Opérateur POST_RCCM

1 But

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

- de certains critères de fatigue du ZE200 en post-traitement de calculs sur des tuyauteries (avec ou sans effet d'environnement),
- des critères de fatigue du B3600 en post-traitement de calculs de tuyauteries,
- d u critère de moment équivalent du B3600 en post-traitement de calculs de tuyauteries,
- des critères de niveau 0 et de niveau A du B3200 (avec ou sans effet d'environnement) en post-traitement de calculs sur des structures 2D ou 3D ;.

Les critères de niveau 0 visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation excessive, d'instabilité élastique, élastoplastique ou plastique. Les critères de niveau A visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation progressive et de fatigue. Le dommage en fatigue peut également être calculé en prenant en compte les effets de l'environnement REP (modification récente du RCC-M par l'AFCEN).

En entrée de la commande POST_RCCM, il faut spécifier :

- soit des tables de contraintes sur un segment d'analyse issues de calculs éléments finis (TYPE_RESU_MECA='EVOLUTION' et TYPE_RESU_MECA='B3200') ;
- soit le résultat de calculs sur une ligne de tuyauterie (TYPE_RESU_MECA='B3600').
- soit le résultat de calculs sur une ligne de tuyauterie et des tables de contraintes issues de calculs éléments finis (TYPE_RESU_MECA='ZE200a' et TYPE_RESU_MECA='ZE200b') ;

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].

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Table des matières

But....1
Syntaxe....6
Opérandes communs à toutes les options....16
Opérande TYPE_RESU....16
Opérande TITRE....16
Opérande INFO....16
Types de résultats : mot clé TYPE_RESU_MECA....16
Table produite....17
Opérandes spécifiques aux résultats de type B3200....18
Préliminaires....18
Option PM_PB....18
Option SN....18
Option FATIGUE....18
Option EFAT....18
Opérande MATER....19
Opérande SY_MAX....19
Opérande METHODE....19
Opérande TYPE_KE....19
Opérande SOUS_CYCL....19
Mot clé FACT_SIGM....20
Mot clé INDI_SIGM....20
Mot clé RESU_THER....20
Opérande NUME_RESU_THER....20
Opérande TABL_RESU_THER....20
Mot clé RESU_PRES....20
Opérande NUME_RESU_PRES....20
Opérande TABL_RESU_PRES....20
Mot clé RESU_MECA....21
Opérande NUME_RESU_MECA....21
Opérande TABL_RESU_MECA....21
Mot clé CHAR_MECA....21
Opérande NUME_CHAR....21
Opérande NOM_CHAR....21
Opérandes MX / MY / MZ / FX / FY / FZ....21
Opérandes MX_CORP / MX_TUBU, MY_CORP / MY_TUBU, ….....21
Mot clé RESU_MECA_UNIT....22
Mot clé SEISME....22
Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR / NB_CYCL_SEISME....22
Opérandes CHAR_ETAT....22
Opérandes TABL_FX, TABL_FY, ..., TABL_MZ....22
Mot clé SITUATION....23
Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR....23
Opérande NUME_GROUPE / NUME_PASSAGE /NUME_PARTAGE....23
Opérande COMBINABLE....23
Opérandes PRES_A / PRES_B....23
....23
Opérande NUME_RESU_PRES....23

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Opérande NUME_RESU_THER....24
Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B / TEMP_A / TEMP_B....24
Opérande NUME_RESU_MECA....24
Opérandes O_ETOILE / TABL_TEMP....24
Mot clé ENVIRONNEMENT....24
Opérande FEN_INTEGRE....24
Opérande CRIT_EPSI....25
Opérandes TABL_YOUNG....25
Opérandes S_ETOILE....25
Opérandes SEUIL_EPSI_INF / SEUIL_EPSI_SUP....25
Opérandes A_ENV / B_ENV / C_ENV....25
Opérandes SEUIL_T_INF / SEUIL_T_SUP / VALE_T_INF / VALE_T_SUP / VALE_T_MOY_NUM / VALE_T_MOY_DEN....25
Table produite et exemple....25
Opérandes communes aux résultats de type B3600....27
Mot clé ZONE_ANALYSE....27
Opérandes TOUT / GROUP_MA....27
Mot clé OPTION....27
Opérandes spécifiques à l'option FATIGUE du type B3600....27
Remarques préliminaires concernant les étapes préalables à ce post-traitement....27
Opérande CHAM_MATER....28
Opérande CARA_ELEM....29
Opérande MODELE....29
Opérande TYPE_KE....29
Mot clé RESU_MECA....29
Opérande NUME_CHAR....29
Opérande NOM_CHAR....29
Opérande RESULTAT / CHAM_GD....29
Opérande INDI_SIGM....30
Mot clé RESU_THER....30
Opérande NUME_RESU_THER....30
Opérande TABL_RESU_THER....30
Opérandes TOUT / GROUP_MA / MAILLE / GROUP_NO / NOEUD....31
Mot clé SEISME....31
Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR / NB_CYCL_SEISME / NUME_GROUPE / TEMP_REF....31
Opérande CHAR_ETAT....32
Mot clé SITUATION....32
Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR....32
Opérande NUME_GROUPE / NUME_PASSAGE....32
Opérandes PRES_A / PRES_B / TEMP_REF_A / TEMP_REF_B....32
Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B....32
Opérande NUME_RESU_THER....32
Opérande COMBINABLE....33
Exemple d'utilisation....33
Opérandes spécifiques à l'option MOMENT_EQUIVALENT du type B3600....33
Mot clé RESU_MECA....33
Opérande RESULTAT / CHAM_GD....33
Opérandes spécifiques aux résultats de type ZE200a et ZE200b....34

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Préliminaires....34
Option SN....34
Option FATIGUE....35
Option EFAT....35
Opérande MATER....35
Opérande SY_MAX....35
Opérande METHODE....35
Opérande TYPE_KE....35
Opérande SOUS_CYCL....36
Mot clé INDI_SIGM....36
Mot clé TUYAU....36
Mot clé CHAR_MECA....36
Opérande NUME_CHAR....36
Opérande NOM_CHAR....36
Opérandes MX / MY / MZ....36
Opérandes MX_CORP / MX_TUBU, MY_CORP / MY_TUBU, ….....37
Mot clé RESU_THER....37
Opérande NUME_RESU_THER....37
Opérande TABL_RESU_THER....37
Mot clé RESU_PRES (si 'ZE200b')....37
Opérande NUME_RESU_PRES....37
Opérande TABL_RESU_PRES....37
Mot clé SEISME....37
Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR / NB_CYCL_SEISME....38
Opérandes CHAR_ETAT....38
Mot clé SITUATION....38
Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR....38
Opérande NUME_GROUPE / NUME_PASSAGE /NUME_PARTAGE....38
Opérande COMBINABLE....38
Opérandes PRES_A / PRES_B (si 'ZE200a')....39
Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B....39
Opérande NUME_RESU_THER....39
Opérande NUME_RESU_PRES (si 'ZE200b')....39
Opérandes O_ETOILE / TABL_TEMP....39
Mot clé ENVIRONNEMENT....40
Opérande FEN_INTEGRE....40
Opérande CRIT_EPSI....40
Opérandes TABL_YOUNG....40
Opérandes S_ETOILE....40
Opérandes SEUIL_EPSI_INF / SEUIL_EPSI_SUP....40
Opérandes A_ENV / B_ENV / C_ENV....40
Opérandes SEUIL_T_INF / SEUIL_T_SUP / VALE_T_INF / VALE_T_SUP / VALE_T_MOY_NUM / VALE_T_MOY_DEN....40
Table produite et exemple....40
Opérandes spécifiques aux résultats de type EVOLUTION....42
Opérande MATER....42
Opérande SY_MAX....43
Opérande AXIS....43
Opérande RAYON_MOYEN....43

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Option PM_PB....43
Option SN....44
Option FATIGUE_ZH210....45
Option AMORCAGE....45
Opérande TYPE_KE....45
Mot clé TRANSITOIRE....46
Opérande INTITULE....46
Opérande TABL_RESU_MECA....46
Opérande TABL_SIGM_THER....46
Opérande TABL_SIGM_THETA....46
Opérande TABL_RESU_PRES....46
Opérande NB_OCCUR....46
Opérandes TOUT_ORDRE / TOUT_INST / INST / LIST_INST / PRECISION / CRITERE....46
Phase d'exécution....47
Exemple d'utilisation....47
Bibliographie....48

