être construit à l'aide de l'opérateur `MACR_LIGN_COUPE` (`TYPE='ARC'`, `REPERE='CYLINDRIQUE'`).

### 4.2.5 Opérande TABL\_RESU\_PRES

◇ `TABL_RESU_PRES = tabpres`

Table des contraintes sur le segment d'analyse, construite par exemple par `POST_RELEVE_T` ou `MACR_LIGN_COUPE` sur un résultat obtenu avec le chargement de pression seul. Ce mot clé permet le calcul du rochet thermique [§4.1.4.2].

### 4.2.6 Opérande NB\_OCCUR

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

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

## 4.2.7 Opérandes TOUT\_ORDRE / INST / LIST\_INST / PRECISION / CRITERE

◇ TOUT\_ORDRE, INST, LIST\_INST

Ces mots clés permettent la sélection des instants correspondant aux champs regroupés dans les tables de contraintes `tabmeca`, `tabth` et /ou `sigp` sous les noms symboliques précédemment spécifiés.

◇ PRECISION, CRITERE

Mots clés (facultatifs) définissant la précision (1.E-6 par défaut en relatif) 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).

### Remarque :

*Si les différentes tables fournies en entrée comportent les coordonnées des points, des vérifications de cohérences sont effectuées : alignement des points (pour les options `PM_PB`, `SN` et `FATIGUE_ZH210`) ou diamètre de la ligne de coupe circulaire (option `AMORCAGE`); vérification de la cohérence entre les différentes situations.  
Il est donc fortement recommandé de ne pas supprimer les coordonnées des points dans les tables de relevés de contraintes.*

## 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 :

- 1) définition des paramètres du matériau et de la courbe de fatigue,
- 2) définitions des chargements mécaniques et thermiques,
- 3) calcul thermomécanique linéaire ou non linéaire,
- 4) (si calcul de  $S_n^*$ ) calcul mécanique avec chargement thermique seul,
- 5) (si calcul du rochet thermique) calcul mécanique avec pression seule,
- 6) 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 )
```



Un exemple d'utilisation de l'opérateur `POST_RCCM` avec des résultats de type `EVOLUTION` pour l'option `AMORCAGE` peut être trouvé dans le cas test `RCCM09`.

Pour plus d'informations, on pourra se référer aux documents [U2.09.03] et [R7.04.03].

## 5 Opérandes spécifiques aux résultats de type TUYAUTERIE

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

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

Les données nécessaires au post-traitement sont résumées ici (et détaillées au paragraphe 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 :
    - 1) Nombres d'occurrences de chaque situation (donc de chaque état stabilisé).
    - 2) Pression et température moyenne de chaque état stabilisé.
    - 3) Liste des chargements mécaniques de chaque état stabilisé.
    - 4) Le groupe d'appartenance de la situation.
    - 5) 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, ou SIEF\_ELNO).
- Pour chaque nœud, une référence à un résultat thermique défini ci-dessous.
- Résultats des calculs thermiques : les calculs éléments finis 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 [R7.04.03] :

- KE\_MECA : c'est la méthode originelle, seule disponible dans les versions antérieures à la version 7.2 ;
- KE\_MIXTE : cette méthode décompose l'amplitude de variation des contraintes alternées en une partie thermique et une partie mécanique. Elle est autorisée depuis le modificatif 1997 du RCC-M.

## 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 RESULTAT / CHAM\_GD

```
/ ♦ CHAM_GD      =  cham_effo ,                cham_elem]
/ ♦ 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]
♦ NOM_CHAM      =  / 'EFGE_ELNO',
                  / 'SIEF_ELNO',
                  )
```

Les résultats des calculs pour chaque chargement (champs par éléments aux nœuds d'efforts généralisés) peuvent être définis :

- soit un champ par élément : `cham_effo` qui est de type `EFGE_ELNO`, ou `SIEF_ELNO`,
- soit une structure de données `resultat` (issue de `MECA_STATIQUE` ou `STAT_NON_LINE`) avec des paramètres d'extraction : `instant`, `NOM_CHAM='EFGE_ELNO'`, ou `'SIEF_ELNO'...`) 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 [table]

Table issue par exemple 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 [table]

Table issue par exemple 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 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 (NUME_RESU_THER = 1,
                TABL_RESU_THER  = tabl1,
                TABL_MOYE_THER  = tabl11,
                GROUP_MA='gma1'),
            _F (NUME_RESU_THER = 1,
                TABL_RESU_THER  = tabl2,
                TABL_MOYE_THER  = tabl22,
                MAILLE         = 'ma1' ,
                NOEUD          = 'no2' )
```

