

---

## Opérateur AFFE\_MODELE

---

### 1 But

---

Définir le phénomène physique modélisé (mécanique, thermique ou acoustique) et le type d'éléments finis.

Cet opérateur permet d'affecter des modélisations sur tout ou partie du maillage, ce qui définit :

- les degrés de liberté sur les nœuds (et l'équation ou les équations de conservation associées),
- les types d'éléments finis sur les mailles,

Les possibilités des éléments finis affectables sont décrits dans les fascicules [U3].

Les types de mailles sont décrites dans le document [U1.03.02].

Cet opérateur permet également de définir une répartition des éléments finis en vue de paralléliser les calculs élémentaires et les assemblages.

Produit une structure de données de type `modele`.

## 2 Syntaxe

```
mo [modele] = AFPE_MODELE      (
    ♦ | MAILLAGE = ma,                / [maillage]
                                     / [squelette]
    | GRILLE = grille,              [grille]
    ♦ | AFPE = _F (
        ♦ / TOUT = 'OUI',
          / MAILLE = mail,           [l_maille]
          / NOEUD = noe,             [l_noeud ]
          / G ROUP_MA = g_mail,      [l_gr_maille]
          / G ROUP_NO = g_noeu,      [l_gr_noeud ]
        ♦ / ♦ PHENOMENE = 'MECANIQUE',
          ♦ MODELISATION = ... (voir [§3.2.1])
        / ♦ PHENOMENE = 'THERMIQUE'
          ♦ MODELISATION = ... (voir [§3.2.1])
        / ♦ PHENOMENE : 'ACOUSTIQUE',
          ♦ MODELISATION = ... (voir [§3.2.1])
    ),
    | AFPE_SOUS_STRUC = _F(
        ♦ / TOUT = 'OUI',
          / SUPER_MAILLE = l_mail,   [l_maille]
    )

    ♦ VERIF = | 'MAILLE'
              | 'NOEUD',
    ♦ VERI_JACOBIEN = / 'OUI'         [DEFAULT]
                    / 'NON'
    ♦ GRANDEUR_CARA = _F (
        ♦ LONGUEUR = lcar,           [R]
        ♦ PRESSION = pcar,          [R]
        ♦ TEMPERATURE = tcar,       [R]
    )

    ♦ PARTITION = _F (
        ♦ PARALLELISME =
          / 'GROUP_ELEM'             [DEFAULT]
          / 'MAIL_CONTIGU'
            ♦ CHARGE_PROC0_MA = / 100 [DEFAULT]
              / pct
          / 'MAIL_DISPERSER'
            ♦ CHARGE_PROC0_MA = / 100 [DEFAULT]
              / pct
          / 'SOUS_DOMAINE'
            ♦ PARTITION = part       [sd_feti]
            ♦ CHARGE_PROC0_SD = / 0  [DEFAULT]
              / nbsd
          / 'CENTRALISE'
    )

    ♦ INFO = / 1 [DEFAULT]
            / 2,
```

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérande MAILLAGE

- ◆ MAILLAGE = ma

Nom du maillage associé sur lequel on affecte les éléments.

**Remarque :**

Pour les modélisations axisymétriques, l'axe de révolution est l'axe  $Y$  du maillage.  
Toute la structure doit être maillée en  $X \geq 0$ .

### 3.2 Opérande GRILLE

GRILLE = grille

Nom de la grille associée sur laquelle on affecte les éléments. La grille doit être définie par l'opérateur `DEFI_GRILLE` (voir U4.24.02).

### 3.3 Mot clé AFFE

- ◆ | AFFE

Définit les entités du maillage et les types d'éléments qui leur seront affectés. Pour chaque occurrence, on peut introduire une liste de modélisations. La règle de surcharge s'applique entre les différentes modélisations, de gauche à droite.

