
Macro commande MACR_ASPIC_CALC

1 But

Réaliser un calcul prédéfini de piquages sains ou fissurés, ainsi que les post-traitements associés. **Les longueurs du maillage produit par MACR_ASPIC_MAIL sont en millimètres**, il faut en tenir compte dans les unités des caractéristiques matériau et du chargement.

Les principales étapes de la macro commande sont :

- affectation des modèles mécanique et thermique par la commande `AFPE_MODELE`,
- affectation des matériaux par la commande `AFPE_MATERIAU`,
- affectation des caractéristiques des éléments discrets par la commande `AFPE_CARA_ELEM` (rigidités nulles),
- définition des conditions aux limites d'encastrement de type poutre avec le raccord 3D-poutre par la commande `AFPE_CHAR_MECA`,
- définition du chargement mécanique (pression, effet de fond, torseur d'effort, déformation d'origine thermique) par la commande `AFPE_CHAR_MECA`,
- définition du chargement thermique (température de fluide, coefficient d'échange) par la commande `AFPE_CHAR_THER_F`,
- réalisation du calcul thermique linéaire et du calcul mécanique linéaire ou non linéaire par les commandes `THER_LINEAIRE` et `STAT_NON_LINE`, puis calcul d'options par `CALC_CHAMP`,
- réalisation du post traitement par les commandes `POST_RELEVE_T`, ou `DEFI_FOND_FISS`, `CALC_THETA`, `CALC_G` et `POST_RCCM`,
- impression du post-traitement par les commandes `IMPR_RESU` et `IMPR_TABLE`.

2 Syntaxe

```
resu [evol_noli] = MACR_ASPIC_CALC      (

  ◆ TYPE_MAILLAGE =      / 'SAIN_FIN',           [TXM]
                        / 'SAIN_GROS',          [TXM]
                        / 'FISS_COUR_DEB',      [TXM]
                        / 'FISS_COUR_NONDEB',   [TXM]
                        / 'FISS_LONG_DEB',      [TXM]
                        / 'FISS_LONG_NONDEB',   [TXM]
                        / 'FISS_AXIS_DEB',      [TXM]
                        / 'FISS_AXIS_NONDEB',   [TXM]

  ◆ TUBULURE      = _F (
    ◆ TYPE      =      / 'TYPE_1',           [TXM]
                        / 'TYPE_2',
    ),

  ◆ MAILLAGE      = nom_maillage,           [maillage]

  ◇ MODELE        = CO ("modmec"),          [TXM]

  ◇ CHAM_MATER    = CO ("chmat"),           [TXM]

  ◇ CARA_ELEM     = CO ("carael"),          [TXM]

  ◇ FOND_FISS_1   = CO ("fonfiss1"),        [TXM]

  ◇ FOND_FISS_2   = CO ("fonfiss2"),        [TXM]

  ◇ RESU_THER     = CO ("resuth"),          [TXM]

  ◆ AFFE_MATERIAU = _F ( ◆ / TOUT      = 'OUI',
                        / GROUP_MA   = / 'TUBU',
                                                / 'CORP',
                                                / 'SOUD',
                                                / 'SOUDTUBU',
                                                / 'SOUDCORP',
                        ◆ MATER      = materiau,           [mater]
                        ◇ TEMP_REF   = / 0.,              [DEFAULT]
                                                / tref,          [R]
