

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U7.0- : Echanges de données**  
**Document : U7.03.01**

## Macro-commande MACR\_ADAP\_MAIL

### 1 But

Adapter un maillage avec le logiciel HOMARD.

Cette opération se place après un premier calcul sur un maillage formé de segments, mailles-points, triangles, tétraèdres. Un indicateur de l'erreur aura été calculé. En fonction de sa valeur maille par maille, le logiciel HOMARD modifiera le maillage. Il est également possible d'interpoler des champs de température ou de déplacement aux nœuds de l'ancien maillage vers le nouveau.

On peut enchaîner calcul et adaptation au fur et à mesure d'un processus d'amélioration du calcul. Toutefois, ce processus ne peut pas être interrompu puis repris par une "POURSUITE". Tout doit avoir lieu en une passe.

Le logiciel HOMARD est présenté sur le site :

<http://www.code-aster.org/outils/homard>

On y trouve une description de la technique utilisée pour modifier les maillages ainsi que des exemples.

## 2 Syntaxe

```

MACR_ADAP_MAIL (
# caractéristiques de l'adaptation

♦ ADAPTATION = _F (
# choix du type d'adaptation
♦ / LIBRE = / 'RAFF_DERA'
/ 'RAFFINEMENT'
/ 'DERAFFINEMENT'
/ UNIFORME = / 'RAFFINEMENT'
/ 'DERAFFINEMENT'
/ 'RIEN'

# le maillage à modifier
♦ MAILLAGE_N = man [maillage]

# le nouveau maillage
♦ MAILLAGE_NP1 = co (manp1) [K8]

# Si l'adaptation est libre
♦ RESULTAT_N = resun [evol_elas]
[evol_thme]
[evol_noli]
[evol_ther]

♦ INDICATEUR = indic [K16]
♦ NOM_CMP_INDICA = cmp [K8]
◊ Sélection du paramètre temporel
/ NUME_ORDRE = ordre [I]
/ INST = instant [R]
◊ | PRECISION = / prec [R]
/ 1.0E-3 [DEFAULT]
| CRITERE = / 'RELATIF' [DEFAULT]
/ 'ABSOLU'

# Si raffinement
/ ◊ CRIT_RAFF_PE = crp [R]
/ ◊ CRIT_RAFF_REL = crr [R]
/ ◊ CRIT_RAFF_ABS = cra [R]
# Finsi
# Si déraffinement
/ ◊ CRIT_DERA_PE = cdp [R]
/ ◊ CRIT_DERA_REL = cdr [R]
/ ◊ CRIT_DERA_ABS = cda [R]
# Finsi

# Finsi
# Si raffinement, libre ou uniforme
◊ NIVE_MAX = nivmax [I]
# Finsi
# Si déraffinement, libre ou uniforme
◊ NIVE_MIN = nivmin [I]
# Finsi
)

```

Titre : Macro-commande MACR\_ADAP\_MAIL  
Auteur(s) : G. NICOLAS

Date : 14/11/03  
Clé : U7.03.01-C1 Page : 3/12

```
# Suivi d'une frontière
  ◊ MAILLAGE_FRONTIERE = maf [maillage]
  ◊ GROUP_MA = l_grma [l_gr_maille]

# Mise à jour de champs sur le nouveau maillage
◊ MAJ_CHAM = _F (
  ◆ RESULTAT = resu [evol_elas]
                                [evol_noli]
                                [evol_ther]
                                [evol_thme]

  ◆ NOM_CHAM = nomsymb [K16]
  ◊ Sélection du paramètre temporel
    / NUME_ORDRE = ordre [I]
    / INST = instant [R]
      ◊ | PRECISION = / prec [R]
                                / 1.0E-3 [DEFAULT]
      | CRITERE = / 'RELATIF' [DEFAULT]
                                / 'ABSOLU'

  ◆ CHAM_MAJ = co (chpmaj) [K8]
  ◆ TYPE_CHAM = / 'NOEU_TEMP_R'
                                / 'NOEU_DEPL_R'
                                / etc ...
                                )
◊ NON_SIMPLEXE = / 0 [DEFAULT]
                  / 1
◊ QUALITE = / 'OUI' [DEFAULT]
            / 'NON'
◊ INTERPENETRATION = / 'OUI' [DEFAULT]
                     / 'NON'
◊ CONNEXITE = / 'OUI' [DEFAULT]
              / 'NON'
◊ TAILLE = / 'OUI' [DEFAULT]
           / 'NON'
◊ NOMBRE = / 'OUI' [DEFAULT]
           / 'NON'
◊ LANGUE = / 'FRANCAIS' [DEFAULT]
            / 'FRENCH'
            / 'ANGLAIS'
            / 'ENGLISH'
◊ VERSION_HOMARD = / 'V6_2' [DEFAULT]
                  / 'V6_N'
                  / 'V6_N_PERSO'
◊ INFO = / 1 [DEFAULT]
         / 2
         ) ;
```

