
Macro-commande MACR_ASCOUF_CALC

1 But

Réaliser l'analyse thermomécanique du coude dont le maillage a été conçu avec la macro commande MACR_ASCOUF_MAIL. **Les longueurs du maillage produit par MACR_ASCOUF_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 du modèle par la commande AFFE_MODELE,
- affectation des matériaux par la commande AFFE_MATERIAU,
- affectation des caractéristiques des éléments discrets par la commande AFFE_CARA_ELEM,
- définition des conditions aux limites d'encastrement de type poutre avec le raccord 3D_POUTRE par la commande AFFE_CHAR_MECA,
- définition du chargement mécanique (pression, effet de fond, torseur d'effort) par la commande AFFE_CHAR_MECA,
- définition du chargement thermique (température de fluide, coefficient d'échange) par la commande AFFE_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,
- réalisation du post traitement par les commandes CALC_THETA, CALC_G, POST_RELEVÉ_T ou POST_RCCM
- impression du post-traitement par les commandes IMPR_RESU, IMPR_TABLE.

2 Syntaxe

```

resu [evol_noli] = MACR_ASCOUF_CALC
(
  ◆ TYPE_MAILLAGE=          / 'SAIN' ,           [TXM]
                        / 'FISS_COUDE',
                        / 'FISS_AXIS_DEB',
                        / 'SOUS_EPAIS_COUDE',

  ◇ CL_BOL_P2_GV =_F(
      ◆ ANGLE =  $\alpha$  ,           [R]
      ◇ AZIMUT = / phi ,           [R]
                        / 90. ,           [DEFAULT]
    ),

  ◆ MAILLAGE = ma ,           [maillage]

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

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

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

  ◇ FOND_FISS = CO ("fonfiss") ,           [TXM]

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

  ◆ AFFE_MATERIAU=_F(
      ◆ / TOUT = 'OUI',
        / GROUP_MA = / 'COUDE' ,           [TXM]
          / 'BOL' ,

      ◆ MATER = mat ,           [mater]
      ◇ TEMP_REF = / 0. ,           [DEFAULT]
        / tref ,           [R]
    ),

  ◇ PRES_REP =_F(
      ◆ PRES = pres ,           [R]
      ◇ EFFE_FOND_P1 = / 'OUI',           [DEFAULT]
        / 'NON',
      ◇ PRES_LEVRE = / 'OUI',
        / 'NON',           [DEFAULT]
      ◇ FONC_MULT = fmult , / [fonction]
        / [formule]
    ),

  ◇ ECHANGE =_F(
      ◇ COEF_H = h , / [fonction]
        / [formule]
      ◇ TEMP_EXT = chtex , / [fonction]
        / [formule]
    ),

  ◇ TORS_P1 =_F(
      ◆ | FX = fx ,           [R]
        | FY = fy ,           [R]
        | FZ = fz ,           [R]
        | MX = mx ,           [R]
        | MY = my ,           [R]
        | MZ = mz ,           [R]
      ◇ FONC_MULT = fmult , / [fonction]
        / [formule]
    )

  | COMP_ELAS =_F(
      ◆ RELATION = / 'ELAS',
        / 'ELAS_VMIS_TRAC',
    ),
)