                        ◆ RCCM       = / 'OUI',           [TXM]
                                                / 'NON',

    ),

  ◆ EQUILIBRE     = _F ( ◆ NOEUD      = / 'P1_CORP',
                        / 'P2_CORP',

    ),

  ◆ PRES_REP      = _F ( ◆ PRES       = pres,             [R]
                        ◇ NOEUD      = / 'P1_CORP',
                                                / 'P2_CORP',
                        ◇ EFFE_FOND  = / 'OUI',           [DEFAULT]
                                                / 'NON',
                        ◇ PRES_LEVRE = / 'OUI',
                                                / 'NON',           [DEFAULT]
                        ◇ FONC_MULT  = fmult1,           / [fonction]
                                                / [formule]

    ),

  ◇ ECHANGE       = _F ( ◆ COEF_H_TUBU = htubu,           / [fonction]
                        / [formule]
```

```

        ♦ COEF_H_CORP = hcorp, / [fonction]
        / [formule]
        ♦ TEMP_EXT = chtex, / [fonction]
        / [formule]
    ),
    ♦ TORS_CORP = _F(
        ♦ NOEUD = / 'P1_CORP',
        / 'P2_CORP',
        ♦ | FX = fx, [R]
        | FY = fy, [R]
        | FZ = fz, [R]
        | MX = mx, [R]
        | MY = my, [R]
        | MZ = mz, [R]
        ♦ FONC_MULT = fmult2, / [fonction]
        / [formule]
    ),
    ♦ TORS_TUBU = _F(
        ♦ | FX = fx, [R]
        | FY = fy, [R]
        | FZ = fz, [R]
        | MX = mx, [R]
        | MY = my, [R]
        | MZ = mz, [R]
        ♦ FONC_MULT = fmult3, / [fonction]
        / [formule]
    ),
    ♦ COMPORTEMENT = _F(
        ♦ RELATION = / 'ELAS',
        / 'ELAS_VMIS_TRAC',
    ),
    ♦ THETA_3D = _F(
        ♦ R_INF = r_inf, [R]
        ♦ R_SUP = r_sup, [R]
    ),
    ♦ OPTION = / 'CALC_G_MAX',
    / 'CALC_G_MAX_LOCAL',
# Si OPTION = CALC_G_MAX ou CALC_G_MAX_LOCAL
    ♦ BORNES = _F(
        ♦ NUME_ORDRE = num, [I]
        ♦ VALE_MIN = qmin, [R]
        ♦ VALE_MAX = qmax, [R]
    ),
# Finsi
    ♦ SOLVEUR = (voir le document [U4.50.01])
    ♦ CONVERGENCE = (voir le document [U4.51.03])
    ♦ NEWTON = (voir le document [U4.51.03])
    ♦ RECH_LINEAIRE= (voir le document [U4.51.03])
    ♦ INCREMENT = (voir le document [U4.51.03])
    ♦ ENERGIE = _F()
    ♦ PAS_AZIMUT = / 1, [DEFAULT]
    / pas, [I]
```

```

    ◇ IMPRESSION = _F( ◇ / FORMAT = / 'RESULTAT', [DEFAULT]
                        / 'ASTER', [TXM]
                        / 'CASTEM', [TXM]
                        / 'IDEAS', [TXM]

# Si FORMAT = 'IDEAS' ou 'CASTEM'
    ◇ NOM_CHAM = | 'DEPL', [TXM]
                | 'SIEQ_ELNO',
                | 'TEMP',
    ◇ TOUT_ORDRE = 'OUI' , [TXM]
    ◇ NUME_ORDRE = lordre , [l_I]
    ◇ INST = linst , [l_R]
# Finsi

# Si FORMAT = 'CASTEM'
    ◇ NIVE_GIBI = / 3,
                / 10 , [DEFAULT]

# Si FORMAT = 'IDEAS'
    ◇ VERSION = / 4,
                / 5, [DEFAULT]
                ),
    ◇ TITRE = nom_titre [l_Kn]
    ◇ INFO = / 1, [DEFAULT]
            / 2, [I]
            )
```