## 3 Description d'une adaptation de maillage

### 3.1 Schéma général d'une adaptation

Le principe d'un calcul avec adaptation de maillage est le suivant :

- Phase 1 : Lecture du maillage initial, m0  
Définition des matériaux
- Phase 2 :
- définition du modèle, des chargements sur ce maillage m0
  - calcul mécanique produisant un résultat `resu0`
  - calcul d'un indicateur d'erreur, `ERR0`

Cette phase initiale est la phase standard de tout calcul

- Phase 3 : Adaptation. On récupère un nouveau maillage , m1
- Phase 4 :
- définition du modèle, des chargements sur le maillage m1,
  - calcul mécanique produisant un résultat `resu1`,
  - calcul d'un indicateur d'erreur, `ERR1`.

La phase 4 est la copie de la phase 2. La seule chose qui a changé est le maillage. De ce fait, tous les concepts en dépendant doivent être repris. Aujourd'hui, il n'y a pas de possibilité ni de réutiliser les anciens concepts, ni de les détruire automatiquement.

Ensuite, on peut poursuivre, autant de fois que l'on veut, le tandem phase 3/phase 4. En l'absence de structure de boucle dans le langage de commandes, l'utilisateur doit dupliquer lui-même les instructions.

**Attention :**

*Cet enchaînement de calculs et d'adaptations ne doit pas être interrompu puis repris par une "POURSUITE".*

### 3.2 Fonctionnement de la macro-commande

La phase 3 réalise l'adaptation du maillage. Elle est activée par la macro-commande `MACR_ADAP_MAIL`, décrite dans ce document. Elle a pour argument essentiel le nom du concept du maillage courant et le nom que l'on donnera au concept du futur maillage. L'autre donnée obligatoire est le type d'adaptation que l'on souhaite : libre, c'est-à-dire en fonction des valeurs que prend un indicateur d'erreur sur les éléments du maillage, ou uniforme, c'est-à-dire que tous les éléments sont traités de la même manière.

Les autres données dépendent ensuite des options retenues.

En complément à l'adaptation, HOMARD peut fournir sur demande des bilans sur la qualité des éléments du maillage ou un contrôle de la non interpénétration des éléments. Ces renseignements s'obtiennent par l'activation des mots-clés associés.

De manière générale, les impressions essentielles fournies par HOMARD sont insérées dans le fichier "mess" à l'exécution. En cas d'erreur, ou en mode d'information 2, des impressions plus détaillées ont lieu.

## 4 Opérandes

### 4.1 Mot-clé ADAPTATION

♦ ADAPTATION = \_F (

Cet opérande permet de définir le type d'adaptation souhaité. La sélection se fait d'abord parmi deux types : libre ou uniforme.

#### 4.1.1 Opérande LIBRE

♦ / LIBRE = / 'RAFF\_DERA'  
/ 'RAFFINEMENT'  
/ 'DERAFFINEMENT'

Cet opérande est employé pour faire de l'adaptation libre d'un maillage. En d'autres termes, la décision de (dé) raffiner un élément se prend en fonction de la valeur d'un indicateur d'erreur calculé auparavant.