Par exemple :

```
AFFE=_F( TOUT='OUI', PHENOMENE='MECANIQUE',  
        MODELISATION=('AXIS', 'AXIS_SI'), )
```

Les différentes modélisations se "surchargent" les unes les autres : `AXIS_SI` surcharge `AXIS` sur les mailles où `AXIS_SI` existe (maille `QUAD4` et `QUAD8`).

**Remarque :**

Le code s'arrête en erreur <F> si les modélisations de la liste ne sont pas toutes de même « dimension » (par exemple `MODELISATION=('3D', 'D_PLAN')`). De plus, pour une occurrence de `AFFE`, les mailles spécifiées dont la dimension est celle de la dimension de la modélisation doivent être toutes affectées. Sinon le code émet une <A>larme. Cette alarme protège l'utilisateur qui utilise des modélisations « à trous ». Si par exemple, il utilise seulement la modélisation `AXIS_SI` sur un maillage ne contenant que des `TRIA6`.

Les entités du maillage sont précisées par les opérandes :

Opérandes	Contenu / signification
TOUT	Affectation à la totalité des mailles (mais pas les nœuds !!)
GROUP_MA	Affectation à une liste de groupes de mailles
GROUP_NO	Affectation à une liste de groupes de nœuds (voir remarque)
MAILLE	Affectation à une liste de mailles
NOEUD	Affectation à une liste de nœuds (voir remarque)

**Remarque :**

L'utilisation d'éléments s'appuyant seulement sur des nœuds ne permet pas d'affecter des matériaux via `AFFE_MATERIAU`. De ce fait, ces éléments ne sont utilisables ni dans `STAT_NON_LINE [U4.51.03]` ni dans `DYNA_NON_LINE`

[U4.53.01]. Dans ce cas, il faut créer au préalable des mailles. POI1 à l'aide du mot-clé CREA\_POI1 de CREA\_MAILLAGE [U4.23.02].

L'utilisation de tels éléments est donc réservée aux calculs linéaires, sur des éléments discrets, dont toutes les caractéristiques sont affectées par AFPE\_CARA\_ELEM.

Le type d'élément est précisé par les opérandes :

Opérandes	Contenu / signification
PHENOMENE	Phénomène physique modélisé (équation de conservation associée)
MODELISATION	Type d'interpolation ou de discrétisation

### 3.3.1 Opérandes PHENOMENE et MODELISATION

- ◆ PHENOMENE
- ◆ MODELISATION

Sont obligatoires pour chaque occurrence du mot clé facteur AFPE. Ce couple de mots clés définit de façon bijective le type d'élément affecté à un type de maille. Les modélisations possibles sont indiquées ci-dessous en les listant par "paquets":

#### ACOUSTIQUE

ACOUSTIQUE 2D milieux continus  
PLAN U3.33.01

ACOUSTIQUE 3D milieux continus  
3D U3.33.01

#### THERMIQUE

THERMIQUE 2D coque  
COQUE\_AXIS U3.22.01  
COQUE\_PLAN U3.22.01

THERMIQUE 2D milieux continus  
AXIS\_DIAG U3.23.01  
AXIS\_FOURIER U3.23.02  
AXIS U3.23.01  
PLAN\_DIAG U3.23.01  
PLAN U3.23.01

THERMIQUE 3D coque  
COQUE U3.22.01

THERMIQUE 3D milieux continus  
3D\_DIAG U3.24.01  
3D U3.24.01

#### MECANIQUE 2D

MECANIQUE 2D éléments discrets  
2D\_DIS\_TR  
2D\_DIS\_T

MECANIQUE 2D fluide-structure  
2D\_FLUIDE U3.13.03  
2D\_FLUI\_ABSO U3.13.13  
2D\_FLUI\_PESA U3.14.02  
2D\_FLUI\_STRU U3.13.03