3 Opérandes

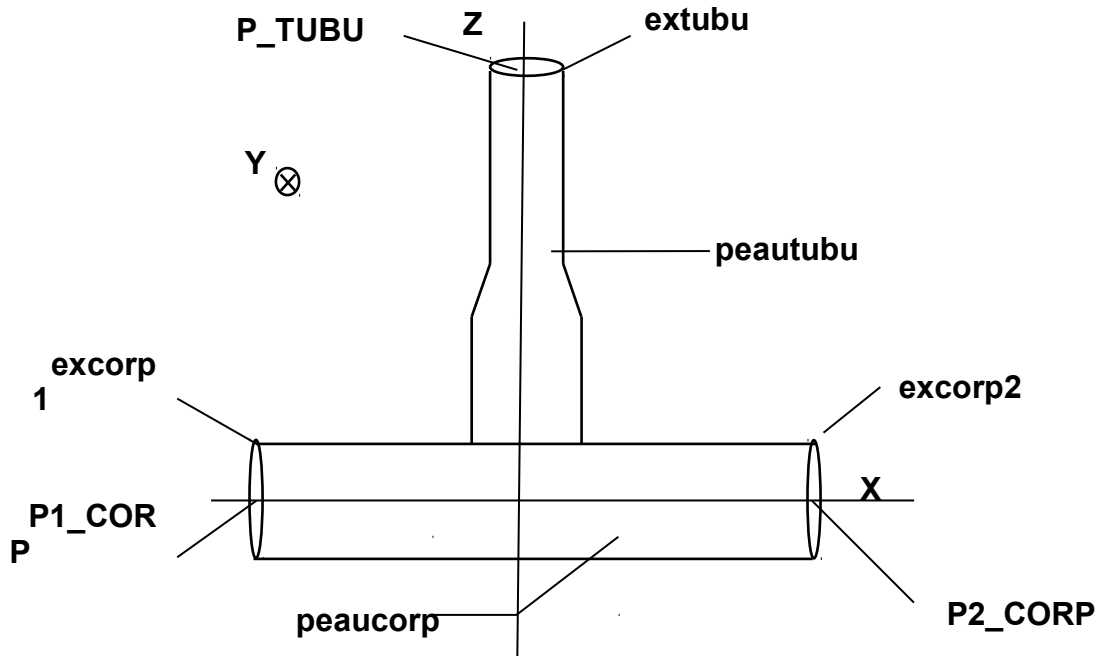


Figure 3-a : Maillage obtenu

On note :

- peautubu : la peau interne de la tubulure,
- peaucorp : la peau interne du corps,
- excorp1 : la section extrême du corps, située à la cote $X = -X_{max}$,
- excorp2 : la section extrême du corps, située à la cote $X = +X_{max}$,
- P1_CORP : le noeud situé au centre de excorp1,
- P2_CORP : le noeud situé au centre de excorp2,
- extubu : la section extrême de la tubulure, située à la cote $Z = Z_{max}$,
- P_TUBU : le noeud situé au centre de extubu.

Remarque 3-1 :

Les groupes de mailles *TUBU*, *CORP* et *SOUD* ne sont présents que dans le cas du piquage sain. Ils sont remplacés par *TUBU* et *SOUDCORP* ou bien par *SOUDTUBU* et *CORP*, suivant le type de soudure (1 ou 2) et la position de la fissure (droite ou inclinée) (voir [§3.11.1]).

3.1 Mot clé TYPE_MAILLAGE

◆ TYPE_MAILLAGE =

/ 'SAIN_GROS'	le calcul est effectué sur un piquage sain construit avec l'option RAFF_MAIL = 'GROS' dans MACR_ASPIC_MAIL.
/ 'SAIN_FIN'	le calcul est effectué sur un piquage sain construit avec l'option RAFF_MAIL = 'FIN' dans MACR_ASPIC_MAIL.
/ 'FISS_COUR_DEB'	le calcul est effectué sur un piquage fissuré (mécanique de la rupture) avec une fissure courte débouchante.
/ 'FISS_COUR_NONDEB'	le calcul est effectué sur un piquage fissuré (mécanique de la rupture) avec une fissure courte non débouchante.
/ 'FISS_LONG_DEB'	le calcul est effectué sur un piquage fissuré (mécanique de la rupture) avec une fissure longue débouchante.
/ 'FISS_LONG_NONDEB'	le calcul est effectué sur un piquage fissuré (mécanique de la rupture) avec une fissure longue non débouchante.
/ 'FISS_AXIS_DEB'	le calcul est effectué sur un piquage fissuré (mécanique de la rupture) avec une fissure axisymétrique débouchante.
/ 'FISS_AXIS_NONDEB'	le calcul est effectué sur un piquage fissuré (mécanique de la rupture) avec une fissure axisymétrique non débouchante.

Cette information déjà donnée par l'utilisateur dans la macro-commande de maillage MACR_ASPIC_MAIL doit être répétée ici pour déterminer le type de calcul et de post-traitement à faire.

Le tableau ci-dessous récapitule la configuration du fond de fissure, et le traitement effectué pour chaque position de fissure dans l'équerre, dans le cas d'un piquage avec fissure.

On se reportera à la notice d'utilisation des opérateurs de mécanique de la rupture [U2.05.01] ou aux différents documents de référence [R7.02.01 ; R7.02.03 ; R7.02.04 ; R7.02.05 ; R7.02.07] pour plus de détail sur le calcul du G-local.

Fissures débouchantes ou non	Type fissure	Configuration fond de fissure	Calcul du G_Local
Fissures débouchantes	courtes	un fond de fissure non fermé	Legendre-Legendre
	longues	un fond de fissure non fermé	Legendre-Legendre
	axisymétriques	un fond de fissure fermé	Lagrange-Lagrange
Fissures non débouchantes	courtes	un fond de fissure fermé	Lagrange-Lagrange
	longues	deux fonds de fissure non fermés	Legendre-Legendre
	axisymétriques	deux fonds de fissure fermés	Lagrange-Lagrange

Tableau 3.1-1 : Les différentes configurations du fond de fissure

Remarque 3-2 :

Dès qu'une fissure est définie dans le modèle, une vérification de l'interpénétration des lèvres est réalisée pour tous les pas de temps. Si une interpénétration est détectée, un message d'alarme

est émis pour le signaler. On rappelle que le contact n'est pas pris en compte dans le calcul. Le taux de restitution de l'énergie G est donc positif y compris là où la fissure tend à se refermer, ce qui peut conduire à des résultats trop pénalisants.