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Syntaxe

```
TABL_POST_RCCM = POST_RCCM(

      ◊     TYPE_RESU =             /     'VALE_MAX',             [DEFAUT]
                                    /     'DETAILS',
                                    /     'SYSTUS',

      ◊     INFO                     /1    ,                       [DEFAUT]
                                    /2    ,

      ◊     TITRE     = titre,                                     [Kn]

 ♦    TYPE_RESU_MECA =        / 'B3200',
                                / 'B3600',
                                / 'ZE200a',
                                / 'ZE200b',
                                / 'EVOLUTION',

      # si TYPE_RESU_MECA = ' B3200 '
♦     OPTION    = /     'PM_PB',
                  /     'SN',
                   /     'FATIGUE',
                   /     'EFAT',
♦     MATER       =     mat   ,                                    [mater]
◊     SY_MAX      =     symax,                                     [R]
◊     METHODE     =     / 'TRESCA',                                [DEFAUT]
                         / 'TOUT_INST'
◊     TYPE_KE     =     / 'KE_MECA',                               [DEFAUT]
                         / 'KE_MIXTE'
◊     SOUS_CYCL   =     / 'NON',                                   [DEFAUT]
                         / ' OUI ',
◊     FACT_SIGM=_F(
       ◊     KT_SN =     ktsn,                                     [R]
       ◊     KT_SP =     ktsp,                                     [R]
                              ),

♦     INDI_SIGM=_F(
        ♦    K1                          =     k1,                 [R]
        ♦    C1                          =     c1,                 [R]
        ♦    K2                          =     k2,                 [R]
        ♦    C2                          =     c2,                 [R]
        ♦    K3                          =     k3,                 [R]
        ♦    C3                          =     c3,                 [R]
             ),

◊     RESU_THER=_F(
        ♦    NUME_RESU_THER    =     numtran,                      [I]
        ♦    TABL_RESU_THER    =     table,                        [table]
                                     ),
◊     RESU_PRES=_F(
        ♦    NUME_RESU_PRES    =     numtran,                      [I]
        ♦    TABL_RESU_PRES    =     table,                        [table]
                                   ),

/     ♦     RESU_MECA=_F(
              ♦     NUME_RESU_MECA    =     numtran,               [I]
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
                    ♦      TABL_RESU_MECA     =      table,                  [table]
                                          ),

       /      ♦      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            =      mxc    ,        [R]
                      ♦      MY_CORP            =      myc    ,        [R]
                      ♦      MZ_CORP            =      mzc    ,        [R]
                      ◊      FX_CORP            =      fxc    ,        [R]
                      ◊      FY_CORP            =      fyc    ,        [R]
                      ◊      FZ_CORP            =      fzc    ,        [R]
                      ♦      MX_TUBU            =      mxt    ,        [R]
                      ♦      MY_TUBU            =      myt    ,        [R]
                      ♦      MZ_TUBU            =      mzt    ,        [R]
                      ◊      FX_TUBU            =      fxt    ,        [R]
                      ◊      FY_TUBU            =      fyt    ,        [R]
                      ◊      FZ_TUBU            =      fzt    ,        [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       =      tabsigmxc   ,               [table]
               ♦      TABL_MY_CORP       =      tabsigmyc   ,               [table]
               ♦      TABL_MZ_CORP       =      tabsigmzc   ,               [table]
               ◊      TABL_FX_CORP       =      tabsigfxc   ,               [table]
               ◊      TABL_FY_CORP       =      tabsigfyc   ,               [table]
               ◊      TABL_FZ_CORP       =      tabsigfzc   ,               [table]
               ♦      TABL_MX_TUBU       =      tabsigmxt   ,               [table]
               ♦      TABL_MY_TUBU       =      tabsigmyt   ,               [table]
               ♦      TABL_MZ_TUBU       =      tabsigmzt   ,               [table]
               ◊      TABL_FX_TUBU       =      tabsigfxt   ,               [table]
               ◊      TABL_FY_TUBU       =      tabsigfyt   ,               [table]
               ◊      TABL_FZ_TUBU       =      tabsigfzt   ,               [table]
               ◊      TABL_PRES          =      tabsigpr    ,               [table]
                                   ),

       ◊      SEISME=_F(
               ♦      NUME_SITU    =      numsitu,                         [I]
               ◊      NOM_SITU     =      nomsitu,                         [Kn]
                ♦     NB_OCCUR     =      nbocc,                           [I]
               ♦      NB_CYCL_SEISME     =      nbsss,                     [I]
                      /      ♦      CHAR_ETAT    =      num_char_meca,      [I]
                     /      ♦      TABL_MX      =      tabsigmx    ,       [table]
                             ♦      TABL_MY      =      tabsigmy    ,       [table]
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
                    ♦     TABL_MZ     =     tabsigmz    ,          [table]
                    ♦     TABL_FX     =     tabsigfx    ,          [table]
                    ♦     TABL_FY     =     tabsigfy    ,          [table]
                    ♦     TABL_FZ     =     tabsigfz    ,          [table]
                          ),

♦     SITUATION=_F(
      ♦     NUME_SITU   =     numsitu,                              [I]
      ◊     NOM_SITU    =     nomsitu,                              [Kn]
       ♦    NB_OCCUR    =     nbocc,                                [I]
      ♦     NUME_GROUPE =     (numgroup1, numgroup2, ...)           [L_I]
      ◊     NUME_PASSAGE      =     (num1, num2, ...)               [L_I]
      ◊     NUME_PARTAGE      =     num1                            [I]
      ◊     COMBINABLE        =     /'OUI',                         [DEFAUT]
                                    /'NON',                         [Kn]

            /♦    PRES_A      =     presa,                          [I]
             ♦    PRES_B      =     presb,                          [I]
            /♦    NUME_RESU_ PRES   =     num_tran          ,       [I]

      ◊     NUME_RESU_THER    =     num_tran          ,             [I]


            /♦    CHAR_ETAT_A =     num_char_meca,                  [I]
             ♦    CHAR_ETAT_B =     num_char_meca,                  [I]
            /♦    CHAR_ETAT_A =     num_char_meca,                  [I]
             ♦    CHAR_ETAT_B =     num_char_meca,                  [I]
             ♦    TEMP_A      =     tempa,                          [R]
             ♦    TEMP_B      =     tempb,                          [R]
            /♦    NUME_RESU_MECA    =     num_tran          ,       [I]

      ◊     O_ETOILE    =     oet   ,                               [R]
      ◊     TABL_TEMP   =     tabtemp,                              [table]
                               ),

◊     ENVIRONNEMENT=_F(
      ♦     FEN_INTEGRE       =     fenint,                         [R]
       ♦    CRIT_EPSI         =     epsilim,                        [R]
      ♦     S_ETOILE          =     set   ,                         [R]
      ♦     TABL_YOUNG        =     tabyoung,                       [table]
      ♦     SEUIL_EPSI_INF    =     epsimin,                        [R]
      ♦     SEUIL_EPSI_SUP    =     epsimax,                        [R]
      ♦     A_ENV             =     aenv,                           [R]
      ♦     B_ENV             =     benv,                           [R]
      ♦     C_ENV             =     cenv,                           [R]
      ♦     SEUIL_T_INF       =     tempmin,                        [R]
      ♦     SEUIL_T_SUP       =     tempmax,                        [R]
      ♦     VALE_T_INF        =     valmin,                         [R]
      ♦     VALE_T_SUP        =     valmax,                         [R]
     ♦     VALE_T_MOY_NUM    =     valmoynum,                      [R]
      ♦     VALE_T_MOY_DEN    =     valmoyden,                      [R]
                              ),
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
# si TYPE_RESU_MECA     = 'B3600'

♦     OPTION            = 'FATIGUE',                                    
                          'MOMENT_EQUIVALENT',
♦     ZONE_ANALYSE=_F(
            ◊     / TOUT            =     'OUI',            [DEFAUT]
                  / GROUP_MA        =     gma1,             [groupma]

# si OPTION='FATIGUE' :
♦     MODELE            =     modele      ,                 [modele]

♦     CARA_ELEM   =           cara,                         [cara_elem]

◊      TYPE_KE    =     / 'KE_MECA',                        [DEFAUT]
                       / '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',                [DEFAUT]
                                ◊ PRECISION = / prec,       [R]
                                              / 1.E-6,      [DEFAUT]
                              / 'ABSOLU' ,
                                ♦ PRECISION = prec ,        [R]

               ♦ NOM_CHAM =     /'EFGE_ELNO ',
                                 /'SIEF_ELNO',
             /    CHAM_GD       =     cham_effo,          [cham_elem]
                               )
♦     INDI_SIGM=_F(
                  ◊     C1              =     / 1.,         [DEFAUT]
                                              / c1,         [R]
                  ◊     C2              =     / 1.,         [DEFAUT]
                                              / c2,         [R]
                  ◊     C3              =     / 0.5,        [DEFAUT]
                                              / c3,         [R]
                  ◊     K1              =     / 1.,         [DEFAUT]
                                              / k1,         [R]
                  ◊     K2              =     / 1.,         [DEFAUT]
                                              / k2,         [R]
                  ◊     K3              =     / 1.,         [DEFAUT]
                                              / k3,         [R]
                  ♦     / TOUT      =     'OUI',            [DEFAUT]
                      / GROUP_MA  =     gma1,             [groupma]
                  ◊     GROUP_NO    =     gno1,             [groupno]
                  ◊     TYPE_ELEM_STANDARD =    / 'DRO',
                                                 / 'COU',
                                                / 'TRN',
                                                / 'TEE',
             )
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
        ◊     RESU_THER=_F(
                ♦     NUME_RESU_THER    = numtran,        [I]
                ♦     TABL_RESU_THER    = table,          [tabl_post_releve]
                ♦     TABL_MOYE_THER    = table,          [tabl_post_releve]
                ♦     / TOUT            =     'OUI',      [DEFAUT]
                    / GROUP_MA        =     gma1,       [groupma]
                ◊     GROUP_NO          =     gno1,       [groupno]
                 )

◊       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',                     [DEFAUT]
                                        /'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 OPTION='MOMENT_EQUIVALENT' :

 ♦      RESU_MECA=_F(
        ♦     /RESULTAT   =     resu  ,                 [resultat_sdaster]
                    ♦ /   TOUT_ORDRE  =     'OUI',
                      /   NUME_ORDRE  =     lordre      ,     [l_I]
                      /   INST        =     linst ,           [l_R]
                    # Si INST :
                      ◊ CRITERE = / 'RELATIF',                [DEFAUT]
                                  ◊ PRECISION = / prec,     [R]
                                                / 1.E-6,    [DEFAUT]
                                / 'ABSOLU' ,
                                  ♦ PRECISION = prec ,      [R]

                ◊ NOM_CHAM  =     /'EFGE_ELNO',           [DEFAUT]

         /CHAM_GD         =     cham_effo,        [cham_elem]
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
# si TYPE_RESU_MECA = 'ZE200a'

♦     OPTION    = /     'SN',
                  /     'FATIGUE',
                  /     'EFAT',
♦     MATER       =     mat   ,                                  [mater]
◊     SY_MAX      =     symax,                                   [R]
◊     METHODE     =     / 'TRESCA',                              [DEFAUT]
                        / 'TOUT_INST',
◊     TYPE_KE     =     / 'KE_MECA',                             [DEFAUT]
                         / 'KE_MIXTE',
◊     SOUS_CYCL   =     / 'NON',                                 [DEFAUT]
                        / 'OUI'
♦     INDI_SIGM=_F(
        ♦    K1                          =     k1,               [R]
       ♦     C1                          =     c1,               [R]
       ♦    K3                          =    k3,                [R]
        ♦     C3                          =     c3,              [R]

       /      ♦     K2                    =     k2,              [R]
             ♦     C2                     =     c2,              [R]

        /     ♦     K2_TUBU               =     k2t,             [R]
              ♦     K2_CORP               =     k2c,             [R]
              ♦     C2_TUBU               =     c2t,             [R]
              ♦     C2_CORP               =     c2c,             [R]
                  ),

♦     TUYAU=_F(
        ♦    R                           =     r,               [R]
       ♦     EP                          =     ep,              [R]

       /      ♦    I                     =     i,               [R]

       /      ♦    R_TUBU                =     rt,              [R]
             ♦     R_CORP                =     rc,              [R]
              ♦    I_TUBU                =     it,              [R]
             ♦     I_CORP                =     ic,              [R]
                   ),

♦     CHAR_MECA   =_F   (
      ♦     NUME_CHAR   =     numchar,                           [I]
       ◊     NOM_CHAR    =     nomchar,                          [Kn]

       /     ♦     MX                =     mx    ,              [R]
             ♦     MY                =     my    ,              [R]
             ♦     MZ                =     mz    ,              [R]

       /     ♦     MX_CORP           =     mxc   ,              [R]
             ♦     MY_CORP           =     myc   ,              [R]
             ♦     MZ_CORP           =     mzc   ,              [R]
             ♦     MX_TUBU           =     mxt   ,              [R]
             ♦     MY_TUBU           =     myt   ,              [R]
             ♦     MZ_TUBU           =     mzt   ,              [R]
                                ),

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


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
◊      SEISME=_F(
        ♦      NUME_SITU    =      numsitu,                              [I]
        ◊      NOM_SITU     =      nomsitu,                              [Kn]
         ♦     NB_OCCUR     =      nbocc,                                [I]
        ♦      NB_CYCL_SEISME     =      nbsss,                          [I]
        ♦      CHAR_ETAT          =      num_char_meca,                  [I]
                              ),

♦      SITUATION=_F(
        ♦      NUME_SITU    =      numsitu,                              [I]
        ◊      NOM_SITU     =      nomsitu,                              [Kn]
         ♦     NB_OCCUR     =      nbocc,                                [I]
        ♦      NUME_GROUPE =       (numgroup1, numgroup2, ...)           [L_I]
        ◊      NUME_PASSAGE        =      (num1, num2, ...))             [L_I]
        ◊      NUME_PARTAGE        =      num1                           [I]
        ◊      COMBINABLE          =      /'OUI',                        [DEFAUT]
                                          /'NON',                        [Kn]