Titre : Opérateur AFPE\_MODELE  
Responsable : Jacques PELLET

Date : 16/06/2011 Page : 6/12  
Clé : U4.41.01 Révision : 6547

AXIS_THM	U3.13.08
AXIS_HHD	R5.04.03
AXIS_HHS	R5.04.03
AXIS_HH2D	R5.04.03
AXIS_HH2S	R5.04.03

D_PLAN_HH2MD	
D_PLAN_HH2MS	
D_PLAN_HHMD	
D_PLAN_HHMS	
D_PLAN_HHM	U3.13.08
D_PLAN_HMD	
D_PLAN_HMS	
D_PLAN_HM	U3.13.08
D_PLAN_HM_P	U3.13.08
D_PLAN_THH2D	
D_PLAN_THH2S	
D_PLAN_THH2MD	
D_PLAN_THH2MS	
D_PLAN_THHD	
D_PLAN_THHS	
D_PLAN_THHMD	
D_PLAN_THHMS	
D_PLAN_THMD	
D_PLAN_THMS	
D_PLAN_THM	U3.13.08
D_PLAN_HHD	R5.04.03
D_PLAN_HHS	5.04.03
D_PLAN_HS	R5.04.03
D_PLAN_HH2D	R5.04.03
D_PLAN_HH2S	R5.04.03
D_PLAN_2DG	R5.04.03
D_PLAN_DIL	R5.04.03

MECANIQUE 2D hydro non saturé en volumes finis

D_PLAN_HH2SUC
D_PLAN_HH2SUDA
D_PLAN_HH2SUDM

MECANIQUE 2D éléments joints avec couplage hydromécanique

AXIS_JHMS
PLAN_JHMS

MECANIQUE 2D méthode XFEM (fissuration)

D_PLAN_XFEM_CONT
C_PLAN_XFEM_CONT

Pour les maillages 2D, permet de renseigner les groupes de mailles ou les mailles susceptibles d'être coupées par la fissure lorsque le contact est défini sur les lèvres de la fissure. Sont permis les types de mailles suivants : les QUAD8 et TRIA6 et les mailles de bord de ces éléments, soient les SEG3. Si les mailles sont linéaires, il faut au préalable les transformer en mailles quadratiques (avec LINE\_QUAD de l'opérateur CREA\_MAILLAGE).

### MECANIQUE 3D

MECANIQUE 3D barres et cables

2D_BARRE	
BARRE	U3.11.01
CABLE_POULIE	U3.11.03
CABLE	U3.11.03

MECANIQUE 3D elements discrets	
DIS_TR	U3.11.02
DIS_T	U3.11.02
MECANIQUE 3D fluide-structure	
3D_FAISCEAU	
3D_FLUIDE	U3.14.02
MECANIQUE 3D frontière absorbante	
3D_ABSO	U3.14.09
3D_FLUI_ABSO	U3.14.10
MECANIQUE 3D grilles d'armatures de béton	
GRILLE_MEMBRANE	
GRILLE_EXCENTRE	U3.12.04
MECANIQUE 3D milieux continus	
3D_SI	U3.14.01
3D	U3.14.01
MECANIQUE 3D non local	
3D_GRAD_EPSI	U3.14.11
3D_GRAD_VARI	
MECANIQUE 3D plaques et coques	
COQUE_3D	U3.12.03
DKT	U3.12.01
DST	U3.12.01
Q4G	U3.12.01
MECANIQUE 3D poutres	
FLUI_STRU	U3.14.02
POU_C_T	U3.11.01
POU_D_EM	U3.11.07
POU_D_E	U3.11.01
POU_D_TGM	U3.11.04
POU_D_TG	U3.11.04
POU_D_T_GD	U3.11.05
POU_D_T	U3.11.01
MECANIQUE 3D quasi incompressible	
3D_INCO	U3.14.06
3D_INCO_GD	R3.06.08
MECANIQUE 3D thermohydromecanique	
3D_HHMD	
3D_HHM	U3.14.07
3D_HMD	
3D_HM	U3.14.07
3D_THHD	
3D_THHMD	
3D_THHM	U3.14.07
3D_THMD	
3D_THM	U3.14.07
3D_THVD	
3D_THH2MD	
3D_THH2M	
3D_HH2MD	
3D_HH2MS	
3D_THH2S	