```

```

◇ SOLVEUR      = (voir le document [U4.50.01])
◇ NEWTON       = (voir le document [U4.51.03])
◇ CONVERGENCE = (voir le document [U4.51.03])
◇ RECH_LINEAIRE = (voir le document [U4.51.03])
◆ INCREMENT   = (voir le document [U4.51.03])
◇ THETA_3D    = _F( ◆ R_INF = r, [R]
                   ◆ R_SUP = R, [R]
                   ),
◇ IMPRESSION  = _F( ◇ FORMAT      = / 'RESULTAT', [DEFAULT]
                   / 'ASTER' ,
                   / 'CASTEM' ,
                   ◇ NIVE_GIBI   = / 3,
                   / 10, [DEFAULT]
                   ◇ FORMAT      = 'IDEAS',
                   ◇ VERSION     = / 4 ,
                   / 5 , [DEFAULT]
                   ),
◇ IMPR_TABLE  = _F( ◆ / TOUT_PARA = 'OUI',
                   / NOM_PARA  = | 'TRESCA_MEMBRANE',
                                   | 'TRESCA_MFLE',
                                   | 'TRESCA',
                                   | 'SI_LONG',
                                   | 'SI_RADI',
                                   | 'SI_CIRC',

                   # Si TOUT_PARA = 'OUI' ou si NOM_PARA contient
                   # 'SI_LONG' ou/et 'SI_RADI' ou/et 'SI_CIRC'
                   ◆ ANGLE       =  $\alpha$  , [R]
                   ◆ / POSI_ANGUL = beta, [R]
                   / POSI_CURV_LONGI = sl, [R]
                   ◆ R_CINTR     = Rc, [R]
                   # Finsi

                   ◇ TRANSFORMEE = / 'TUBE' , [TXM]
                   / 'COUDE', [DEFAULT]
                   )
◇ TITRE       = tx , [Kn]
◇ INFO        = / 1 , [DEFAULT]
               / 2 , [I]
)

```

3 Opérandes

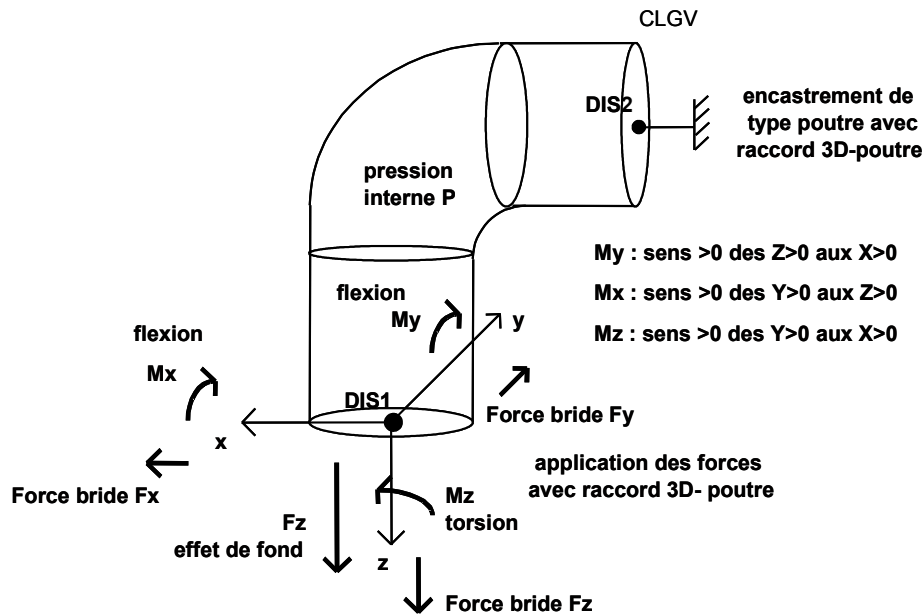


Figure 3-a : Chargement et conditions aux limites applicables sur le coude

3.1 Mot clé TYPE_MALLAGE

Permet de rappeler quel est le type de maillage produit par MACR_ASCOUF_MAIL :

- ◆ TYPE_MALLAGE =
 - / 'SAIN' : le calcul est effectué sur un tube ou coude sain.
 - / 'FISS_COUDE' : le calcul est effectué sur un tube ou coude comportant une fissure (mécanique de la rupture).
 - / 'SOUS_EPAIS_COUDE' : le calcul est effectué sur un tube ou coude avec une ou plusieurs sous-épaisseurs.
 - / 'FISS_AXIS_DEB' : le calcul est effectué sur un tube ou coude comportant une fissure axisymétrique débouchante.

Pour faire des calculs sur un fond de fissure fermé, il faut donc indiquer 'FISS_AXIS_DEB' comme type de maillage.

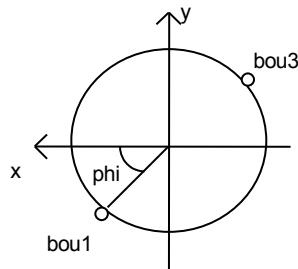
Remarque :

Si une fissure est définie dans le modèle (FISS_COUDE ou FISS_AXIS_DEB), 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.