        ♦      PRES_A       =      presa ,                               [R]
        ♦      PRES_B       =      presb ,                               [R]
        ♦      CHAR_ETAT_A =       num_char_meca,                        [I]
        ♦      CHAR_ETAT_B =       num_char_meca,                        [I]
        ◊      NUME_RESU_THER      =      num_tran          ,            [I]
        ◊      O_ETOILE     =      oet   ,                               [R]
        ◊      TABL_TEMP    =      tabtemp,                              [table]
                                   ),

◊      ENVIRONNEMENT=_F(
        ♦      FEN_INTEGRE         =      fenint,                        [R]
         ♦     CRIT_EPSI           =      epsilim,                       [R]
        ♦      S_ETOILE            =      set   ,                       [R]
        ♦      TABL_YOUNG          =      tabyoung,                      [table]
        ♦      SEUIL_EPSI_INF      =      epsimin,                       [R]
        ♦      SEUIL_EPSI_SUP      =      epsimax,                       [R]
        ♦      A_ENV               =      aenv,                          [R]
        ♦      B_ENV               =      benv,                          [R]
        ♦      C_ENV               =      cenv,                          [R]
        ♦      SEUIL_T_INF         =      tempmin,                       [R]
        ♦      SEUIL_T_SUP         =      tempmax,                       [R]
        ♦      VALE_T_INF          =      valmin,                        [R]
        ♦      VALE_T_SUP          =      valmax,                        [R]
       ♦      VALE_T_MOY_NUM     =      valmoynum,                      [R]
        ♦      VALE_T_MOY_DEN      =      valmoyden,                     [R]
                                   ),
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
# si TYPE_RESU_MECA = 'ZE200b'

♦     OPTION    = /     'SN',
                  /     'FATIGUE',
                  /     'EFAT',
♦     MATER       =     mat,                                    [mater]
 ◊    SY_MAX      =     symax,                                  [R]
◊     METHODE     =     / 'TRESCA',                             [DEFAUT]
                        / ' TOUT_INST ',
◊     TYPE_KE     =     / 'KE_MECA',                            [DEFAUT]
                        / 'KE_MIXTE',
◊     SOUS_CYCL   =     / 'NON',                                [DEFAUT]
                        / ' OUI ',
♦     INDI_SIGM=_F(
       ♦     K1                          =     k1,             [R]
       ♦     C1                          =     c1,             [R]
       ♦     K3                          =     k3,             [R]
       ♦     C3                          =     c3,             [R]

       /      ♦     K2                   =     k2,             [R]
             ♦     C2                    =     c2,             [R]

       /     ♦     K2_TUBU               =     k2t,            [R]
             ♦     K2_CORP               =     k2c,            [R]
             ♦     C2_TUBU               =     c2t,            [R]
             ♦     C2_CORP               =     c2c,            [R]
                 ),

♦     TUYAU=_F(
        ♦    R                           =     r,              [R]
       ♦     EP                          =     ep,             [R]

       /      ♦    I                     =     i,              [R]

       /      ♦    R_TUBU                =     rt,             [R]
             ♦     R_CORP                =     rc,             [R]
              ♦    I_TUBU                =     it,             [R]
             ♦     I_CORP                =     ic,             [R]
                   ),

♦     CHAR_MECA   =_F   (
      ♦     NUME_CHAR   =     numchar,                          [I]
       ◊     NOM_CHAR    =     nomchar,                         [Kn]

       /     ♦     MX              =     mx    ,               [R]
             ♦     MY              =     my    ,               [R]
             ♦     MZ              =     mz    ,               [R]

       /     ♦     MX_CORP         =     mxc   ,               [R]
             ♦     MY_CORP         =     myc   ,               [R]
             ♦     MZ_CORP         =     mzc   ,               [R]
             ♦     MX_TUBU         =     mxt   ,               [R]
             ♦     MY_TUBU         =     myt   ,               [R]
             ♦     MZ_TUBU         =     mzt   ,               [R]
                                 ),

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


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
◊      RESU_PRES=_F(
              ♦      NUME_RESU_PRES     =      numtran,                [I]
              ♦      TABL_RESU_PRES     =      table,                  [table]
                                        ),

◊      SEISME=_F(
       ♦      NUME_SITU    =      numsitu,                             [I]
       ◊      NOM_SITU     =      nomsitu,                             [Kn]
       ♦      NB_OCCUR     =      nbocc,                               [I]
       ♦      NB_CYCL_SEISME     =      nbsss,                         [I]
       ♦      CHAR_ETAT          =      num_char_meca,                 [I]
                           ),

♦      SITUATION=_F(
       ♦      NUME_SITU    =      numsitu,                             [I]
       ◊      NOM_SITU     =      nomsitu,                             [Kn]
        ♦     NB_OCCUR     =      nbocc,                               [I]
       ♦      NUME_GROUPE =       (numgroup1, numgroup2, ...)         [L_I]
       ◊      NUME_PASSAGE        =      (num1, num2, ...)             [L_I]
       ◊      NUME_PARTAGE        =      num1                          [I]
       ◊      COMBINABLE          =      /'OUI',                       [DEFAUT]
                                         /'NON',                       [Kn]
       ♦      CHAR_ETAT_A =       num_char_meca,                       [I]
       ♦      CHAR_ETAT_B =       num_char_meca,                       [I]
       ◊      NUME_RESU_THER      =      num_tran          ,           [I]
       ◊      NUME_RESU_ PRES     =      num_tran          ,           [I]
       ◊      O_ETOILE     =      oet   ,                              [R]
       ◊      TABL_TEMP    =      tabtemp,                             [table]
                                  ),

◊      ENVIRONNEMENT=_F(
       ♦      FEN_INTEGRE         =      fenint,                       [R]
        ♦     CRIT_EPSI           =      epsilim,                      [R]
       ♦      S_ETOILE            =      set   ,                      [R]
       ♦      TABL_YOUNG          =      tabyoung,                     [table]
       ♦      SEUIL_EPSI_INF      =      epsimin,                      [R]
       ♦      SEUIL_EPSI_SUP      =      epsimax,                      [R]
       ♦      A_ENV               =      aenv,                         [R]
       ♦      B_ENV               =      benv,                         [R]
       ♦      C_ENV               =      cenv,                         [R]
       ♦      SEUIL_T_INF         =      tempmin,                      [R]
       ♦      SEUIL_T_SUP         =      tempmax,                      [R]
       ♦      VALE_T_INF          =      valmin,                       [R]
       ♦      VALE_T_SUP          =      valmax,                       [R]
       ♦     VALE_T_MOY_NUM      =     valmoynum,                     [R]
       ♦      VALE_T_MOY_DEN      =      valmoyden,                    [R]
                                  ),
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
 # si TYPE_RESU_MECA = 'EVOLUTION'
♦     OPTION    =             /     'PM_PB',
                                /     'SN',
                                /     'FATIGUE_ZH210',
                                 /    'AMORCAGE',

◊     AXIS  =  / 'NON'                                          [DEFAUT]
               / 'OUI',

◊     RAYON_MOYEN =  rho,(défaut : -1.)                              [R]

♦     MATER     = mat   ,                                        [mater]

      ◊     SY_MAX    = symax,                                       [R]

      ◊      TYPE_KE    =     / 'KE_MECA',                          [DEFAUT]
                             / 'KE_MIXTE'

      ♦     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,          [DEFAUT]

                   ♦     /     TOUT_ORDRE        =     'OUI',
                         /     TOUT_INST         =     'OUI',
                         /     INST              =     linst ,     [l_R]
                         /     LIST_INST         =     linst ,     [listr8]
                   ◊     CRITERE =   / 'RELATIF',                  [DEFAUT]
                                       ◊    PRECISION = / prec ,   [R]

                                                      / 1.E-6,    [DEFAUT]
                                     / 'ABSOLU' ,
                                        ♦    PRECISION =  prec ,   [R]

                                            )
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Opérandes communs à toutes les options

3.1 Opérande TYPE_RESU

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

Type de valeurs contenues dans la table produite en résultat :

- DETAILS : les valeurs calculées à chaque instant sont fournies.
- SYSTUS : les valeurs calculées pour chaque situation ou combinaison de situation intervenant dans le facteur d'usage sont fournies. Cette option n'est disponible que pour TYPE_RESU_MECA = B3200, ZE200a ou ZE200b
- VALE_MAX : seules les valeurs maximales sont données, ces maxima ne sont toutefois pas nécessairement atteints au même instant de calcul.

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

Cinq types de post-traitements sont disponibles dans POST_RCCM :ces post-traitements suivent les règles de différents paragraphes du RCC-M : B3600, B3200, ZE200.

Résultats de type RCC-M B3600 pour les tuyauteries : 'B3600'

Avec l'option FATIGUE, 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.

Avec l'option MOMENT_EQUIVALENT, ce type de résultat est dédié au post-traitement de calculs mécaniques (MECA_STATIQUE , STAT_NON_LINE , DYNA_VIBRA, DYNA_NON_LINE) sur une ligne de tuyauterie. Cette option permet le calcul des moments équivalents maximums sur la ligne. D'après la formule du paragraphe B3600 :

$$MEQ=\sqrt{\left(MT^2+MFY^2+MFZ^2\right)}$$

La table produit contient les maximums temporels des composantes MT, MFY, MFZ et MEQ ainsi que la valeur de l'abscisse curviligne du nœud en question.

Résultats de type RCC-M B3200 : 'EVOLUTION' et 'B3200'

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

'EVOLUTION' 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 ou les cas où il est nécessaire de déterminer le facteur d'amorçage.

'B3200' est a contrario bien adaptée aux calculs sur un composant soumis à de nombreuses situations, réparties éventuellement dans plusieurs groupes de fonctionnement. Un séisme peut être pris en compte, ainsi que des situations de passage et des groupes de partage. On peut également évaluer la tenue en fatigue environnementale avec cette option.

Les chargements peuvent être rentrés sous plusieurs formes.

Ce type de résultat peut donc nécessite r le calcul préalable :

- d es contraintes liées aux transitoires thermiques considérés, qu'il faut extraire sur le segment d'analyse (RESU_THER) ,
- d es contraintes liées aux chargements de pression : sous forme de transitoire (RESU_PRES) ou sous forme de chargement unitaire avec deux pressions pour les états stabilisés (RESU_MECA_UNIT, PRES_A et PRES_B),
- des contraintes liées aux chargements dus aux efforts et aux moments :
  - sous forme de transitoire (RESU_MECA)
  - pour des chargements unitaires (efforts et moments globaux unitaires appliqués aux limites du modèle) avec deux torseurs pour les états stabilisés (CHAR_ETAT_A et CHAR_ETAT_B). Ces efforts peuvent être soit calculés avec c*ode_aster* , soit issus de la base de données OAR,
  - pour des chargements unitaires auxquels on applique un torseur, ce torseur est calculé par l' interpol ation entre deux torseurs (CHAR_ETAT_ A et CHAR_ETAT_ B) qui correspondent aux températures TEMP_A , et TEMP_B et grâce à la température au cours de la situation TABL_TEMP.

Les critères accessibles sont les critères de niveau 0 (option PM_PB), de niveau A hors fatigue (option SN), de fatigue (option FATIGUE) et de fatigue environnementale (option EFAT) sur des segments.

Résultats de type RCC-M ZE200 : 'ZE200a' et 'ZE200b'

La méthode ZE200 du RCC-M est une méthode mixte qui combine B3200 et B3600. Ce type de résultat est donc dédié au post-traitement de calculs mécaniques sur une ligne de tuyauterie selon le B3600 combinés aux transitoires thermiques pour 'ZE200a' . La méthode 'ZE200b' traite en plus les contraintes dues à la pression sous forme de transitoire.

Ces options sont bien adaptées aux calculs sur une tuyauterie soumise à de nombreuses situations, réparties éventuellement dans plusieurs groupes de fonctionnement. Un séisme peut être pris en compte, ainsi que des situations de passage et des groupes de partage. On peut également évaluer la tenue en fatigue environnementale avec cette option.

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].

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Opérandes spécifiques aux résultats de type B3200

4.1 Préliminaires

A partir de plusieurs résultats de calculs mécaniques sur un composant, on calcule des critères de niveau 0 et de niveau A du RCC-M.

Les chargements peuvent être rentrés sous plusieurs formes.

Ce type de résultat peut donc nécessite r le calcul préalable :

- d es contraintes liées aux transitoires thermiques considérés, qu'il faut extraire sur le segment d'analyse (RESU_THER) ,
- d es contraintes liées aux chargements de pression : sous forme de transitoire (RESU_PRES) ou sous forme de chargement unitaire avec deux pressions pour les états stabilisés (RESU_MECA_UNIT, PRES_A et PRES_B),
- des contraintes liées aux chargements dus aux efforts et aux moments :
  - sous forme de transitoire (RESU_MECA)
  - pour des chargements unitaires (efforts et moments globaux unitaires appliqués aux limites du modèle) avec deux torseurs pour les états stabilisés (CHAR_ETAT_A et CHAR_ETAT_B). Ces efforts peuvent être soit calculés avec c*ode_aster* , soit issus de la base de données OAR. **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.**
  - pour des chargements unitaires auxquels on applique un torseur, ce torseur est calculé par l' interpol ation entre deux torseurs (CHAR_ETAT_ A et CHAR_ETAT_ B) qui correspondent aux températures TEMP_A , et TEMP_B et grâce à la température au cours de la situation TABL_TEMP.

4.1.1 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 *Pm*, de membrane locale *Pl*, de flexion *Pb* et de membrane plus flexion *Pm+Pb*.

4.1.2 Option SN

Option permettant de calculer les critères de niveau A (hors fatigue) qui visent à prémunir le matériel contre les dommages de déformation progressive. Ils nécessitent le calcul de l'amplitude de variation de contrainte linéarisée en un point, notée *Sn*. Sous certaines conditions, cette option permet également le calcul de *Sn** et du rochet thermique (si présence du mot clé facteur RESU_THER).

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 '.

4.1.3 Option FATIGUE

Les calculs de 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 [R7.04.03].

4.1.4 Option EFAT

Les calculs de fatigue environnementale (option 'EFAT') sont effectués au sens du RCCM B3200 sur le segment d'analyse. Deux transitoires fictifs sont ainsi identifiés pour combiner deux situations entre elles. Puis les effets de l'environnement REP sur le facteur d'usage sont pris en compte. Il faut ajouter

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

le mot clé facteur 'ENVIRONNEMENT' et les mots clés 'O_ETOILE' et 'TABL_TEMP' sous chaque occurrence du mot clé facteur 'SITUATION' [R7.04.03].

4.2 Opérande MATER

♦ MATER = mat

Nom du matériau contenant, pour le segment analysé, les caractéristiques 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 § 9.1.1 .

4.3 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. 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.

4.4 Opérande METHODE