Le choix peut se faire entre trois variantes :

- 'RAFF\_DERA' : le maillage est raffiné et déraffiné en fonction de l'indicateur d'erreur,
- 'RAFFINEMENT' : seule la fonction de raffinement est activée. Les éléments à faible niveau d'erreur ne sont pas déraffinés,
- 'DERAFFINEMENT' : c'est l'inverse, seule la fonction de déraffinement est activée. Les éléments à haut niveau d'erreur ne sont pas raffinés.

#### 4.1.2 Opérande UNIFORME

/ UNIFORME = / 'RAFFINEMENT'  
/ 'DERAFFINEMENT'  
/ 'RIEN'

Cet opérande est employé pour faire une adaptation uniforme d'un maillage. En d'autres termes, tous les éléments du maillage sont traités de la même manière, sans tenir compte d'un indicateur d'erreur. Le choix peut se faire entre trois variantes :

- 'RAFFINEMENT' : tous les éléments sont raffinés,
- 'DERAFFINEMENT' : tous les éléments sont déraffinés,
- 'RIEN' : tous les éléments sont conservés ; le maillage est le même à la sortie qu'à l'entrée.

## 4.1.3 Opérande MAILLAGE\_N

◆ MAILLAGE\_N = man

Maillage de type [maillage] à adapter. Attention, l'adaptation ne peut porter que sur les simplexes : segments, mailles-points, triangles ou tétraèdres, en degré 1 ou 2. Si on fournit un maillage comportant d'autres éléments, deux cas de figure sont possibles : soit un arrêt en erreur, soit une adaptation sur la zone en simplexe et une restitution à l'identique du reste du maillage. Le choix entre ces deux modes de fonctionnement est fait par le mot-clé NON\_SIMPLEXE.

## 4.1.4 Opérande MAILLAGE\_NP1

◆ MAILLAGE\_NP1 = co (manpl)

Le nom du concept de type [maillage] qui contiendra le maillage issu de l'adaptation.

## 4.1.5 Opérande RESULTAT\_N

◇ RESULTAT\_N = resun

Cet opérande permet de désigner le concept de type [resultat] qui contient l'indicateur d'erreur à utiliser pour de l'adaptation libre.

## 4.1.6 Opérande INDICATEUR

◇ INDICATEUR = indic

On précise ici quel est l'indicateur d'erreur qui est utilisé pour l'adaptation.

### Attention :

*Le champ doit être présent dans le résultat ; s'il est absent, il n'est pas calculé d'office. L'utilisateur a le choix de l'indicateur : soit des champs déjà définis en standard dans Aster (cf. [U4.81.02] et [U4.81.03], soit un champ personnalisé. A lui de choisir ce qui est pertinent pour son calcul.*

## 4.1.7 Opérande NOM\_CMP\_INDICA

◇ NOM\_CMP\_INDICA = cmp

Nom de la composante du champ indicateur qui doit être utilisée pour piloter l'adaptation de maillage.

## 4.1.8 Sélection du paramètre temporel

Si la structure de résultat ne contient le champ d'indicateur d'erreur que pour un seul numéro d'ordre, rien n'est à préciser. Ce sont les valeurs du champ à ce numéro d'ordre qui seront utilisées. Sinon, il faut préciser de quel numéro il s'agit. Cela se fait par la désignation d'un numéro d'ordre ou d'une valeur d'instant. Se référer au document [U4.71.00] pour les détails sur ces mots-clés.

## 4.1.9 Opérande CRIT\_RAFF\_xxxx

Dans le cas d'adaptation libre impliquant du raffinement de maillage, il faut définir un critère haut d'erreur. Tous les éléments dont l'erreur est supérieure à ce critère seront raffinés. Trois variantes sont possibles :

### 4.1.9.1 Opérande CRIT\_RAFF\_PE

◇ / CRIT\_RAFF\_PE = crp

Le critère est défini par une proportion d'éléments à raffiner. C'est un nombre réel compris entre 0 et 1. Le processus est le suivant :

- calcul du nombre d'éléments  $n$  correspondant à la proportion définie par  $crp$  soit  $n = crp \times \text{nombre total d'éléments}$
- raffinement des  $n$  éléments avec la plus forte erreur.