Remarque 3-3 :

Dans le cas de fissures non débouchantes longues, on maille deux fonds de fissure car le raccord à chaque extrémité n'est pas maillé.

Pour les piquages sains, on calcule en post-traitement les contraintes suivant les modes d'ouverture SI, SII et SIII :

	SI	SII	SIII
soudure type 1 interface droite (repère cylindrique)	siXX	siXY	siXZ
soudure type 1 interface inclinée (repère local)	siYY	siXY	-siYZ
soudure type 2 interface droite (repère local)	siYY	siXY	-siYZ
soudure type 2 interface inclinée (repère local)	siYY	siXY	-siYZ

Tableau 3.1-2 : Contraintes suivant les modes d'ouverture**Remarque 3-4:**

Le signe - obtenu sur SIII dans le repère local s'explique par la différence entre le repère local choisi par le SEPTEN et celui du Code_Aster.

3.2 Mot clé facteur TUBULURE

◆ TUBULURE = / 'TYPE_1', [DEFAULT]
/ 'TYPE_2', [TXM]

Rappelle le type de soudure défini dans MACR_ASPIC_MAIL pour définir les repères de dépouillement des post-traitements.

3.3 Mot clé MAILLAGE

◆ MAILLAGE = maillage

On précise ici le maillage utilisé. Ce maillage est issu de MACR_ASPIC_MAIL.

3.4 Mot clé MODELE

◇ MODELE = CO ("modmec")

Ce mot clé permet de nommer éventuellement le modèle mécanique afin de le réutiliser, par exemple pour faire un autre calcul (n'utilisant pas MACR_ASPIC_CALC) ou du post-traitement.

3.5 Mot clé CHAM_MATER

◇ CHAM_MATER = CO ("chmat")

Ce mot clé permet de nommer éventuellement le champ matériau correspondant au modèle mécanique afin de le réutiliser, par exemple pour faire un autre calcul (n'utilisant pas MACR_ASPIC_CALC) ou du post-traitement.

S'il s'agit d'un calcul thermomécanique, le champ de température calculé est associé au champ matériau (variable de commande, cf. [U4.43.03]). La dilatation thermique due au champ de température est donc prise en compte si on réutilise dans un autre calcul ce champ matériau.

3.6 Mot clé CARA_ELEM

◇ CARA_ELEM = CO ("caraelem")

Ce mot clé permet de nommer éventuellement le concept de type `cara_elem` (commande `AFFE_CARA_ELEM`) afin de le réutiliser, par exemple pour faire un autre calcul (n'utilisant pas `MACR_ASPIC_CALC`).

3.7 Mot clé FOND_FISS_1

◇ FOND_FISS1 = CO ("fonfiss1")

Ce mot clé permet de nommer éventuellement le concept `fond_fiss` (commande `DEFI_FOND_FISS`) afin de le réutiliser, par exemple pour faire un autre calcul (n'utilisant pas `MACR_ASPIC_CALC`) ou du post-traitement.

3.8 Mot clé FOND_FISS_2

◇ FOND_FISS2 = CO ("fonfiss2")

Ce mot clé permet de nommer éventuellement le concept `fond_fiss` (commande `DEFI_FOND_FISS`) afin de le réutiliser, par exemple pour faire un autre calcul (n'utilisant pas `MACR_ASPIC_CALC`) ou du post-traitement. On l'utilise dans le cas où la fissure comporte deux fonds de fissure, (voir [§3.1]).

3.9 Mot clé RESU_THER

◇ RESU_THER = CO ("resuth")

Ce mot-clé permet de nommer éventuellement le résultat du calcul thermique, par exemple pour faire un autre calcul (n'utilisant pas `MACR_ASPIC_CALC`) ou du post-traitement.

3.10 Mot clé facteur AFFE_MATERIAU

◆ AFFE_MATERIAU = F(

Mot clé facteur permettant d'affecter différents matériaux sur des parties du maillage.