## 5.10 Mot clé SEISME

Ce mot clé facteur permet de définir les situations de séisme. Il ne peut y avoir qu'un seul séisme par groupe de situations.

### 5.10.1 Opérandes NUME\_SITU / NOM\_SITU / NB\_OCCUR / NB\_CYCL\_SEISME / NUME\_GROUPE / TEMP\_REF

```
◆ NUME_SITU = numsitu ,           [I]
◇ NOM_SITU  = nomsitu ,           [Kn]
◆ NB_OCCUR  = nbocc ,             [I]
◆ NB_CYCL_SEISME = nbsss ,        [I]
◇ NUME_GROUPE = numgroup ,        [I]
◇ TEMP_REF   = temp ,             [R]
```

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, considérés comme des sous-cycles dans le calcul du facteur d'usage.

NUME\_GROUPE permet de définir le numéro de groupe auquel appartient la situation. Il ne peut y avoir qu'un seul séisme par groupe de situations.

La température de référence TEMP\_REF de la situation de séisme n'est utile que si les propriétés matériaux dépendent de la température (opérande RCCM\_FO de DEFINI\_MATERIAU).

### 5.10.2 Opérande CHAR\_ETAT

```
◆ CHAR_ETAT = (list_num_char_meca) ,           [L_I]
```

CHAR\_ETAT permet de définir la liste des numéros de chargements mécaniques associés à la situation de séisme. Ces numéros correspondent au mot clé NUME\_CHAR du mot clé facteur CHAR\_MECA. 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.

## 5.11 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.

## 5.11.1 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). NB\_OCCUR correspond au mot clé OCCURRENCE du fichier OAR et indique le nombre d'occurrences de la situation.

NUME\_GROUPE permet de définir le numéro de groupe auquel appartient la situation. Pour les résultats de type TUYAUTERIE, il n'est pour le moment pas possible de combiner des situations de groupes différents reliés par une situation de passage.

## 5.11.2 Opérande NUME\_GROUPE / NUME\_PASSAGE

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

Numéro de groupe 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.

Pour les situations de passage, num1 et num2 indiquent les deux numéros de groupes reliés par cette situation.

## 5.11.3 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. Les températures sont utilisées pour le calcul des propriétés matériaux aux deux états stabilisés ; les opérandes TEMP\_REF\_A et TEMP\_REF\_B ne sont donc utiles que si les propriétés matériaux dépendent de la température (opérande RCCM\_FO de DEFI\_MATERIAU).

## 5.11.4 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.

Dans le cas général, un seul chargement mécanique est associé à chaque état stabilisé.

## 5.11.5 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.

## 5.11.6 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.

## 5.12 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 Opérands spécifiques aux résultats de type UNITAIRE

### 6.1 Préliminaires

On suppose ici que le calcul du composant a été réalisé dans *Code\_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 *Code\_Aster* ou à extraire de la base de données OAR (si disponibles) :

- Calcul des contraintes pour chaque chargement unitaire, par un modèle 2D ou 3D élastique.
- 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.
    - 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 éléments finis 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 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  $P_m + P_b$ .

#### 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  $S_n$ . Sous certaines conditions, cette option permet également le calcul de  $S_n^*$  (si présence du mot clé facteur `RESU_THER`) et du rochet thermique (si présence du mot clé facteur `RESU_THER` et d'une pression `PRES_A/PRES_B` sous le mot clé facteur `SITUATION`).

**Remarque :**

Avec l'option ' *SN* ', le calcul se fait sans combinaison entre les situations définies : chaque situation sera traitée successivement. Pour avoir les grandeurs avec combinaison entre chaque situation, il faut utiliser l'option ' *FATIGUE* '.