```
◊ METHODE = / 'TRESCA',          [DEFAUT]
            / 'TOUT_INST'
```

Il existe deux méthodes de sélection des instants lors du calcul de Sn ou de Sp :

- la méthode 'TRESCA' réalise une pré-sélection des instants basée sur le tresca signé de chaque transitoire, c'est la plus rapide des deux méthodes et elle est donc prise par défaut si l'utilisateur ne spécifie rien. Néanmoins elle est moins robuste que la seconde méthode [R7.04.03]
- la méthode 'TOUT_INST' combine toutes les possibilités d'instants et peut être plus coûteuse en temps de calcul.

4.5 Opérande TYPE_KE

```
◊ TYPE_KE = / 'KE_MECA',         [DEFAUT]
            / '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.
-

4.6 Opérande SOUS_CYCL

```
◊ SOUS_CYCL = / 'NON',           [DEFAUT]
              / 'OUI'
```

Le facteur d'usage dû aux sous-cycles de toutes les situations peut être pris en compte ou non.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4.7 Mot clé FACT_SIGM

```
◊  FACT_SIGM=_F(
       ◊  KT_SN                    =  ktsn,
          [R]
       ◊  KT_SP                    =  ktsp,
          [R]
    ),
```

Valeurs des de concentration de contraintes KT_SN et KT_SP à appliquer à Sn et/ou à Sp. N'intervient que dans le calcul de fatigue.

4.8 Mot clé INDI_SIGM

```
◊  INDI_SIGM=_F( ... ),
```

Valeurs des indices de contraintes à utiliser dans l'analyse de fatigue (valeurs codifiées dans le RCC-M B3683). L'utilisateur fournit pour le segment de calcul, les valeurs de C1, C2, C3, K1, K2, K3. Ce mot clé permet de comparer des résultats issus de la méthode qui suit le paragraphe ZE200 ou le paragraphe B3600.

4.9 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.

4.9.1 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).

4.9.2 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 contraintes dues au chargement thermique sur la section du maillage 2D ou 3D choisie par l'utilisateur à différents instants du transitoire.

4.10 Mot clé RESU_PRES

Ce mot clé facteur permet de définir les résultats des calculs de pression. Il est répétable autant de fois qu'il y a de calculs de pression différents. Il peut être utilisé si RESU_MECA_UNIT et CHAR_MECA ne sont pas utilisés.

4.10.1 Opérande NUME_RESU_PRES

♦ NUME_RESU_PRES = numtran [I]

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

4.10.2 Opérande TABL_RESU_PRES

♦ TABL_RESU_PRES = table [tabl_post_releve]

Table issue de POST_RELEVE_T, contenant pour chaque calcul de pression transitoire, le relevé des contraintes dues au chargement de pression sur la section du maillage 2D ou 3D choisie par l'utilisateur à différents instants du transitoire.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

On précise que les colonnes SXZ et SYZ doivent être présentes même en 2D. Il est donc notamment nécessaire de les ajouter (avec valeurs nulles) aux tables issues de POST_RELEVE_T qui ne les contiennent pas.

4.11 Mot clé RESU_MECA

Ce mot clé facteur permet de définir les résultats des calculs d'origine mécanique. Il est répétable autant de fois qu'il y a de calculs d'origine mécanique différents. Ce mot clé est nécessaire si les mots clés CHAR_MECA et RESU_MECA_UNIT n'ont pas été renseignés.

4.11.1 Opérande NUME_RESU_MECA

♦ NUME_RESU_MECA = numtran [I]

Numéro des transitoires d'origine mécanique. Ce numéro est utilisé pour identifier le transitoire mécanique associé à chaque situation (voir mot clé SITUATION).

4.11.2 Opérande TABL_RESU_MECA

♦ TABL_RESU_MECA = table [tabl_post_releve]

Table issue de POST_RELEVE_T, contenant pour chaque calcul mécanique transitoire, le relevé des contraintes dues au chargement d'origine mécanique sur la section du maillage 2D ou 3D choisie par l'utilisateur à différents instants du transitoire.