3.10.1 Opérandes TOUT, GROUP_MA

```
♦ / TOUT = 'OUI' ,  
  / GROUP_MA = / 'TUBU' ,  
                / 'CORP' ,  
                / 'SOUD' ,  
                / 'SOUDTUBU' ,  
                / 'SOUDCORP' ,
```

Ces mots clés permettent d'affecter le matériau sur toutes les mailles du maillage (TOUT), ou sur une partie du maillage (GROUP_MA).

Pour les piquages 'sains', on peut affecter :

'TUBU'	:	la tubulure,
'CORP'	:	le corps,
'SOUD'	:	la soudure.

Pour les piquages à fissure droite si la soudure est de type 1 ou à fissure inclinée si la soudure est de type 2, on peut affecter :

'TUBU'	:	la tubulure,
'SOUDCORP'	:	l'ensemble soudure-corps.

Pour les piquages à fissure inclinée si la soudure est de type 1 ou à fissure droite si la soudure est de type 2, on peut affecter :

'CORP'	:	le corps,
'SOUDTUBU'	:	l'ensemble soudure-tubulure.

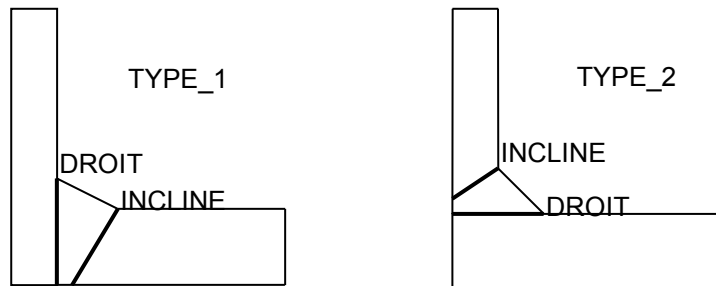


Figure 3.11.1-a : Définition de la position d'une fissure suivant le type de la soudure

3.10.2 Opérande MATER

♦ MATER
Nom du matériau que l'on veut affecter.

3.10.3 Opérande RCCM

```
♦ RCCM = / 'OUI' ,  
         / 'NON' ,
```

Sert à préciser si l'on veut faire un post-traitement du type POST_RCCM. **Attention** si les caractéristiques matériau nécessaires à POST_RCCM ne sont pas définies dans une commande DEFINI_MATERIAU précédent MACR_ASPIC_CALC (mots clés facteur RCCM ou RCCM_FO,) le calcul s'arrêtera en **ERREUR FATALE** au moment d'exécuter POST_RCCM.

3.10.4 Opérande TEMP_REF

◇ TEMP_REF

Température de référence pour laquelle il n'y a pas de déformation thermique (cf. commande AFFE_MATERIAU).

3.11 Mot clé facteur EQUILIBRE

◆ EQUILIBRE

On définit un encastrement de type poutre à l'une des deux extrémités (P1_CORP ou P2_CORP). Les 6 degrés de liberté du point discret sont donc bloqués.

Remarque :

Il existe un raccord 3D-poutre entre les nœuds discrets P1_CORP, P2_CORP et P_TUBU et respectivement excorp1, excorp2 et extubu qui sont les sections extrémités du corps et de la tubulure.

3.11.1 Opérande NOEUD

◆ NOEUD = / 'P1_CORP',
/ 'P2_CORP',

Nœud d'application de l'encastrement.

3.12 Mot clé facteur PRES_REP

3.12.1 Opérandes PRES

◆ PRES = pres

On indique ici la valeur de la pression qui s'applique sur la peau interne.

3.12.2 Opérandes NOEUD / EFFE_FOND

◇ NOEUD= / 'P1_CORP',
/ 'P2_CORP',

Détermine la face d'application de l'effet de fond sur le corps.

Un opérande est obligatoire en cas de prise en compte de l'effet de fond.

Remarque :

Si l'équilibre est appliqué sur le nœud P1_CORP alors l'effet de fond sera appliqué sur la face associée à P2_CORP, et réciproquement. La macro-commande vérifie que la position choisie pour l'équilibre est différente de la position de l'effet de fond sur le corps.

◇ EFFE_FOND = / 'OUI', [DEFAULT]
/ 'NON',

Indicateur de prise en compte de l'effet de fond.

L'effet de fond est appliqué à la face associée au nœud `P_TUBU` et à l'une des deux faces extrémités du corps (associée au nœud `P1_CORP` ou `P2_CORP`). Il est calculé de façon automatique en fonction de la pression exercée sur la paroi interne, suivant la formule ci-dessous et appliqué avec `PRES_REP`.

$$T_{fond} = pres * \frac{R_i^2}{R_e^2 - R_i^2}$$

Remarque :

|Pour la tubulure, on prendra les rayons correspondant à la partie située au dessus du chanfrein.