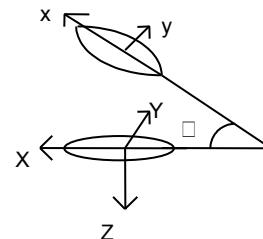
3.2 Mot clé CL_BOL_P2_GV

Ce mot-clé ne doit être utilisé que lorsque le coude réalisé avec la macro-commande de maillage MACR_ASCOUF_MAIL possède un bol raccordé à l'embout P2 de section conique, cf. [U4.CF.10 §4.3.6]. Ceci se traduit par l'utilisation du mot-clé BOL_P2 avec la valeur 'GV' dans la macro de maillage. Il s'avère en effet que l'utilisation d'un raccord 3D-poutre employé comme condition aux limites pour l'embout P2 n'est alors pas licite dans le cas d'une section conique comme le bol de type tubulure de GV.

On modélise alors un encastrement de type poutre de la section à l'extrémité de l'embout P2. La section nommée CLGV et le nœud BOU1 défini sur cette section vont servir à bloquer les six mouvements de corps rigide. Il faut néanmoins tenir compte de la rotation effectuée pour positionner azimuthalement (angle phi) la fissure ainsi que de l'angle de la section avec le repère utilisateur (angle α du coude) :



plan de la section CLGV



angle repère coude et section CLGV

3.2.1 Opérande ANGLE

◆ ANGLE = α

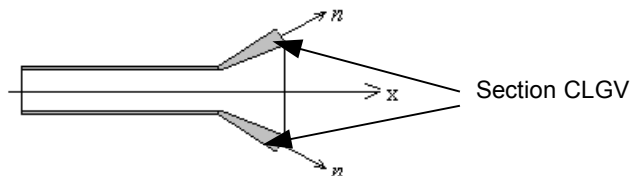
Angle entre les repères du coude et de la section CLGV, voir le document [U4.CF.10 §5.3]. Cet angle correspond à l'angle du coude, cf. [U4.CF.10 §4.3.1].

3.2.2 Opérande AZIMUT

◇ AZIMUT = / phi,
 / 90., [DEFAULT]

Angle phi indiquant l'azimut du centre de la fissure et la position du nœud BOU1. L'encastrement est alors représenté par deux conditions :

- La condition $\vec{u} \cdot \vec{n} = 0$ sur la section CLGV bloque déjà les trois translations et deux des rotations (la normale \vec{n} à la section n'est pas constante) ;



Coupe de l'embout P2 et du bol de type GV

- Blocage du déplacement tangent DTAN à la section (rotation) pour le nœud BOU1, ceci permet de bloquer la rotation autour de l'axe de symétrie du bol :

$$DTAN = \sin(\theta) \cos(\varphi) DX + \cos(\varphi) DY - \sin(\theta) \sin(\varphi) DZ = 0.$$

3.3 Opérande MAILLAGE

◆ MAILLAGE = ma

On précise ici le maillage utilisé. Ce maillage est issu de la macro-commande MACR_ASCOUF_MAIL.

3.4 Opérande MODELE

◆ MODELE = CO ("modmec")

Mot-clé utilisé pour nommer le modèle mécanique pour une utilisation ultérieure en dehors de la macro-commande.

3.5 Opérande CHAM_MATER

Mot-clé utilisé pour nommer la structure de données de type `cham_mater` produite par la commande `AFFE_MATERIAU`, pour une utilisation ultérieure en dehors de la macro-commande.

3.6 Opérande CARA_ELEM

Mot-clé utilisé pour nommer la structure de type `cara_elem` produite par la commande `AFFE_CARA_ELEM`, pour une utilisation ultérieure en dehors de la macro-commande.

3.7 Opérande FOND_FISS

Mot-clé utilisé pour nommer le concept de type `fond_fiss` produit par la commande `DEFI_FOND_FISS`, pour une utilisation ultérieure en dehors de la macro-commande.