On précise que les colonnes SXZ et SYZ doivent être présentes même en 2D. Il est donc notamment nécessaire de les ajouter (avec valeurs nulles) aux tables issues de POST_RELEVE_T qui ne les contiennent pas.

4.12 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. Il peut être utilisé si RESU_MECA et RESU_PRES ne sont pas utilisés.

4.12.1 Opérande NUME_CHAR

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

4.12.2 Opérande NOM_CHAR

Nom du chargement mécanique (facultatif).

4.12.3

4.12.4 Opérandes MX / MY / MZ / FX / FY / FZ

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.

Opérandes MX_CORP / MX_TUBU, MY_CORP / MY_TUBU, …

♦ MX_CORP = mxc , [R]
♦ MY_CORP = myc , [R]
♦ MZ_CORP = mzc , [R]
◊ FX_CORP = fxc , [R]
◊ FY_CORP = fyc , [R]

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
◊     FZ_CORP     =     fzc   ,                    [R]
♦     MX_TUBU     =     mxt   ,                    [R]
♦     MY_TUBU     =     myt   ,                    [R]
♦     MZ_TUBU     =     mzt   ,                    [R]
◊     FX_TUBU     =     fxt   ,                    [R]
◊     FY_TUBU     =     fyt   ,                    [R]
◊     FZ_TUBU     =     fzt   ,                    [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 ou 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.

4.13 Mot clé RESU_MECA_UNIT

```
◊     RESU_MECA_UNIT=_F( ... )
```

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…).Il peut être utilisé si RESU_MECA et RESU_PRES ne sont pas utilisés.

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.

4.14 Mot clé SEISME

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

4.14.1 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, nom (facultatif) et nombre d'occurrences de la situation séisme. 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.

4.14.2

4.14.3 Opérandes CHAR_ETAT

```
♦     CHAR_ETAT          =     num_char_meca ,     [I]
```

Numéro du chargement mécanique (correspondant au mot clé NUME_CHAR du mot clé facteur CHAR_MECA) associé à la situation de séisme.

4.14.4 Opérandes TABL_FX, TABL_FY, ..., TABL_MZ

Profils de contraintes associés à la situation de séisme, ce mot clé est nécessaire si le mot clé CHAR_ETAT n'est pas renseigné.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

On précise que les colonnes SXZ et SYZ doivent être présentes même en 2D. Il est donc notamment nécessaire de les ajouter (avec valeurs nulles) aux tables issues de POST_RELEVE_T qui ne les contiennent pas.

4.15 Mot clé SITUATION

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

4.15.1 Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR

```
♦   NUME_SITU   =   numsitu,                    [I]
◊   NOM_SITU    =   nomsitu,                    [Kn]
♦   NB_OCCUR    =   nbocc,                      [I]
```

Numéro, nom (facultatif) et nombre d'occurrences de la situation.

4.15.2 Opérande NUME_GROUPE / NUME_PASSAGE /NUME_PARTAGE

```
♦   NUME_GROUPE =   (numgroup1, numgroup2, ...) ,   [L_I]
◊   NUME_PASSAGE=   (num1, num2, ...),              [L_I]
◊   NUME_PARTAGE=   num1                            [I]
```

On indique sous NUME_GROUPE le ou les numéro(s) de groupe auxquels la situation appartient.

Si la situation est une situation de passage, on indique sous NUME_PASSAGE les numéros des différents groupes qu'elle relie (20 groupes au plus).
Lorsqu'une situation fait le passage entre n groupes, elle appartient nécessairement à ces n groupes (les numéros sous NUME_PASSAGE doivent apparaître sous NUME_GROUPE).

Remarque :

Inversement, une situation peut appartenir à différents groupes sans être une situation de passage entre ces groupes (les numéros sous NUME_GROUPE ne sont pas nécessairement sous NUME_PASSAGE)

Si la situation appartient à un groupe de partage, on indique sous NUME_PARTAGE le numéro de ce groupe de partage.

Remarques :

Aucune relation n'existe entre le numéro d'un groupe de fonctionnement (NUME_GROUPE) et le numéro d'un groupe de partage (NUME_PARTAGE)
Une situation peut appartenir à au plus un seul groupe de partage

4.15.3

4.15.4 Opérande COMBINABLE

```
♦   COMBINABLE  =   /'OUI',                     [DEFAUT]
.                   /'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.

4.15.5 Opérandes PRES_A / PRES_B

```
◊   PRES_A      =   presa ,                     [R]
◊   PRES_B      =   presb ,                     [R]
```

Pressions associées à chacun des deux états stabilisés de la situation.

4.15.6

4.15.7 Opérande NUME_RESU_PRES

```
◊   NUME_RESU_PRES   =   num_tran               [I]
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Numéro de transitoire de pression associé 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. Ce numéro correspond au mot clé NUME_RESU_PRES du mot clé facteur RESU_PRES.

4.15.8 Opérande NUME_RESU_THER

◊ NUME_RESU_THER = num_tran [I]

Numéro de transitoire thermique associé 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. Ce numéro correspond 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 de combiner ces deux transitoires en un seul.

4.15.9 Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B / TEMP_A / TEMP_B

♦ CHAR_ETAT_A = num_char_meca , [I]
♦ CHAR_ETAT_B = num_char_meca , [I]
♦ TEMP_A = tempa , [R]
♦ TEMP_B = tempb , [R]

Numéros de chargements mécaniques associés à chaque état stabilisé. Ces numéros correspondent au mot clé NUME_CHAR du mot clé facteur CHAR_MECA.

Si les mots clés TEMP_A et TEMP_B sont renseignés, alors le mot clé TABL_TEMP doit être renseigné lui aussi. Les moments et efforts seront interpolés en fonction de la température.

4.15.10 Opérande NUME_RESU_MECA

♦ NUME_RESU_MECA = num_tran [I]

Numéro de transitoire d'origine mécanique associé à la situation. Il doit y avoir 1 transitoire par tronçon de ligne (ce qui correspond à des groupes de mailles) pour chaque situation. Ce numéro correspond au mot clé NUME_RESU_MECA du mot clé facteur RESU_MECA. Ce mot clé est nécessaire si les mots clés CHAR_ETAT_A et CHAR_ETAT_B n'ont pas été renseignés.

4.15.11
4.15.12 Opérandes O_ETOILE / TABL_TEMP

◊ O_ETOILE = oet , [R]
◊ TABL_TEMP = tabtemp, [table]

Ces deux opérandes sont nécessaires pour le calcul de la fatigue environnementale et donc lors de l'appel de l'option 'EFAT'. Pour chaque situation, O_ETOILE représente le degré d'oxygène (il est considéré ici constant) et TABL_TEMP est la table des températures en fonction du temps au cours du transitoire.

Remarque :

La table sous le mot clé TABL_TEMP doit être définie aux mêmes instants que le transitoire thermique de la situation sous TABL_RESU_THER .

4.16 Mot clé ENVIRONNEMENT

Ce mot clé facteur permet de calculer la tenue en fatigue environnementale. Il n'est pas répétable car répertorie les données nécessaires au calcul mais communes à toutes les situations.

4.16.1 Opérande FEN_INTEGRE

♦ FEN_INTEGRE = fenint, [R]

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Fen intégré qui intervient dans le calcul du facteur d'environnement.

4.16.2 Opérande CRIT_EPSI

♦ CRIT_EPSI = epsilim, [R]

Seuil en déformation à partir duquel le facteur d'environnement n'intervient pas.

4.16.3 Opérandes TABL_YOUNG

♦ TABL_YOUNG = tabyoung, [table]

Table fournissant le module d'Young (colonne YOUNG) en fonction de la température (colonne TEMP). Une interpolation linéaire est faite à partir de cette table pour évaluer le module d'Young qui intervient de le calcul du facteur d 'environnement.

4.16.4 Opérandes S_ETOILE

♦ S_ETOILE = set , [R]

Teneur en souffre du métal analysé (donc commun à toutes les situations) égal à une constante.

4.16.5 Opérandes SEUIL_EPSI_INF / SEUIL_EPSI_SUP

♦ SEUIL_EPSI_INF = epsimin , [R]
♦ SEUIL_EPSI_SUP = epsimax , [R]

Seuils qui interviennent dans le calcul de la vitesse de déformation.

4.16.6 Opérandes A_ENV / B_ENV / C_ENV

♦ A_ENV = aenv , [R]
♦ B_ENV = benv , [R]
♦ C_ENV = cenv , [R]

Constantes qui interviennent dans l'expression générale du facteur d'environnement.

4.16.7 Opérandes SEUIL_T_INF / SEUIL_T_SUP / VALE_T_INF / VALE_T_SUP / VALE_T_MOY_NUM / VALE_T_MOY_DEN

♦ SEUIL_T_INF = tempmin , [R]
♦ SEUIL_T_SUP = tempmax , [R]
♦ VALE_T_INF = valmin , [R]
♦ VALE_T_SUP = valmax , [R]
♦ VALE_T_MOY_NUM = valmoynum , [R]
♦ VALE_T_MOY_DEN = valmoyden , [R]

Seuils qui interviennent dans le calcul de la température T*.

4.17 Table produite et exemple

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 des différentes grandeurs (Pm, Pb, Pmpb, Sn, Sn*, Sp, Salt, Fu, Fen, Fen intégré, Fu_environnement et les grandeurs liées au rochet) aux deux extrémités
- si TYPE_RESU='DETAILS' : le tableau est beaucoup plus riche. Il comporte les paramètres maximaux cités précédemment (ligne 'MAXI') plus tous les paramètres calculés, pour chaque situation (lignes de type 'SITU') et chaque combinaison de situation (lignes de type 'COMB'), avec

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

ou sans séisme, et les combinaisons qui sont réellement intervenues dans le calcul du facteur d'usage (ligne 'FACT'). Il est alors fortement recommandé d'imprimer le tableau avec des filtres successifs pour qu'il soit facilement exploitable.

- Si TYPE_RESU='SYSTUS' : le tableau comporte tous les paramètres calculés pour toutes les situations et combinaisons qui sont réellement intervenues dans le calcul du facteur d'usage (ligne ' FACT ').