3.12.3 Opérande `PRES_LEVRE`

◇ `PRES_LEVRE`

Permet d'activer ou non l'application de la pression, évoquée au [§3.13.1] de ce document, sur les lèvres de la fissure lorsque celle-ci débouche en peau interne. Par défaut `PRES_LEVRE` vaut 'NON'.

Attention à n'utiliser `PRES_LEVRE = 'OUI'` que pour les fissures qui débouchent en peau interne.

3.12.4 Opérande `FONC_MULT`

◇ `FONC_MULT = fmult1`

Fonction du temps multiplicatrice du chargement de pression. Par défaut : `fmult1 = 1`.

3.13 Mot clé facteur `ECHANGE`

◇ `ECHANGE = F(`

Ce mot-clé facteur permet d'appliquer des conditions d'échange sur la peau interne du piquage (cf. commande `AFPE_CHAR_THER_F`) et de réaliser un calcul thermique linéaire (avec `THER_LINEAIRE`) préalable au calcul mécanique. Pour la thermique, on utilise le solveur par défaut, la valeur du `parm_theta` par défaut et la température initiale `temp_init` est calculé à partir d'un calcul stationnaire et vaut la température du fluide à l'instant initial (`TEMP_EXT`).

3.13.1 Opérandes `COEF_H_TUBU` et `COEF_H_CORP`

◆ `COEF_H_TUBU = htubu,`
◆ `COEF_H_CORP = hcorp,`

Valeur du coefficient d'échange sur la peau interne de la tubulure (`PEAUTUBU`) et du corps (`PEAUCORP`), donnée sous forme de fonction.

3.13.2 Opérande `TEMP_EXT`

◆ `TEMP_EXT = chtex`

Valeur de la température du fluide à l'intérieur du piquage, donnée sous forme de fonction.

3.14 Mot clé facteur TORS_CORP

◇ TORS_CORP

Ce mot clé sert à prendre en compte le torseur d'efforts sur le corps.

3.14.1 Opérande NOEUD

◆ NOEUD = / 'P1_CORP',
/ 'P2_CORP',

On indique ici la position du torseur. Si l'équilibre est donné pour P1_CORP (mot clé EQUILIBRE) alors le torseur sera appliqué sur P2_CORP. La macro-commande vérifie que la position choisie pour l'équilibre est différente de la position du torseur d'effort sur le corps.

3.14.2 Opérandes FX, FY, FZ, MX, MY, MZ

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

On renseigne ici le torseur d'efforts. Les composantes doivent être fournies dans le repère du maillage. Au moins une des composantes doit être renseignée.

3.14.3 Opérande FONC_MULT

◇ FONC_MULT = fmult2

Fonction du temps multiplicatrice du chargement TORS_CORP. Par défaut : fmult2 = 1.

3.15 Mot clé facteur TORS_TUBU

◇ TORS_TUBU

Ce mot clé sert à prendre en compte le torseur d'effort sur la tubulure. Il est appliqué à l'extrémité de la tubulure sur le nœud P_TUBU.

3.15.1 Opérandes FX, FY, FZ, MX, MY, MZ

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

On renseigne ici le torseur d'efforts. Les composantes doivent être fournies dans le repère du maillage. Au moins une des composantes doit être renseignée.

3.15.2 Opérande FONC_MULT

◇ FONC_MULT = fmult3

Fonction du temps multiplicatrice du chargement TORS_TUBU. Par défaut : fmult3 = 1.

3.16 Mot clé facteur COMPORTEMENT

◆ RELATION =

Type de relation de comportement élastique utilisé pour réaliser le calcul mécanique avec STAT_NON_LINE :

/ 'ELAS' Comportement élastique linéaire.
/ 'ELAS_VMIS_TRAC' Comportement élastique non linéaire de Von Mises à écrouissage isotrope non linéaire.

3.17 Opérande THETA_3D

◇ THETA_3D

Pour le post-traitement en mécanique de la rupture, ce mot clé définit les rayons des couronnes entourant le fond de fissure et utilisés dans la méthode thêta. Ce mot-clé est répétable autant de fois que l'on veut. Le choix de plusieurs couples de rayons permet de vérifier la stabilité de la méthode.

Le contact n'est pas pris en compte dans le calcul, mais un message d'alarme est émis si les deux lèvres de la fissure s'interpénètrent. Dans ce cas, le taux de restitution de l'énergie G restera positif y compris là où la fissure tend à se refermer, ce qui peut conduire à des résultats trop pénalisants.