3.8 Opérande RESU_THER

Mot-clé utilisé pour nommer le résultat du calcul thermique linéaire (concept `evol_ther`), pour une utilisation ultérieure en dehors de la macro-commande.

3.9 Mot clé AFFE_MATERIAU

Mot-clé facteur permettant d'affecter différents matériaux sur le maillage. Les caractéristiques du matériau sont à définir avec la commande `DEFI_MATERIAU` en amont de la macro-commande.

Remarque :

En cas de coude avec sous-épaisseur, le post-traitement effectué à l'issue du calcul réclame la définition d'une contrainte admissible (mots-clés facteur 'RCCM'/'RCCM_FO' de `DEFI_MATERIAU`) pour le matériau constituant le coude .

3.9.1 Opérande GROUP_MA

◆ / TOUT = 'OUI'

Ce mot-clé permet d'affecter sur toutes les mailles du maillage.

/ GROUP_MA

Ce mot-clé permet d'affecter les groupes de mailles suivant :

COUDE groupe de mailles correspondant à la partie coude et aux embouts droits,

BOL groupe de mailles correspondant à un embout de type bol (cf macro-commande `MACR_ASCOUF_MAIL`).

3.9.2 Opérande MATER

◆ MATER

Nom du matériau (cf. commande `DEFI_MATERIAU`) que l'on veut affecter.

3.9.3 Opérande TEMP_REF

◇ TEMP_REF

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

3.10 Mot clé PRES_REP

3.10.1 Opérande PRES

- ◆ PRES = pres

On indique ici la valeur de la pression qui s'applique sur la peau interne du coude et des embouts. Cette pression sert aussi à calculer l'effort de traction représentant l'effet de fond dont la prise en compte est assurée automatiquement (cf commande AFFE_CHAR_MECA mot-clé EFFE_FOND). La

valeur de cet effort est : $T_{fond} = pres \times \frac{R_i^2}{R_e^2 - R_i^2}$

3.10.2 Opérande EFFE_FOND_P1

- ◇ EFFE_FOND_P1

Permet d'activer ou non l'application de l'effet de fond évoqué au [§3.11.1] de ce document. Par défaut EFFE_FOND_P1 vaut 'OUI'.

3.10.3 Opérande PRES_LEVRE

- ◇ PRES_LEVRE

Permet d'activer ou non l'application de la pression, évoquée au [§3.11.1] 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.

3.10.4 Opérande FONC_MULT

- ◇ FONC_MULT = fmult

Fonction multiplicatrice du chargement (pression plus effet de fond). Par défaut : $f = 1$. Celle-ci est à définir en amont de la macro-commande grâce à la commande DEFI_FONCTION ou FORMULE.

3.11 Mot clé ECHANGE

Mot-clé facteur permettant d'appliquer des conditions d'échange sur la peau interne du coude (cf commande AFFE_CHAR_THER_F) et de réaliser un calcul thermique linéaire (THER_LINEAIRE) préalable au calcul mécanique. Pour la thermique, on utilise le solveur et le paramètre θ par défaut. La température initiale est déterminée par un calcul stationnaire. La température initiale vaut la température du fluide à l'instant initial (cf. opérande TEMP_EXT).

3.11.1 Opérande COEF_H

- ◇ COEF_H = h

Valeur du coefficient d'échange sur la peau interne du coude donnée sous forme de fonction du temps.

Celle-ci est à définir en amont de la macro-commande grâce aux commandes DEFI_FONCTION ou FORMULE.

3.11.2 Opérande TEMP_EXT

- ◇ TEMP_EXT = chtex

Valeur de la température du fluide à l'intérieur du coude donnée sous forme de fonction du temps. Celle-ci est à définir en amont de la macro-commande grâce aux commandes DEFI_FONCTION ou FORMULE.

3.12 Mot clé TORS_P1

◇ TORS_P1 =

Le mot clé TORS_P1 permet d'appliquer un torseur d'effort. Ce torseur s'applique sur le nœud de poutre *P1* (indiqué *DIS1* sur la Figure 3-a).