### 6.1.3 Option **FATIGUE**

Les calculs de fatigue (option ' *FATIGUE* ') sont effectués au sens du RCCM B3200 sur le segment d'analyse. Deux transitoires fictifs sont ainsi identifiés pour combiner deux situations entre elles [R7.03.03].

Les paramètres du tableau résultat produit sont décrits dans le paragraphe 6.10.1.

## 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 *DEFI\_MATERIAU* [U4.43.01] (*E*, *NU*, *ALPHA*, *WOHLER*, *E\_REFE*, *M\_KE*, *N\_KE*, *SM*)

**Remarque sur les courbes de fatigue :**

La question du prolongement de la courbe de fatigue et la notion de limite d'endurance sont discutées dans le § 4.1.1 .

## 6.3 Opérande **SY\_MAX**

♦ *SY\_MAX* = *symax*,

Limite conventionnelle d'élasticité pour la température maximale atteinte au cours du cycle. Cet opérande n'est utilisé que pour le calcul du rochet thermique (cf. § 4.1.4.2). Si la limite d'élasticité *SY\_MAX* n'est pas définie, on prend la valeur définie sous l'opérande *SY\_02* du mot-clé *RCCM* dans *DEFI\_MATERIAU* [U4.43.01] ; si cet opérande n'est pas non plus défini, le calcul du rochet thermique est impossible.

## 6.4 Opérande **TYPE\_KE**

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

Le facteur de correction élastoplastique *Ke* peut être calculé de deux façons [R7.04.03] :

- *KE\_MECA* : c'est la méthode originelle, seule disponible dans les versions antérieures à la version 7.2 ;
- *KE\_MIXTE* : cette méthode décompose l'amplitude de variation des contraintes alternées en une partie thermique et une partie mécanique. Elle est autorisée depuis le modificatif 1997 du RCC-M.

## 6.5 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.

### 6.5.1 Opérande **NUME\_CHAR**

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

## 6.5.2 Opérande NOM\_CHAR

Nom (facultatif) du chargement mécanique.

## 6.5.3 Opérandes MX / MY / MZ / FX / FY / FZ

◆	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.

## 6.5.4 Opérandes MX\_CORP / MX\_TUBU, MY\_CORP / MY\_TUBU, ...

◆	MX_CORP	=	mx	,	[R]
◆	MY_CORP	=	my	,	[R]
◆	MZ_CORP	=	mz	,	[R]
◇	FX_CORP	=	fx	,	[R]
◇	FY_CORP	=	fy	,	[R]
◇	FZ_CORP	=	fz	,	[R]
◆	MX_TUBU	=	mx	,	[R]
◆	MY_TUBU	=	my	,	[R]
◆	MZ_TUBU	=	mz	,	[R]
◇	FX_TUBU	=	fx	,	[R]
◇	FY_TUBU	=	fy	,	[R]
◇	FZ_TUBU	=	fz	,	[R]

Efforts généralisés appliqués sur le corps et la tubulure d'un piquage. Leur signification est identique à celle des opérandes MX, MY, ... utilisés pour les lignes de tuyauterie.

Dans le cas où ces opérandes sont utilisées, les tableaux de résultats correspondants (TABL\_MX\_TUBU, TABL\_MX\_CORP, ...) doivent être spécifiés sous le mot clé RESU\_MECA\_UNIT.