3.17.1 Opérandes R_INF / R_SUP

◇ R_INF= r_inf [R8]
◇ R_SUP= r_sup [R8]

r_inf et r_sup sont respectivement les rayons inférieurs et supérieurs des couronnes définissant le champ thêta, cf. [U4.82.03].

3.18 Opérande OPTION

◇ OPTION = / 'CALC_G_MAX' ,
/ 'CALC_G_MAX_LOCAL' ,

Cette option concerne uniquement la maximisation de G (global ou local) sous des contraintes bornes [R7.02.01]. Il faut alors aussi fournir la valeur des contraintes bornes derrière le mot clé facteur BORNES. Attention, cette option ne permet pas de distinguer les chargements conduisant à une ouverture ou à une fermeture de la fissure.

Les champs thêta et G(s) sont définis avec un lissage de type Lagrange (cf. [U4.82.03]).

3.19 Mot-clé facteur BORNES

◇ BORNES = F (
 ◆ NUME_ORDRE = num , [I]
 ◆ VALE_MIN = qmin , [R]
 ◆ VALE_MAX = qmax , [R]
)

Ce mot clé facteur est obligatoire si on utilise l'option 'CALC_G_MAX' ou l'option 'CALC_G_MAX_LOCAL'. La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.82.03], avec en particulier un exemple de maximisation de G en présence de contraintes signées et non signées.

3.20 Opérande SOLVEUR

On définit le solveur retenu pour le calcul mécanique. La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.50.01]. Il n'est utilisé que pour le calcul mécanique.

3.21 Opérande CONVERGENCE

Précise les critères de convergence du calcul mécanique. La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.51.03]. Il n'est utilisé que pour le calcul mécanique.

3.22 Opérande NEWTON

Précise les caractéristiques de la méthode de résolution du problème mécanique incrémental non linéaire. La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.51.03]. Il n'est utilisé que pour le calcul mécanique.

3.23 Opérande RECH_LINEAIRE

Précise le mode de recherche linéaire du solveur. La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.51.03]. Il n'est utilisé que pour le calcul mécanique.

3.24 Opérande INCREMENT

Définit les intervalles de temps pris dans la méthode incrémentale lors d'un calcul thermique linéaire ou mécanique non linéaire. Les pas de temps utilisés pour les calculs thermique et mécanique sont identiques. La syntaxe de ce mot clé est décrite dans le document [U4.51.03].

3.25 Mot clé ENERGIE

Ce mot-clé permet d'activer le calcul du bilan d'énergie et son affichage au cours du calcul mécanique (voir le document [R4.09.01]). Ce bilan est stocké dans la table de nom PARA_CALC d'où il peut être extrait à l'aide de la commande RECU_TABLE [U4.71.02].

3.26 Mot-clé PAS_AZIMUT

```
◇ PAS_AZIMUT = / 1 , [DEFAULT]
              / pas , [I]
```

Ce mot clé permet de limiter les dépouillements dans le cas des piquages sains.

Dans le cas du raffinement de maillage grossier/fin : on dépouille par défaut sur 40 azimuts/48 azimuts aux 2 interfaces droite et inclinée.

3.27 Opérande IMPRESSION

```
◇ IMPRESSION =_F ( ◇ / FORMAT = / 'RESULTAT' , [DEFAULT]
                   / 'ASTER' , [TXM]
                   / 'CASTEM' , [TXM]
                   / 'IDEAS' , [TXM]

# Si FORMAT = 'IDEAS' ou 'CASTEM'
  ◇ NOM_CHAM = | 'DEPL' , [TXM]
               | 'SIEQ_ELNO' ,
               | 'TEMP' ,
  ◇ TOUT_ORDRE = 'OUI' , [TXM]
  ◇ NUME_ORDRE = lordre , [l_I]
  ◇ INST = linst , [l_R]

# Finsi

# Si FORMAT = 'CASTEM'
  ◇ NIVE_GIBI = / 3,
                / 10, [DEFAULT]

# Si FORMAT = 'IDEAS'
  ◇ VERSION = / 4,
               / 5, [DEFAULT]
)
```

Permet de définir un format pour l'impression des résultats, 'RESULTAT', 'ASTER', 'CASTEM' ou 'IDEAS', (voir la documentation utilisateur de la commande IMPR_RESU).