### 4.1.9.2 Opérande CRIT\_RAFF\_ABS

/ CRIT\_RAFF\_ABS = cra

Le critère est défini par une valeur absolue de l'erreur. Tous les éléments avec une erreur supérieure à cette valeur seront raffinés.

### 4.1.9.3 Opérande CRIT\_RAFF\_REL

/ CRIT\_RAFF\_REL = crr

Le critère est défini par une valeur relative de l'erreur. C'est un nombre compris entre 0 et 1. Le processus est le suivant :

- calcul des valeurs minimales et maximales de l'indicateur d'erreur,
- calcul de la valeur correspondant à la proportion d'erreur :  $v = v_{min} + crr (v_{max} - v_{min})$ ,
- raffinement de tous les éléments dont l'erreur est supérieure à cette valeur.

## 4.1.10 Opérande CRIT\_DERA\_xxxx

Dans le cas d'adaptation libre impliquant du déraffinement, il faut définir un critère bas d'erreur. Tous les éléments dont l'erreur est inférieure à ce critère seront déraffinés. Trois variantes sont possibles.

### 4.1.10.1 Opérande CRIT\_DERA\_PE

◇ / CRIT\_DERA\_PE = cdp

Le critère est défini par une proportion d'éléments à raffiner. C'est un nombre compris entre 0 et 1. Le processus est le suivant :

- calcul du nombre d'éléments  $n$  correspondant à la proportion définie par  $cdp$  soit  $n = cdp \times \text{nombre total d'éléments}$
- déraffinement des  $n$  éléments avec la plus faible erreur.

### 4.1.10.2 Opérande CRIT\_DERA\_ABS

/ CRIT\_DERA\_ABS = cda

Le critère est défini par une valeur absolue de l'erreur. Tous les éléments avec une erreur inférieure à cette valeur seront déraffinés.

#### 4.1.10.3 Opérande CRIT\_DERA\_REL

/ CRIT\_DERA\_REL = cdr

Le critère est défini par une valeur relative de l'erreur. C'est un nombre compris entre 0 et 1.  
Le processus est le suivant :

- calcul des valeurs minimales et maximales de l'indicateur d'erreur,
- calcul de la valeur d'erreur V correspondant à la proportion d'erreur cdr telle que :  
 $v = v_{min} + cdr (v_{max} - v_{min})$ ,
- déraffinement de tous les éléments dont l'erreur est inférieure à cette valeur.

#### 4.1.11 Opérande NIVE\_MAX

◇ NIVE\_MAX = nivmax

C'est le niveau maximal de raffinement du maillage. Autrement dit un élément du maillage initial ne pourra pas être divisé plus de nivmax fois dans l'ensemble du processus.

#### 4.1.12 Opérande NIVE\_MIN

◇ NIVE\_MIN = nivmin

C'est le niveau minimal de déraffinement du maillage. C'est-à-dire que seuls les éléments issus d'au moins nivmin découpages de maillage peuvent être déraffinés.

### 4.2 Mot clé MAILLAGE\_FRONTIERE

◇ MAILLAGE\_FRONTIERE = maf

En dimension 2, le choix de cette option permet au processus d'adaptation de suivre la courbure des bords du maillage. On fournit ici un concept ASTER de type `maillage` qui contient un maillage fin des bords de la géométrie. Ce maillage n'est donc formé à priori que de segments. Leurs longueurs sont très inférieures à celles des segments de bord du maillage à adopter. Si le processus d'adaptation est amené à couper un segment de bord, le nouveau nœud sera placé sur le maillage de la frontière. Ainsi les angles seront adoucis au fur et à mesure des adaptations. Le repérage des différents bords se fait par les groupes selon la règle suivante : les segments qui forment un bord sont rassemblés dans un groupe qui porte le même nom dans le maillage de calcul et dans le maillage de la frontière.

#### 4.2.1 Opérande GROUP\_MA

◇ GROUP\_MA = l\_grma

Si cette option est absente, le suivi de la frontière se fait pour tous les groupes définis dans le maillage de la frontière. Si on souhaite restreindre ce suivi à une partie de la frontière, on donne ici la liste des groupes de segments qui définissent cette partie de frontière.