## 6.6 Mot clé RESU\_MECA\_UNIT

◆	RESU_MECA_UNIT=	F(		
/	◆	TABL_MX	=	tabsigmx , [table]
	◆	TABL_MY	=	tabsigmy , [table]
	◆	TABL_MZ	=	tabsigmz , [table]
	◇	TABL_FX	=	tabsigfx , [table]
	◇	TABL_FY	=	tabsigfy , [table]
	◇	TABL_FZ	=	tabsigfz , [table]
	◆	TABL_PRES	=	tabsigpr , [table]
/	◆	TABL_MX_CORP	=	tabsigmx , [table]
	◆	TABL_MY_CORP	=	tabsigmy , [table]
	◆	TABL_MZ_CORP	=	tabsigmz , [table]
	◇	TABL_FX_CORP	=	tabsigfx , [table]
	◇	TABL_FY_CORP	=	tabsigfy , [table]

```
◇ TABL_FZ_CORP = tabsigfz , [table]
◆ TABL_MX_TUBU = tabsigmx , [table]
◆ TABL_MY_TUBU = tabsigmy , [table]
◆ TABL_MZ_TUBU = tabsigmz , [table]
◇ TABL_FX_TUBU = tabsigfx , [table]
◇ TABL_FY_TUBU = tabsigfy , [table]
◇ TABL_FZ_TUBU = tabsigfz , [table]
◆ TABL_PRES = tabsigpr , [table]
)
```

Ce mot clé facteur permet de fournir les profils de contraintes sur le segment choisi, issus des calculs mécaniques unitaires soit sur la ligne de tuyauterie (TABL\_MX, TABL\_MY...), soit sur le piquage (TABL\_MX, CORP, TABL\_MX\_TUBU...).

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. Dans le cas d'un piquage, l'une des extrémités du corps est bloquée, les efforts généralisés étant appliqués sur l'autre extrémité du corps et sur l'extrémité de la tubulure.

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 de type TABL\_FX, TABL\_FY, TABL\_FZ sont facultatifs. TABL\_PRES correspondant à un calcul sous pression interne unité, sans oublier l'effet de fond.

## 6.7 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.

### 6.7.1 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).

### 6.7.2 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.

## 6.8 Mot clé SEISME

Un seul chargement de type SEISME peut être défini par groupe de situations.

### 6.8.1 Opérandes NUME\_SITU / NOM\_SITU / NB\_OCCUR / NB\_CYCL\_SEISME

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

Numéro de la situation, et nom (indicatif). nbocc correspond au nombre d'occurrences de la situation. NB\_CYCL\_SEISME est le 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.*

## 6.8.2 Opérandes CHAR\_ETAT

♦ CHAR\_ETAT = (list\_num\_char\_meca) , [L\_I]

Liste des numéros de chargements mécaniques (correspondant au mot clé NUME\_CHAR du mot clé facteur CHAR\_MECA) associés à la situation de séisme.

Les chargements mécaniques sont combinés avec une somme quadratique.

## 6.8.3 Opérande NUME\_GROUPE

♦ NUME\_GROUPE = numgroup , [I]

Numéro de groupe de situation pour le séisme.

## 6.9 Mot clé SITUATION

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

### 6.9.1 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.

### 6.9.2 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. Les températures sont utilisées pour le calcul des propriétés matériaux aux deux états stabilisés ; les opérandes TEMP\_REF\_A et TEMP\_REF\_B ne sont donc utiles que si les propriétés matériaux dépendent de la température (opérande RCCM\_FO de DEFI\_MATERIAU).

### 6.9.3 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.

Dans le cas général, un seul chargement mécanique est associé à chaque état stabilisé.

### 6.9.4 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.

## 6.9.5 Opérande NUME\_GROUPE / NUME\_PASSAGE

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

Numéro de groupe 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.

Pour les situations de passage, num1 et num2 indiquent les deux numéros de groupes reliés par cette situation. Cette situation appartient aux deux groupes entre lesquelles elle définit le passage. Une situation de passage est définie, comme tout autre situation, par deux listes de chargements et un transitoire thermique.

Une situation peut appartenir à deux groupes différents sans pour autant être une situation de passage entre ces groupes.

### Remarque :

| Il n'est pas possible de définir plus de trois groupes de situations différents.

## 6.9.6 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.

## 6.10 Table produite et exemple

### 6.10.1 Table produite

La table produite par POST\_RCCM dépend de l'OPTION de calcul et du type de résultat demandé sous l'opérande TYPE\_RESU :

- si TYPE\_RESU='VALE\_MAX' (option par défaut) : le tableau est simple et ne comporte que les paramètres maximaux ( $PM$ ,  $SN$ ,  $FU$ ) aux deux extrémités sur l'ensemble des situations considérées ;
- si TYPE\_RESU='DETAILS' : le tableau est beaucoup plus riche. Il comporte tous les paramètres calculés, pour chacune des combinaisons de situation, avec ou sans séisme. Pour l'option FATIGUE, il est alors fortement recommandé d'imprimer le tableau avec des filtres successifs pour qu'il soit facilement exploitable.