  • ***Impression des maxima :*** si TYPE_RESU='VALE_MAX' ou avec un filtre dans IMPR_TABLE : FILTRE=_F(NOM_PARA='TYPE', VALE_K='MAXI'), la table produite peut contenir suivant l'option demandée les paramètres suivants : PM_MAX, PB_MAX, PMPB_MAX, SN_MAX, SN*_MAX, SIGM_M_PRES, SN_THER_MAX, CRIT_LINE_MAX , SP_THER_MAX, CRIT_PARA_MAX, SP_MAX, SALT_MAX, FU_TOTAL, FEN_TOTAL, FEN_INTEGRE et FUEN_TOTAL.

  • ***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 selon l'option demandée les paramètres suivants pour chacune des situations (avec ou sans séisme): PM, PB, PMPB, SN, INST_SN_1, INST_SN_2, SN*, INST_SN*_1,INST_SN*_2, SIG_PRES_MOY, SN_THER, CRIT_LINE, SP_THER, CRIT_PARAB, SP1(MECA), INST_SALT_1, INST_SALT_2, SALT et FU_UNIT.

  • ***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 selon l'option demandée les paramètres suivants pour chacune des combinaisons de situations (avec ou sans séisme): SN, INST_SN_1, INST_SN_2, SN*, INST_SN*_1,INST_SN*_2, SIG_PRES_MOY, SN_THER, CRIT_LINE, SP_THER, CRIT_PARAB, SP1(MECA), INST_SALT_1, INST_SALT_2, SALT et FU_UNIT.

  • ***Impression des combinaisons de situations qui sont intervenues dans le calcul de facteur d'usage :*** avec un filtre dans IMPR_TABLE :
  FILTRE=(_F(NOM_PARA='TYPE', VALE_K='FACT'),),
  la table produite contient selon l'option demandée les paramètres suivants pour chacune des combinaisons de situations qui sont intervenues dans le calcul du facteur d'usage FU_TOTAL : SN, INST_SN_1, INST_SN_2, SN*, INST_SN*_1,INST_SN*_2, INST_SALT_1, INST_SALT_2, SALT, FU_UNIT, NOCC_PRIS, FU_PARTIEL.

Si l'option ' EFAT ' est appelée, les grandeurs suivantes sont ajoutées dans les maxima par rapport à l'option 'FATIGUE' : FEN_TOTAL, FEN_INTEGRE et FUEN_TOTAL. De plus, si TYPE_RESU='DETAILS' , deux grandeurs sont ajoutées dans les lignes de type 'FACT' : FEN et FUEN_PARTIEL.

Pour le suivi des calculs, des informations complémentaires peuvent être trouvées dans le fichier message en particulier pour l'option FATIGUE. On peut ainsi suivre à l'origine puis à l'extrémité du segment : le traitement de chacune des situations puis des combinaisons de situations et l'affichage du FU_TOTAL (dont la partie liée aux sous_cycles et la partie liées aux sous_cycles sismiques)

Les tests **rccm01a, rccm01b, rccm01c, rccm01d, rccm01e et rccm07** fournissent notamment des exemples complets d'utilisation. Pour plus d'informations, on pourra aussi se référer au document [U2.09.03].

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Opérandes communes aux résultats de type B3600

5.1 Mot clé ZONE_ANALYSE

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

5.1.1 Opérandes TOUT / GROUP_MA

```
◊     /     TOUT        =     'OUI' ,
      /     GROUP_MA    =     gma1  ,                  [groupma]
```

Par défaut le calcul est fait pour tous les nœuds du modèle.

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

5.2 Mot clé OPTION

Ce mot-clé permet de définir le type de calcul demandé.

Si OPTION = 'FATIGUE', on calcule des critères de fatigue à partir de plusieurs résultats de calculs mécaniques (MECA_STATIQUE, STAT_NON_LINE, COMB_SISM_MODAL) sur une ligne de tuyauterie.

Si OPTION = 'MOMENT_EQUIVALENT', on calcule pour un résultat mécanique (MECA_STATIQUE, STAT_NON_LINE, DYNA_VIBRA, DYNA_NON_LINE), les maximums temporels des composantes MT, MFY et MFZ du champ EFGE_ELNO ainsi que les maximums temporels du moment équivalent (MEQ) en chaque point.
En plus des noms de la mailles et du nœud, chaque nœud est repéré dans la table par son abscisse curviligne le long de la ligne de tuyauterie si l'information existe. Pour calculer ces abscisses curvilignes, il faut utiliser au préalable la commande MODI_MAILLAGE/ABSC_CURV.

6 Opérandes spécifiques à l'option FATIGUE du type B3600

6.1 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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- Les résultats des calculs pour chaque chargement mécanique (y compris le séisme), repéré par son numéro, avec pour information 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 informations 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 [3].

6.2 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).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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 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.

6.4 Opérande MODELE

♦ MODELE = modele

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

6.5 Opérande TYPE_KE

◊ TYPE_KE = / 'KE_MECA',
[DEFAUT]
/ '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.

6.6 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.

6.6.1 Opérande NUME_CHAR

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

6.6.2 Opérande NOM_CHAR

Nom (facultatif) du chargement mécanique.

6.6.3 Opérande RESULTAT / CHAM_GD

/ ♦ CHAM_GD = cham_effo , [cham_elem]
/ ♦ RESULTAT = resu, / [evol_elas]
/ [evol_noli]

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

```
      /     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.

6.7 Opérande INDI_SIGM

♦ INDI_SIGM =_F(...)

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)

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, [3] un descriptif du type :

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

6.8 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 : (nombre de discontinuités) * (nombre de transitoires thermiques).

6.8.1 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).

6.8.2 Opérande TABL_RESU_THER

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

♦ 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 ΔT_1, ΔT_2, T_a et T_b [R7.04.03].

6.8.3 Opérandes TOUT / GROUP_MA / MAILLE / GROUP_NO / NOEUD

◊ / TOUT = 'OUI' ,
/ GROUP_MA = gma1 , [groupma]

◊ GROUP_NO = gno1 , [groupno]

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,
                  GROUP_MA =    'gma2'      ,
                  GROUP_NO =    'gno1'      )
```

6.9 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.

6.9.1 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 DEFI_MATERIAU).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6.9.2 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.

6.10 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.

6.10.1 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 B3600 , il n'est pour le moment pas possible de combiner des situations de groupes différents reliés par une situation de passage.

6.10.2 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.

6.10.3 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).

6.10.4 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.

6.10.5 Opérande NUME_RESU_THER

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

◊ 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.

6.10.6 Opérande COMBINABLE

♦ COMBINABLE = /'OUI', [DEFAUT]
/'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.

6.11 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].

7 Opérandes spécifiques à l'option MOMENT_EQUIVALENT du type B3600

7.1 Mot clé RESU_MECA

Ce mot clé facteur permet de définir un résulta de calcul mécanique.

7.1.1 Opérande RESULTAT / CHAM_GD

```
/     ♦     CHAM_GD     =     cham_effo   ,                [cham_elem]
/     ♦     RESULTAT    =     resu,                  /     [evol_elas]
                                                     /     [evol_noli]
           /     TOUT_ORDRE        =     'OUI' ,
            /     NUME_ORDRE        =     lordre      ,     [l_I]
            /     INST              =     linst ,           [l_R]
            ◊     NOM_CHAM          =     'EFGE_ELNO',      [DEFAUT]
```

Le résultat de calcul (champs par éléments aux nœuds d'efforts généralisés) peut être défini :

- soit un champ par élément : cham_effo qui est de type EFGE_ELNO. L'opérateur calcule alors le moment équivalent en chaque nœud.
- soit une structure de données resultat pour lequel le champ symbolique EFGE_ELNO a été calculé préalablement (CALC_CHAMP). L'opérateur calcule alors le moment équivalent en chaque nœud et pour chaque instant défini par l'utilisateur, puis sur le modèle de CREA_CHAMP/EXTR/TYPE_MAXI='MAXI_ABS', il calcule les maximums temporels (en valeur absolue) des 4 composantes MT, MFY, MFZ et MEQ.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Opérandes spécifiques aux résultats de type ZE200a et ZE200b

8.1 Préliminaires

A partir de plusieurs résultats de calculs mécaniques sur une ligne de tuyauterie, on calcule uniquement des critères de niveau A du RCC-M (donc pas d'option 'PM_PB'). Les méthodes 'ZE200a' et 'ZE200b' sont très similaires. D'ailleurs seule l'appellation ZE200 existe dans le RCC-M (et non ZE200a et ZE200b). La différence entre les deux méthodes réside dans la définition du chargement de pression. En 'ZE200b', le chargement de pression est sous forme de transitoire et nécessite donc un calcul sur le maillage 2D ou 3D afin d'extraire sur le segment les contraintes dues à la pression alors qu'en 'ZE200a' la pression intervient dans les équations de type B3600.

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

- Calcul de chaque transitoire thermique, sur le maillage 2D ou 3D.
- 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.

Les données nécessaires au post-traitement sont résumées ici :

- 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.
- La géométrie de la ligne de tuyauterie.
- Des indices de contraintes
- 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 si 'ZE200a'.
    - Transitoire de pression associé si 'ZE200b'.
    - Liste des chargements mécaniques de chaque état stabilisé.
    - Le groupe d'appartenance de la situation.
    - Le transitoire thermique associé. La température au cours de la situation si on souhaite évaluer la tenue en fatigue environnementale.
- La définition de chaque chargement mécanique (y compris le séisme), repéré par son numéro, avec pour information le nom du cas de charge, et le torseur de moments généralisés correspondant à ce chargement, à appliquer au limites du modèle.
- 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.

8.1.1 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 et de l'amplitude Sn*.

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 ' ou 'EFAT'.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8.1.2 Option FATIGUE

Les calculs de fatigue (option 'FATIGUE') sont effectués au sens du RCCM ZE200 sur le segment d'analyse. Deux transitoires fictifs sont ainsi identifiés pour combiner deux situations entre elles [R7.04.03].

8.1.3 Option EFAT

Les calculs de fatigue environnementale (option 'EFAT') sont effectués sur le segment d'analyse. Deux transitoires fictifs sont ainsi identifiés pour combiner deux situations entre elles. Puis les effets de l'environnement REP sur le facteur d'usage sont pris en compte. Il faut ajouter le mot clé facteur 'ENVIRONNEMENT' et les mots clés 'O_ETOILE' et 'TABL_TEMP' sous chaque occurrence du mot clé facteur 'SITUATION' [R7.04.03].