Afin de bloquer les mouvements de corps rigides, on bloque les six degrés de liberté du nœud de poutre *P2* situé au centre de la section *CLGV*.

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

Les composantes FX, FY, FZ, MX, MY, MZ du torseur des efforts doivent être fournies dans le repère du maillage. Au moins une des composantes doit être renseignée.

3.12.2 Opérande FONC_MULT

◇ FONC_MULT = fmult

Fonction multiplicatrice du chargement TORS_P1. Par défaut : $f=1$. Celle-ci est à définir en amont de la macro-commande grâce aux commandes DEFI_FONCTION ou FORMULE.

3.13 Mot clé COMP_ELAS

◆ 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.

3.14 Mot-clé SOLVEUR

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

3.15 Mot-clé 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.

3.16 Mot-clé 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.

3.17 Mot-clé 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.

3.18 Mot clé 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].

3.19 Mot clé THETA_3D

Ce mot-clé, utilisable pour le post-traitement en mécanique de la rupture, sert à définir la couronne pour le champ θ afin de calculer le taux de restitution d'énergie G global et $G(s)$ local (cf. commande CALC_G [U4.82.03]). Les champs θ et $G(s)$ sont lissés par des polynômes de Legendre de degré 4, sauf pour les fissures axisymétriques (lissage avec les fonctions de forme Lagrange). 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.

3.19.1 Opérande R_INF

◆ R_INF = r [R8]

Permet d'indiquer la valeur inférieure du rayon en pointe de fissure en vue de calculer le taux de restitution d'énergie G .

3.19.2 Opérande R_SUP

◆ R_SUP = R [R8]

Permet d'indiquer la valeur supérieure du rayon en pointe de fissure en vue de calculer le taux de restitution d'énergie G .

3.20 Mot clé IMPRESSION

3.20.1 Opérande FORMAT

◇ FORMAT

Permet de spécifier le format d'impression du résultat et/ou du maillage. Par défaut le format est 'RESULTAT'. Si l'on souhaite imprimer le maillage, il faut utiliser le format 'ASTER' et mettre un fichier de type `mast` en résultat dans le profil d'étude.

3.20.2 Opérande VERSION

◇ VERSION

Si et seulement si l'opérande `FORMAT` vaut 'IDEAS'. Cet opérande permet de spécifier la version du logiciel Ideas. Par défaut `VERSION` vaut 5.

3.20.3 Opérande NIVE_GIBI

◇ NIVE_GIBI

Si et seulement si l'opérande `FORMAT` vaut 'CASTEM'. Cet opérande permet de spécifier le niveau du logiciel GIBI dans lequel le maillage sera imprimé. Par défaut `NIVE_GIBI` vaut 10.

3.21 Mot clé `IMPR_TABLE`

Ce mot-clé permet d'activer l'impression des tables de résultats pour le post-traitement sur les ligaments concernant les coudes avec sous-épaisseur.

3.21.1 Opérande `TOUT_PARA`

`TOUT_PARA` = 'OUI'

Impression de toutes les valeurs des paramètres de la table. L'impression contient les éléments énumérés ci-dessous, dans l'ordre où ils sont décrits.

Pour les ligaments représentant la sous-épaisseur et ceux contenus dans la section comprenant le centre de la sous-épaisseur (ligaments `CIRxx`, `LONxx`, `PCENxx`, `INTRx`, `EXTRx`, `FGAUx`, `FDROx`, `EGAx`, `EXDRx`, `INDRx`, `INGAx`) :

- Ligament où la contrainte de membrane (nommée `PM`) est maximale.
- Ligament où la contrainte de membrane-flexion à l'origine du segment (nommée `PMB`) est maximale.
- Ligament où la contrainte de membrane-flexion à l'extrémité du segment (nommée `PMB`) est maximale.
- Ligament où la contrainte radiale moyenne (nommée `SIXX`) est maximale.
- Ligament où la contrainte longitudinale moyenne (nommée `SIYY`) est maximale.
- Ligament où la contrainte circonférentielle moyenne (nommée `SIZZ`) est maximale.
- Nœud et ligament où la contrainte de Tresca (nommée `TRESCA`) est maximale.