### 4.3 Mot clé MAJ\_CHAM

◇ MAJ\_CHAM = \_F (

Ce mot-clé est à employer autant de fois que l'on a de champs à mettre à jour de l'ancien maillage vers le maillage adapté.

#### 4.3.1 Opérande RESULTAT

◆ RESULTAT = resu

Nom du concept [resultat] contenant le champ à mettre à jour.



## 4.3.2 Opérande NOM\_CHAMP

- ♦ NOM\_CHAMP = nomsymb [K16]  
Nom symbolique du champ que l'on souhaite exprimer sur le nouveau maillage.

## 4.3.3 Sélection du paramètre temporel

La sélection du numéro d'ordre associé au champ à interpoler se fait par la désignation d'un numéro d'ordre ou d'une valeur d'instant. Se référer au document [U4.71.00] pour les détails sur ces mots-clés.

## 4.3.4 Opérande CHAM\_MAJ

- ♦ CHAM\_MAJ = co (chpmaj) [K8]  
Nom du concept qui contiendra le champ exprimé sur le nouveau maillage. Ce concept ne doit pas exister. Il sera automatiquement créé.

## 4.3.5 TYPE\_CHAM

- ♦ TYPE\_CHAM = / 'NOEU\_DEPL\_R'  
/ 'NOEU\_TEMP\_R'  
/ etc ...

On désigne ici le type du concept à mettre à jour sur le nouveau maillage. Le nom de ce type est construit avec la logique habituelle de *Code\_Aster*. Les 4 premiers caractères sont 'NOEU', 'ELEM', 'ELNO' ou 'ELGA'. On trouve ensuite '\_'. La séquence suivante définit le type de champ : 'TEMP', 'DEPL', etc. Le nom se termine par '\_R' pour un champ réel.

Exemple : 'NOEU\_TEMP\_R', 'NOEU\_DEPL\_R', etc.

### Attention :

*Il n'y a pas de contrôle de cohérence entre le type demandé et le type véritable du champ à interpoler.*

## 4.4 Opérande NOMBRE

- ♦ NOMBRE = / 'OUI' [DEFAULT]  
/ 'NON'

Si le choix est 'NON', rien ne se passe.

Si le choix est 'OUI', un bilan des nombres de noeuds et d'éléments est imprimé sur le fichier de messages.

## 4.5 Opérande QUALITE

- ♦ QUALITE = / 'OUI' [DEFAULT]  
/ 'NON'

Si le choix est 'NON', rien ne se passe.

Si le choix est 'OUI', un bilan de la qualité des éléments est imprimé sur le fichier de message. La qualité d'un triangle est définie comme étant le rapport entre la longueur du plus grand côté et le rayon du cercle inscrit. De même, la qualité d'un tétraèdre est définie comme étant le rapport entre la longueur du plus grand côté et le rayon de la sphère inscrite. Ces rapports sont normalisés pour valoir 1 dans le cas d'un triangle équilatéral, ou d'un tétraèdre équilatéral. Pour tout élément non équilatéral, la qualité est supérieure à 1.

Le résultat est présenté sous forme de tableaux.

## 4.6 Opérande INTERPENETRATION

◇ INTERPENETRATION = / 'OUI'  
/ 'NON' [DEFAULT]

Si le choix est 'NON', rien ne se passe.

Si le choix est 'OUI', on vérifie que le maillage est correct du point de vue du recouvrement : aucun triangle n'est à cheval sur un autre triangle, aucun tétraèdre n'entre dans un autre tétraèdre.

## 4.7 Opérande TAILLE

◇ TAILLE = / 'OUI'  
/ 'NON' [DEFAULT]

Si le choix est 'NON', rien ne se passe.

Si le choix est 'OUI', un bilan des tailles des sous-domaines est imprimé sur le fichier de messages. Un sous-domaine est défini comme un ensemble de mailles de même dimension et appartenant aux mêmes groupes.

## 4.8 Opérande CONNEXITE

◇ CONNEXITE = / 'OUI'  
/ 'NON' [DEFAULT]

Si le choix est 'NON', rien ne se passe.

Si le choix est 'OUI', un bilan des connexités est imprimé sur le fichier de messages. On précise alors si les segments, les triangles ou les tétraèdres sont d'un seul tenant ou répartis en plusieurs blocs.

