

---

## 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',
  ◆ 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]
                  )
  ◆ | COMPORTEMENT = _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])
◇ ENERGIE        = _F()
◇ 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      = α , [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

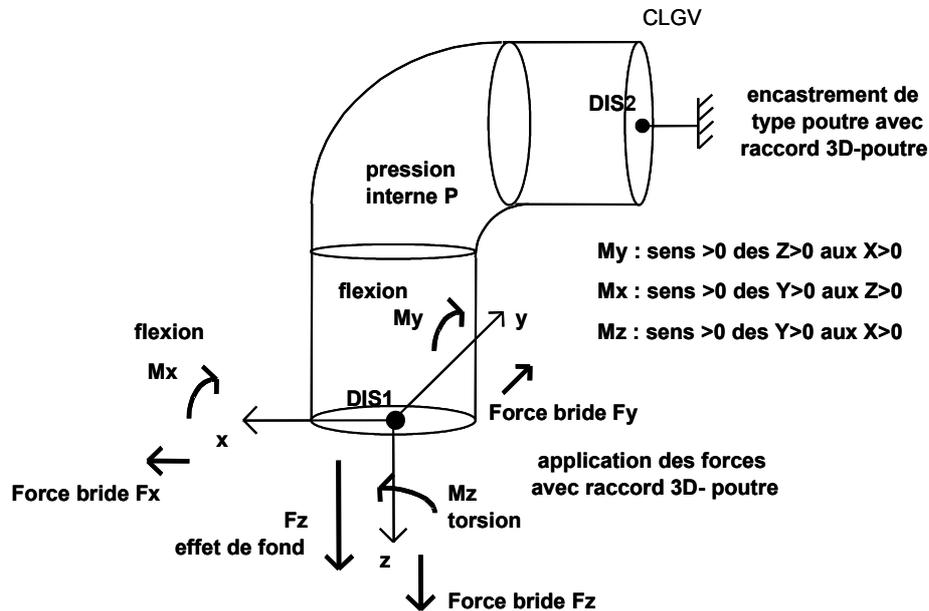


Figure 3-a : Chargement et conditions aux limites applicables sur le coude

### 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 Opérande MAILLAGE

- ◆ MAILLAGE = ma

On précise ici le maillage utilisé. Ce maillage est issu de la macro-commande MACR\_ASCOUF\_MAIL.

## 3.3 Opérande MODELE

◆ MODELE = CO ("modmec")

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

## 3.4 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.

## 3.5 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.

## 3.6 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.

## 3.7 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.

## 3.8 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 .*

### 3.8.1 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`).

### 3.8.2 Opérande MATER

◆ MATER

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

### 3.8.3 Opérande TEMP\_REF

◇ TEMP\_REF

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

## 3.9 Mot clé PRES\_REP

### 3.9.1 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 :  $T_{fond} = pres \times \frac{R_i^2}{R_e^2 - R_i^2}$

### 3.9.2 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'.

### 3.9.3 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.

### 3.9.4 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.

## 3.10 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  $\theta$  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).

### 3.10.1 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.

### 3.10.2 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.

## 3.11 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*.

### 3.11.1 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.

### 3.11.2 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.

## 3.12 Mot clé 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.

## 3.13 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.

## 3.14 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.

## 3.15 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.

## 3.16 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.

## 3.17 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].

## 3.18 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].

## 3.19 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  $\theta$  afin de calculer le taux de restitution d'énergie  $G$  global et  $G(s)$  local (cf. commande `CALC_G` [U4.82.03]). Les champs  $\theta$  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  $\alpha$  ,  $R_c$  ,  $\beta$  ou  $s_l$  et TRANSFORMEE définis dans la macro-commande de maillage .

### 3.21.3 Opérande ANGLE

◆ ANGLE =  $\alpha$

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 =  $\beta$

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`.