8.2 Opérande MATER

♦ MATER = mat

Nom du matériau contenant, pour le segment analysé, les caractéristiques 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 § 9.1.1 .

8.3 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. 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].

8.4 Opérande METHODE

```
◊ METHODE = / 'TRESCA',                    [DEFAUT]
            / 'TOUT_INST'
```

Il existe deux méthodes de sélection des instants lors du calcul de Sn ou de Sp :

- la méthode 'TRESCA' réalise une pré-sélection des instants basée sur le tresca signé de chaque transitoire, c'est la plus rapide des deux méthodes et elle est donc prise par défaut si l'utilisateur ne spécifie rien. Néanmoins elle est moins robuste que la seconde méthode [R7.04.03]
- la méthode 'TOUT_INST' combine toutes les possibilités d'instants et peut être plus coûteuse en temps de calcul, surtout lors de la prise en compte d'un séisme.

8.5 Opérande TYPE_KE

```
◊ TYPE_KE = / 'KE_MECA',                   [DEFAUT]
            / '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 ;

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

• 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.
•

8.6 Opérande SOUS_CYCL

```
◊   SOUS_CYCL   =   / 'NON',          [DEFAUT]
                    / 'OUI'
```

Le facteur d'usage dû aux sous-cycles de toutes les situations peut être pris en compte ou non.

8.7 Mot clé INDI_SIGM

```
♦   INDI_SIGM=_F( ... ),
```

Valeurs des indices de contraintes à utiliser dans l'analyse de fatigue (valeurs codifiées dans le RCC-M B3683). L'utilisateur fournit pour le segment de calcul, les valeurs de C1, C2, C3, K1, K2, K3. Pour une jonction de tuyauterie, l'utilisateur rentre alors uniquement les valeurs de K2 et de C2 qui correspondent au corps et à la tubulure.

8.8 Mot clé TUYAU

```
♦   TUYAU =_F(
    ♦   R       =   r,                  [R]
    ♦   EP      =   ep,                 [R]

     /  ♦   I           =   i,           [R]

    /   ♦   R_TUBU      =   rt,         [R]
        ♦   R_CORP      =   rc,         [R]
        ♦   I_TUBU      =   it,         [R]
        ♦   I_CORP      =   ic,         [R]
        ),
```

Caractéristiques géométriques de la tuyauterie : épaisseur EP, rayon R et moment d'inertie I. Dans le cas d'une jonction de tuyauteries, on rentre aussi le rayon du corps et de la tubulure et on substitue à l'inertie I les inerties du corps et de la tubulure (I_TUBU et I_CORP).

8.9 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.

8.9.1 Opérande NUME_CHAR

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

8.9.2 Opérande NOM_CHAR

Nom du chargement mécanique (facultatif).

8.9.3 Opérandes MX / MY / MZ

```
♦   MX   =   mx,                        [R]
♦   MY   =   my,                        [R]
♦   MZ   =   mz,                        [R]
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Moments généralisés issus de calculs de la ligne de tuyauterie, de type poutre, pour chaque chargement.

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

Opérandes MX_CORP / MX_TUBU, MY_CORP / MY_TUBU, …

♦ MX_CORP = mxc, [R]
♦ MY_CORP = myc, [R]
♦ MZ_CORP = mzc, [R]
♦ MX_TUBU = mxt, [R]
♦ MY_TUBU = myt, [R]
♦ MZ_TUBU = mzt, [R]

Moments 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.

8.10 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.

8.10.1 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).

8.10.2 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.

8.11 Mot clé RESU_PRES (si 'ZE200b')

Ce mot clé facteur permet de définir les résultats des calculs de pression sous forme de transitoire. Il est répétable autant de fois qu'il y a de calculs de pression différents lorsqu'on utilise la méthode 'ZE200b'.

8.11.1 Opérande NUME_RESU_PRES

♦ NUME_RESU_PRES = numtran [I]

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

8.11.2 Opérande TABL_RESU_PRES

♦ TABL_RESU_PRES = table
[tabl_post_releve]

Table issue de POST_RELEVE_T, contenant pour chaque calcul de pression transitoire, le relevé des contraintes dues au chargement de pression sur la section du maillage 2D ou 3D choisie par l'utilisateur à différents instants du transitoire.

8.12 Mot clé SEISME

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Un seul chargement de type SEISME peut être défini pour tous les groupes de situations.

8.12.1 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, nom et nombre d'occurrences de la situation séisme. 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.

8.12.2

8.12.3 Opérandes CHAR_ETAT

```
♦  CHAR_ETAT          =  num_char_meca ,       [L_I]
```

Numéro du chargement mécanique (correspondant au mot clé NUME_CHAR du mot clé facteur CHAR_MECA) associé à la situation de séisme.

8.13 Mot clé SITUATION

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

8.13.1 Opérandes NUME_SITU / NOM_SITU / NB_OCCUR

```
♦  NUME_SITU    =  numsitu,                    [I]
◊  NOM_SITU     =  nomsitu,                    [Kn]
♦  NB_OCCUR     =  nbocc,                      [I]
```

Numéro, nom et nombre d'occurrences de la situation.

8.13.2 Opérande NUME_GROUPE / NUME_PASSAGE /NUME_PARTAGE

```
♦  NUME_GROUPE =  (numgroup1, numgroup2, ...) ,   [L_I]
◊  NUME_PASSAGE=  (num1, num2, ...),              [L_I]
◊  NUME_PARTAGE=  num1                            [I]
```

On indique sous NUME_GROUPE le ou les numéro(s) de groupe auxquels la situation appartient.

Si la situation est une situation de passage, on indique sous NUME_PASSAGE les numéros des différents groupes qu'elle relie (20 groupes au plus).
Lorsqu'une situation fait le passage entre n groupes, elle appartient nécessairement à ces n groupes (les numéros sous NUME_PASSAGE doivent apparaître sous NUME_GROUPE).

Remarque :

Inversement, une situation peut appartenir à différents groupes sans être une situation de passage entre ces groupes (les numéros sous NUME_GROUPE ne sont pas nécessairement sous NUME_PASSAGE)

Si la situation appartient à un groupe de partage, on indique sous NUME_PARTAGE le numéro de ce groupe de partage.

Remarques :

Aucune relation n'existe entre le numéro d'un groupe de fonctionnement (NUME_GROUPE) et le numéro d'un groupe de partage (NUME_PARTAGE)
Une situation peut appartenir à au plus un seul groupe de partage

8.13.3 Opérande COMBINABLE

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

◊ COMBINABLE = /'OUI , [DEFAUT]
/'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.

8.13.4 Opérandes PRES_A / PRES_B (si 'ZE200a')

♦ PRES_A = presa , [R]
♦ PRES_B = presb , [R]

Pressions associées à chacun des deux états stabilisés de la situation en méthode 'ZE200a'.

8.13.5 Opérandes CHAR_ETAT_A / CHAR_ETAT_B

♦ CHAR_ETAT_A = num_char_meca , [I]
♦ CHAR_ETAT_B = num_char_meca , [I]

Numéro de chargement mécanique associé à chaque état stabilisé. Ce numéro correspond au mot clé NUME_CHAR du mot clé facteur CHAR_MECA. Un seul chargement mécanique est associé à chaque état stabilisé.

8.13.6 Opérande NUME_RESU_THER

◊ NUME_RESU_THER = num_tran [I]

Numéro de transitoire thermique 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. Ce numéro correspond 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 de combiner ces deux transitoires en un seul.

8.13.7
8.13.8 Opérande NUME_RESU_PRES (si 'ZE200b')

◊ NUME_RESU_PRES = num_tran [I]

Numéro de transitoire de pression associé à la situation si la méthode est 'ZE200b'. 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_PRES du mot clé facteur RESU_PRES.

8.13.9 Opérandes O_ETOILE / TABL_TEMP

◊ O_ETOILE = oet , [R]
◊ TABL_TEMP = tabtemp, [table]

Ces deux opérandes sont nécessaires pour le calcul de la fatigue environnementale et donc lors de l'appel de l'option 'EFAT'. Pour chaque situation, O_ETOILE représente le degré d'oxygène (il est considéré ici constant) et TABL_TEMP est la table des températures en fonction du temps au cours du transitoire.

Remarque :

La table sous le mot clé TABL_TEMP doit être définie aux mêmes instants que le transitoire thermique de la situation sous TABL_RESU_THER.
La température doit être impérativement définie sur les nœuds du segment d'analyse considéré (il faut donc une colonne ABSC_CURV).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8.14 Mot clé ENVIRONNEMENT

Ce mot clé facteur permet de calculer la tenue en fatigue environnementale. Il n'est pas répétable car répertorie les données nécessaires au calcul mais communes à toutes les situations.

8.14.1 Opérande FEN_INTEGRE

♦ FEN_INTEGRE = fenint, [R]

Fen intégré qui intervient dans le calcul du facteur d'environnement.

8.14.2 Opérande CRIT_EPSI

♦ CRIT_EPSI = epsilim, [R]

Seuil en déformation à partir duquel le facteur d'environnement n'intervient pas.

8.14.3 Opérandes TABL_YOUNG

♦ TABL_YOUNG = tabyoung, [table]

Module d'Young en fonction de la température. Une interpolation linéaire est faite à partir de cette table pour évaluer le module d'Young qui intervient de le calcul du facteur d 'environnement.
Cette table doit obligatoirement contenir les paramètres de nom 'TEMP' et 'YOUNG'.

8.14.4 Opérandes S_ETOILE

♦ S_ETOILE = set, [R]

Teneur en souffre du métal analysé (donc commun à toutes les situations) égal à une constante.

8.14.5 Opérandes SEUIL_EPSI_INF / SEUIL_EPSI_SUP

♦ SEUIL_EPSI_INF = epsimin , [R]
♦ SEUIL_EPSI_SUP = epsimax , [R]

Seuils qui interviennent dans le calcul de la vitesse de déformation.

8.14.6 Opérandes A_ENV / B_ENV / C_ENV

♦ A_ENV = aenv , [R]
♦ B_ENV = benv , [R]
♦ C_ENV = cenv , [R]

Constantes qui interviennent dans l'expression générale du facteur d'environnement.