## 4.9 Opérande LANGUE

◇ LANGUE = / 'FRANCAIS' [DEFAULT]  
'FRENCH'  
'ANGLAIS'  
'ENGLISH'

Cet opérande précise la langue dans laquelle sont imprimés les messages issus de HOMARD.

## 4.10 Opérande VERSION\_HOMARD

◇ VERSION\_HOMARD = 'V6\_2'  
'V6\_N'  
'V6\_N\_PERSO'

Cet opérande permet de sélectionner la version de HOMARD qui est utilisée pour l'adaptation. Par défaut, HOMARD 6.2 est lancé. C'est la version de référence. Le choix 'V6\_N' active la version 6.n de HOMARD qui est la version de développement. Le choix 'V6\_N\_PERSO' active une version de développement propre à l'utilisateur. Cette option est de fait réservée à l'équipe de développement de HOMARD pour mettre au point de nouvelles fonctionnalités.

## 4.11 Opérande INFO

◇ INFO = / 1  
/ 2

Si INFO vaut 2, l'intégralité de la sortie de HOMARD est incluse dans le fichier de message. Sinon, rien de particulier n'a lieu.

## 4.12 Opérande NON\_SIMPLEXE

◇ NON\_SIMPLEXE = / 0 [DEFAULT]  
/ 1

Dans sa version actuelle, HOMARD sait lire tous les types d'éléments mais ne fait porter l'adaptation que sur les simplexes : mailles-points, segments, triangles et tétraèdres.

En retenant l'option 0, la transmission d'un maillage contenant autre chose que des simplexes entraînera un arrêt en erreur.

En choisissant l'option 1, on pourra transmettre un maillage comportant n'importe quel type d'élément. L'adaptation ne portera que sur la zone en simplexe. Si par suite de propagation du raffinement, une zone en quadrangle, hexaèdre ou pentaèdre venait à être touchée, il y a un arrêt en erreur.

## 5 Exemple

```
MACR_ADAP_MAIL (
    ADAPTATION = _F (
        LIBRE = 'RAFF_DERA',
        MAILLAGE_N = mun,
        MAILLAGE_NP1 = CO ("mdeux"),
        RESULTAT_N = remeun,
        INDICATEUR = 'ERRE_ELGA_NORE',
        NOM_CMP_INDICA = 'ERREST'
        NUME_ORDRE = 3,
        CRIT_RAFF_PE = 0.01,
        CRIT_DERA_PE = 0.25,
        NIVE_MAX = 5
    ),
    MAJ_CHAM = _F (
        RESULTAT = rethun,
        NOM_CHAM = 'TEMP',
        TYPE_CHAM = 'CHAM_NO_TEMP_R',
        NUME_ORDRE = 2,
        CHAM_MAJ = CO ("tempdeux")
    ),
    QUALITE = 'OUI',
    INTERPENETRATION = 'NON'
)
```

Cette séquence va adapter le maillage contenu dans le concept `mun` et restituer un concept maillage de nom `mdeux`. L'adaptation se fait par raffinement et déraffinement libre, selon l'indicateur d'erreur contenu dans le champ `ERRE_ELGA_NORE` du résultat `remeun`, au 3<sup>ème</sup> instant ; la composante utilisée est `ERREST`. Les éléments seront classés en fonction de leur niveau d'erreur décroissant. Le premier % sera raffiné ; les 25% derniers seront candidats au déraffinement. Aucun élément du maillage final ne devra être issu de plus de 5 raffinements.

Le champ `TEMP` du résultat `rethun` au 2<sup>ème</sup> instant est exprimé sur le maillage `mun`. Il sera exprimé sur le maillage `mdeux` sous la forme du champ de température aux noeuds `tempdeux`.

Un récapitulatif de la qualité des éléments du nouveau maillage est produit. On ne contrôle pas l'interpénétration des éléments.

On regardera avec profit le fichier de commandes associé au cas-test `zzzz121a`. Il exprime le processus d'adaptation de maillage sous la forme d'une boucle en langage Python.

Page laissée intentionnellement blanche.