Remarques :

| Dans les cas d'un maillage fissuré ou sain, les post-traitements suivants sont effectués :

1/ Maillage fissuré

- Impression dans le fichier RESULTAT du champ de température en fond de fissure pour chaque pas de temps calculé, (s'il a été calculé et s'il n'y a qu'un fond de fissure, cf. [§ 3.1]) ;
- Impression dans le fichier RESULTAT du tableau du taux de restitution d'énergie global en fond de fissure (option CALC_G_GLOB de CALC_G) et, si demandé, du taux de restitution d'énergie maximal sous contraintes bornes ;
- Impression, à la demande de l'utilisateur, au format CASTEM ou IDEAS du maillage et des champs suivants :

```
'DEPL'  
'SIEQ_ELNO'  
'TEMP'
```

2/ Maillage sain

- Impression dans le fichier RESULTAT des champs de contraintes principales SI, SII, SIII (SIEQ_ELNO) pour tous les pas de temps et toutes les lignes de dépouillement demandées par l'utilisateur ;
- Impression dans le fichier RESULTAT du champ de température (s'il a été calculé) pour tous les pas de temps et toutes les lignes de dépouillement demandées par l'utilisateur ;
- Impression dans le fichier RESULTAT des champs de contrainte Pm et Pm+Pb (POST_RCCM) pour toutes les lignes de dépouillement demandées par l'utilisateur ;
- Impression dans le fichier RESULTAT des paramètres caractérisant la distribution de température (si elle a été calculée) dans l'épaisseur du ligament pour tous les pas de temps et toutes les lignes de dépouillement demandées par l'utilisateur (POST_RELEVE_T, OPERATION = 'MOYENNE').

3.28 Opérande TITRE

Titre de la structure de données résultat [U4.03.01].

3.29 Opérande INFO

◇ INFO =

Indique le niveau d'impression des résultats de l'opérateur :

- 1 : aucune impression,
- 2 : impression d'informations relatives au maillage.

Pour avoir le détail des opérateurs appelés par la macro-commande dans le fichier message, il faut spécifier IMPR_MACRO='OUI' dans la commande DEBUT.

4 Exemples

En plus de l'exemple de calcul thermomécanique élastique décrit ici, on pourra consulter les fichiers de commandes (fichier.comm) des cas tests. Ces derniers se trouvent dans le répertoire /aster/STA9/astest et portent les noms `aspic*`.

```
RESU=MACR_ASPIC_CALC (TYPE_MALLAGE='FISS_AXIS_DEB',
    TUBULURE=_F (TYPE='TYPE_1',),
    MAILLAGE=MA,
    MODELE=CO ("MOMEC"),
    CHAM_MATER=CO ("CHMAT"),
    CARA_ELEM=CO ("CARAEL"),
    FOND_FISS_1=CO ("FD_FISS"),
    CHARGE=CO ("CHMETH"),
    RESU_THER=CO ("RESUTH"),
    AFFE_MATERIAU=_F (TOUT='OUI',
        MATER=TU42C,
        RCCM='NON',
        TEMP_REF=220.0,),
    EQUILIBRE=_F (NOEUD='P1_CORP',),
    PRES_REP=_F (PRES=7.45,
        NOEUD='P2_CORP',
        EFFE_FOND='OUI',),
    ECHANGE=_F (COEF_H_TUBU=COEFHTUB,
        COEF_H_CORP=COEFHCOR,
        TEMP_EXT=VARTEMP,),
    TORS_CORP=_F (NOEUD='P2_CORP',
        FX=-1789.0,
        FY=120.0,
        FZ=480.0,
        MX=-7.3E5,
        MY=7.01E5,
        MZ=3.25E5,
        FONC_MULT=VARP,),
    TORS_TUBU=_F (FX=3.5450E4,
        FY=5984.0,
        FZ=-9496.0,
        MX=8.985E6,
        MY=-2.3797E7,
        MZ=-1.699E7,
        FONC_MULT=VARP,),
    COMPORTEMENT=_F (RELATION='ELAS',),
    THETA_3D= (_F (R_INF=0.2,
        R_SUP=1.0,),
        _F (R_INF=0.5,
        R_SUP=1.5,)),),
    NEWTON=_F (REAC_INCR=50,
        MATRICE='ELASTIQUE',
        REAC_ITER=10,),
    INCREMENT=_F (LIST_INST=LIST,),
    IMPRESSION=_F (FORMAT = 'CASTEM',
        NOM_CHAM = ('DEPL', 'SIEQ_ELNO',
        'TEMP'),
        INST = (1.0, 20.0)),)
```