- Option 'PM\_PB' : les paramètres de la table sont soit les valeurs maximales de PM, PB et PMPB ('VALE\_MAX'), soit ces grandeurs pour chacune des situations ('DETAILS').
- Option 'SN' : les paramètres de la table sont soit les valeurs maximales de  $S_n$  et  $S_n^*$  ('VALE\_MAX'), soit ces grandeurs pour chacune des situations avec ou sans séisme ('DETAILS').

Si elles sont calculées, les grandeurs associées au rochet thermique apparaissent dans la table. Pour chaque extrémité de chaque segment d'analyse apparaissent la limite d'élasticité  $S_Y$ , l'amplitude de variation de la contrainte d'origine thermique  $SP_{THER}$ , le maximum de la contrainte de membrane générale due à la pression  $SIGM\_M\_PRES$  et deux valeurs maximales admissibles de l'amplitude de variation de la contrainte thermique calculées soit en supposant une variation de température linéaire dans la paroi (VALE\_MAXI\_LINE), soit en supposant une variation de température parabolique dans la paroi (VALE\_MAXI\_PARAB).

- Option 'FATIGUE' : si TYPE\_RESU='DETAILS', il est recommandé d'imprimer le tableau avec des filtres successifs pour qu'il soit facilement exploitable.
  - **Impression des maxima** : si TYPE\_RESU='MAX' ou avec un filtre dans IMPR\_TABLE : FILTRE=\_F(NOM\_PARA='TYPE', VALE\_K='MAXI'), la table produite contient les

paramètres suivants : PM\_MAX, PB\_MAX, PMB\_MAX, SM, SN/3SM, SN\_MAX, SN\*\_MAX, SP\_MAX, KE\_MAX, SALT\_MAX et FACT\_USAGE\_CUMU.

- **Impression des grandeurs de chaque situation** : avec un filtre dans IMPR\_TABLE :  
FILTRE=( \_F(NOM\_PARA='TYPE', VALE\_K='SITU' ),  
          \_F(NOM\_PARA='SEISME', VALE\_K='AVEC' ou ' SANS' ) ),  
la table produite contient les paramètres suivants pour chacune des situations (avec ou sans séisme): PM, PB, PMB, SN, SN\*, SP, KE\_MECA, SALT et FACT\_USAGE.
- **Impression des grandeurs de chaque combinaison de situations** : avec un filtre dans IMPR\_TABLE :  
FILTRE=( \_F(NOM\_PARA='TYPE', VALE\_K='COMB' ),  
          \_F(NOM\_PARA='SEISME', VALE\_K='AVEC' ou ' SANS' ) ),  
la table produite contient les paramètres suivants pour chacune des combinaisons de situations (avec ou sans séisme): SN, SP1\_IJ, SP2\_IJ, SALT1\_IJ et SALT2\_IJ. Les colonnes NUME\_SITU\_I et NUME\_SITU\_J définissent les situations considérées. SP1\_IJ et SP2\_IJ correspondent respectivement au paramètre SP des deux transitoires fictifs définis pour combiner les situations I et J. De même pour SALT1\_IJ et SALT2\_IJ.

## 6.10.2 Suivi des calculs

De nombreuses informations complémentaires peuvent être trouvées dans le fichier message si INFO=2, en particulier pour l'option FATIGUE.

On peut ainsi suivre successivement le traitement :

- de la situation de séisme ( PM, SN, SALT ,...)
- de chacune des situations
- de chacune des combinaisons de situations

A l'issue de cette première étape, la matrice des facteurs d'usage de chacune des combinaisons de situations est construite. On peut ensuite visualiser l'élimination successive des situations les plus pénalisantes jusqu'à épuisement des nombres d'occurrence.

## 6.10.3 Exemple

Les tests RCCM04 et RCCM07 fournissent des exemples complets d'utilisation. Pour plus d'informations, on pourra aussi 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