Pour les mêmes ligaments que précédemment mais aussi ceux contenus dans les sections médianes du coude et interface avec embouts (ligaments `xxxxMI`, `xxxxTU`, `xxxxGV`) :

- Liste des valeurs de la contrainte de membrane (nommée `PM`) pour chaque ligament.
- Liste des valeurs de la contrainte de membrane-flexion à l'origine du segment (nommée `PMB`) pour chaque ligament.
- Liste des valeurs de la contrainte de membrane-flexion à l'extrémité du segment (nommée `PMB`) pour chaque ligament.
- Liste des valeurs de contrainte radiale moyenne (nommée `SIXX`) pour chaque ligament.
- Liste des valeurs de contrainte longitudinale moyenne (nommée `SIYY`) pour chaque ligament.
- Liste des valeurs de contrainte circonférentielle moyenne (nommée `SIZZ`) pour chaque ligament.
- Liste des contraintes de Tresca (nommée `TRESCA`) sur chaque nœud de chaque ligament.

3.21.2 Opérande `NOM_PARA`

`NOM_PARA` = para

Permet de choisir une liste de paramètres parmi l'ensemble des possibles :

'TRESCA', 'TRESCA_MEMBRANE', 'TRESCA_MFLE', 'SI_LONG', 'SI_RADI', 'SI_CIRC'.

Remarque :

Cette remarque est valable pour les [§3.23.1] et [§3.23.2].

Les contraintes sont données dans le repère local de la section contenant le ligament :

- la contrainte radiale ' `SI_RADI` ' correspond dans le fichier `RESULTAT` à `SIXX`,
- la contrainte longitudinale ' `SI_LONG` ' correspond dans le fichier `RESULTAT` à `SIYY`,
- la contrainte circonférentielle ' `SI_CIRC` ' correspond dans le fichier `RESULTAT` à `SIZZ`.

Le calcul de ces contraintes en repère local nécessite le report des paramètres α , R_c , β ou s_l et TRANSFORMEE définis dans la macro-commande de maillage.

3.21.3 Opérande ANGLE

◆ ANGLE = α

Valeur de l'angle du coude en degrés. Ici il faut donner la même valeur que dans la macro-commande MACR_ASCOUF_MAIL (cf. [U4.CF.10, §4.3.1]).

3.21.4 Opérande R_CINTR

◆ R_CINTR = R_c

Valeur du rayon de cintrage du coude. Ici il faut donner la même valeur que dans la macro-commande MACR_ASCOUF_MAIL (cf. [U4.CF.10, §4.3.2]).

3.21.5 Opérande POSI_CURV_LONGI

◆ / POSI_CURV_LONGI = s_l

Valeur de la position longitudinale du centre de la sous-épaisseur donné par l'abscisse curviligne le long de l'axe du coude sur la peau externe de celui-ci, comptée positivement à partir de l'interface avec l'embout P1 de longueur l_{tube_p1} . Ici il faut donner la même valeur que dans la macro-commande MACR_ASCOUF_MAIL (cf. [U4.CF.10, §4.4.5]).

3.21.6 Opérande POSI_ANGUL

/ POSI_ANGUL = β

Valeur de la position longitudinale du centre de la sous-épaisseur donné par l'angle en degrés formé par la section contenant celui-ci et la section à l'interface avec l'embout de longueur l_{tube_p1} . Ici il faut donner la même valeur que dans la macro-commande MACR_ASCOUF_MAIL (cf. [U4.CF.10, §4.4.6]).

3.21.7 Opérande TRANSFORMEE

◇ TRANSFORMEE = / 'TUBE',
/ 'COUDE', [DEFAULT]

Permet de définir le type de transformation appliquée dans la macro-commande de maillage. Ici il faut donner la même valeur que dans la macro-commande MACR_ASCOUF_MAIL (cf. [U4.CF.10, §4.4.6]).

3.22 Opérande TITRE

Titre de la structure de données résultat. Voir [U4.50.01].

3.23 Opérande INFO

◇ INFO =

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

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

Les impressions se font dans le fichier 'MESSAGE'.

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.