8.14.7 Opérandes SEUIL_T_INF / SEUIL_T_SUP / VALE_T_INF / VALE_T_SUP / VALE_T_MOY_NUM / VALE_T_MOY_DEN

♦ SEUIL_T_INF = tempmin , [R]
♦ SEUIL_T_SUP = tempmax , [R]
♦ VALE_T_INF = valmin , [R]
♦ VALE_T_SUP = valmax , [R]
♦ VALE_T_MOY_NUM = valmoynum , [R]
♦ VALE_T_MOY_DEN = valmoyden , [R]

Seuils qui interviennent dans le calcul de la température T*.

8.15 Table produite et exemple

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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 des différentes grandeurs (Sn, Sn*, Sp, Salt, Fu, Fu_environnement et les grandeurs liées au rochet) aux deux extrémités
- si TYPE_RESU='DETAILS' : le tableau est beaucoup plus riche. Il comporte les paramètres maximaux cités précédemment (ligne 'MAXI') plus tous les paramètres calculés, pour chaque situation (lignes de type 'SITU') et chaque combinaison de situation (lignes de type 'COMB'), avec ou sans séisme, et les combinaisons qui sont réellement intervenues dans le calcul du facteur d'usage (ligne 'FACT'). Il est alors fortement recommandé d'imprimer le tableau avec des filtres successifs pour qu'il soit facilement exploitable.
- Si TYPE_RESU='SYSTUS' : le tableau comporte tous les paramètres calculés pour toutes les situations et combinaisons qui sont réellement intervenues dans le calcul du facteur d'usage (ligne ' FACT ').

  - ***Impression des maxima :*** si TYPE_RESU='VALE_MAX' ou avec un filtre dans IMPR_TABLE : FILTRE=_F(NOM_PARA='TYPE', VALE_K='MAXI'), la table produite peut contenir suivant l'option demandée les paramètres suivants : SN_MAX, SN*_MAX, SIGM_M_PRES, SN_THER_MAX, CRIT_LINE_MAX , SP_THER_MAX, CRIT_PARA_MAX, SP_MAX, SALT_MAX, FU_TOTAL , FEN_TOTAL, FEN_INTEGRE et FUEN_TOTAL.

  - ***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 selon l'option demandée les paramètres suivants pour chacune des situations (avec ou sans séisme): SN, INST_SN_1, INST_SN_2, SN*, INST_SN*_1,INST_SN*_2, SIG_PRES_MOY, SN_THER, CRIT_LINE, SP_THER, CRIT_PARAB, SP1(MECA), INST_SALT_1, INST_SALT_2, SALT et FU_UNIT .

  - ***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 selon l'option demandée les paramètres suivants pour chacune des combinaisons de situations (avec ou sans séisme): SN, INST_SN_1, INST_SN_2, SN*, INST_SN*_1,INST_SN*_2, SIG_PRES_MOY, SN_THER, CRIT_LINE, SP_THER, CRIT_PARAB, SP1(MECA), INST_SALT_1, INST_SALT_2, SALT et FU_UNIT .

  - ***Impression des combinaisons de situations qui sont intervenues dans le calcul de facteur d'usage :*** avec un filtre dans IMPR_TABLE :
    FILTRE=(_F(NOM_PARA='TYPE', VALE_K='FACT'),),
    la table produite contient selon l'option demandée les paramètres suivants pour chacune des combinaisons de situations qui sont intervenues dans le calcul du facteur d'usage FU_TOTAL : SN, INST_SN_1, INST_SN_2, SN*, INST_SN*_1,INST_SN*_2, INST_SALT_1, INST_SALT_2, SALT, FU_UNIT, NOCC_PRIS, FU_PARTIEL.

Si l'option ' EFAT ' est appelée, les grandeurs suivantes sont ajoutées dans les maxima par rapport à l'option 'FATIGUE' : FEN_TOTAL, FEN_INTEGRE et FUEN_TOTAL. De plus, si TYPE_RESU='DETAILS' , deux grandeurs sont ajoutées dans les lignes de type 'FACT' : FEN et FUEN_PARTIEL.

Pour le suivi des calculs, des informations complémentaires peuvent être trouvées dans le fichier message en particulier pour l'option FATIGUE. On peut ainsi suivre à l'origine puis à l'extrémité du segment : le traitement de chacune des situations puis des combinaisons de situations et l'affichage du FU_TOTAL (dont la partie liée aux sous_cycles et la partie liées aux sous_cycles sismiques)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Les tests **rccm13a** ('ZE200a') et **rccm13b** ('ZE200b') fournissent des exemples complets d'utilisation. Pour plus d'informations, on pourra aussi se référer au document [U2.09.03].

9 Opérandes spécifiques aux résultats de type EVOLUTION

Pour une description précise des calculs effectués par ces options, on peut consulter le document [R7.04.03] et la notice d'utilisation [U2.09.03].

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].

Remarque sur l'utilisation de caractéristique de matériau en fonction de la température :

Pour le post-traitement, les règles RCC-M B demandent l'utilisation des caractéristiques de matériau, comme Sm, à la température maximale des transitoires.

L'opérateur DEFI_MATERIAU [U4.43.01] autorise pourtant la définition des caractéristiques de matériau en fonction de la température (mot-clé facteur RCCM_FO) .
Avec l'option ' EVOLUTION ', l'utilisateur doit définir les caractéristiques de matériau, pour le post-traitement, uniquement par le mot-clé facteur RCCM de la commande DEFI_MATERIAU .
En effet, pour utiliser cette option ' EVOLUTION' , l'utilisateur n'a à fournir en données d'entrée qu'uniquement des contraintes, l'évolution thermique étant ignorée même dans le cas où elle existe dans les précédentes étapes de calcul.
Avec l'option ' EVOLUTION ', l'utilisation des caractéristiques en fonction de la température entraîne donc une erreur d'exécution.

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.

9.1.1 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

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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).

9.1.2 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. § 9.1.4.2). 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.

9.1.1 Opérande AXIS

◊ AXIS = / 'NON' [DEFAUT]
/ 'OUI'

Indicateur permettant de déclarer l'axisymétrie de la modélisation. Si cet opérande prend la valeur 'OUI', le calcul des contraintes équivalentes de membrane Pm et de flexion Pb s'effectuera par un algorithme spécialement conçu pour les modèles axisymétriques. Compte tenue la distribution inhomogène de la masse dans la direction radiale, cet algorithme introduit un déplacement correctif de la ligne moyenne dans la formulation de linéarisation des contraintes.

9.1.2 Opérande RAYON_MOYEN

◊ RHO_MOYEN = rho, (défaut : -1.)

Courbure topologique de la ligne moyenne à l'intersection avec le segment d'extraction dans le plan XOY du modèle axisymétrique. La valeur -1 par défaut implique que le segment en cours de traitement est localement droit. Sinon, la courbure doit être strictement positive.

Cette opérande sera pris en compte si l'opérande AXIS = 'OUI' .

9.1.3 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 élastoplastique. Ces critères nécessitent le calcul des contraintes équivalentes de membrane *Pm*, de membrane locale *Pl*, de flexion *Pb* et de membrane plus flexion *Pm+Pb*.

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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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 Sm et 1,5*Sm, Sm étant la contrainte admissible fonction du matériau et de la température, donnée par le mot-clé SM du mot-clé RCCM dans DEFI_MATERIAU [U4.43.01].

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.

9.1.4 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 *Sn*.

Si l'utilisateur le demande (présence de l'opérande TABL_SIGM_THER) on effectue aussi le calcul de Sn*.

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 utilisé pour définir une même table de contraintes, le calcul se fait successivement pour chacun d'entre eux.

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

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.*

9.1.4.1 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.

9.1.4.2 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

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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).

9.1.5 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.

Remarques :

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.

*Pour les opérandes NUME_ORDRE , INST ou LIST_INS , une possible confusion est l'utilisation de la liste des instants des calculs thermo-mécaniques (MECA_STATIQUE, STAT_NON_LINE)) au lieu de la liste des instants correspondant **aux états extrêmes** attendus par l'opérateur POST_RCCM . Dans le premier cas, tous les instants de calculs sont alors considérés comme des extrema de contraintes et conduisent à des temps de calcul pouvant être importants.*

9.1.6 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).

9.2 Opérande TYPE_KE

```
◊  TYPE_KE     =     / 'KE_MECA',                [DEFAUT]
                     / 'KE_MIXTE'
```

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

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

• 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.

9.3 Mot clé TRANSITOIRE

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

9.3.1 Opérande INTITULE

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

9.3.2 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.

9.3.3 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 Sn* [§9.1.4.1].

9.3.4 Opérande TABL_SIGM_THETA

◊ TABL_SIGM_THETA = sigt

Cette opérande n'est à utiliser que dans le cas de l'option AMORCAGE [§9.1.6]. 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').

9.3.5 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 [§9.1.4.2].

9.3.6 Opérande NB_OCCUR

◊ NB_OCCUR = / nocc,
/ 1, [DEFAUT]

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

9.3.7 Opérandes TOUT_ORDRE / TOUT_INST / INST / LIST_INST / PRECISION / CRITERE

◊ TOUT_ORDRE, TOUT_INST, INST, LIST_INST

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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 (10^{-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.

9.3.7.1 Mise en garde sur la liste des instants d'analyse

Dans le post-traitement des calculs des contraintes pour vérifier les critères du RCC-M B3200, il faut distinguer deux listes de calculs.

Dans le calcul des contraintes, il est à la charge de l'utilisateur de fournir une première liste d'instants de calcul avec un découpage du pas de temps suffisamment fin pour s'assurer que toutes les valeurs extrémales de contraintes au cours du transitoire sont calculées.

Pour le post-traitement avec l'opérateur POST_RCCM, une seconde liste d'instants à fournir par l'utilisateur, via les opérandes TOUT_ORDRE, TOUT_INST, INST ou LIST_INST et distincte de la liste précédente des instants calculés, indique les **instants correspondant aux états extrêmes** attendus par l'opérateur POST_RCCM .

La confusion de ces deux listes est une erreur fréquente. En fournissant la même liste d'instants, tous les instants de calculs sont alors considérés comme des *extrema* de contraintes. Ce qui conduit à des temps de calcul pouvant être importants et des valeurs de facteurs d'usage excessifs.

9.4 Phase d'exécution

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 :

S i 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.

9.5 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 Sn*) 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,

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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].

10 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

6. T. METAIS : « C ahier des P rescriptions T echniques (CPT) pour la modification des calculs de fatigue de l'opérateur POST_RCCM de code_aster » Note EDF / SEPTEN / D305914013267

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)