Titre : Opérateur AFFE\_MODELE  
Responsable : Jacques PELLET

Date : 16/06/2011 Page : 8/12  
Clé : U4.41.01 Révision : 6547

3D_THH2D	
3D_HHD	R5.04.03
3D_HHS	R5.04.03
3D_HS	R5.04.03
3D_HH2D	R5.04.03
3D_HH2S	R5.04.03

MECANIQUE 3D hydro non saturé en volumes finis

3D\_HH2SUC  
3D\_HH2SUDA  
3D\_HH2SUDM

MECANIQUE 3D tuyaux

TUYAU_3M	U3.11.06
TUYAU_6M	U3.11.06

MECANIQUE 3D élément de coque massif

SHB	U3.12.05
-----	----------

MECANIQUE 3D méthode XFEM (fissuration)

3D\_XFEM\_CONT

Pour les maillages 3D, permet de renseigner les groupes de mailles ou les mailles susceptibles d'être coupées par la fissure lorsque le contact est défini sur les lèvres de la fissure. Sont permis les types de mailles suivants : HEXA20, PENTA15, TETRA10, et les mailles de bords de ces éléments, soient les QUAD8 et TRIA6. Si les mailles sont linéaires, il faut au préalable les transformer en mailles quadratiques (avec LINE\_QUAD de l'opérateur CREA\_MAILLAGE).

Mécanique 3D éléments joints pour la propagation de fissure

3D_JOINT	U3.13.14
3D_INTERFACE	R3.06.13

## 3.4 Mot clé **AFFE\_SOUS\_STRUC**

◆ | **AFFE\_SOUS\_STRUC**

N'est utilisable que pour un modèle utilisant des sous-structures statiques [U1.01.04].

◆ / **SUPER\_MAILLE = l\_mail**

**l\_mail** est la liste des super-maillles que l'on veut affecter dans le modèle. Comme pour les éléments finis, il n'est pas obligatoire d'affecter toutes les mailles du maillage. C'est **AFFE\_MODELE** qui confirme quelles sont les sous-structures qui seront utilisées dans le modèle. La différence avec les éléments finis classiques est que sur les super-maillles, on ne choisit ni la **MODELISATION** ni le **PHENOMENE** car le macro-élément (construit par l'opérateur **MACR\_ELEM\_STAT** [U4.62.01]) qui sera affecté sur la super-maille possède sa propre modélisation et son propre phénomène (ceux qui ont servi à le calculer).

/ **TOUT = 'OUI'**

Toutes les (super) mailles sont affectées.

## 3.5 Opérande **VERIF**

◇ **VERIF**

Valeur	Contenu / signification
'MAILLE'	vérifie l'affectation à toutes les mailles demandées sinon erreur
'NOEUD'	vérifie l'affectation à tous les nœuds demandés sinon erreur

Par défaut : aucune vérification n'est effectuée.

## 3.6 Opérande **VERI\_JACOBIEN**

◇ **VERI\_JACOBIEN = 'OUI' / 'NON'**

Ce mot clé sert à vérifier que les mailles du modèle ne sont pas trop distordues. On calcule le jacobien de la transformation géométrique qui transforme l'élément de référence en chaque maille réelle du modèle. Si sur les différents points d'intégration d'une maille, le jacobien change de signe, c'est que cette maille est très « mal fichue ».

Une alarme (**CALCULEL\_7**) est alors émise.

## 3.7 Opérande **GRANDEUR\_CARA**

◇ **GRANDEUR\_CARA = \_F( LONGUEUR = lcara, ...)**

Ce mot clé sert à définir quelques grandeurs physiques caractéristiques du problème traité. Ces grandeurs sont utilisées actuellement pour « adimensionner » certains termes des estimateurs d'erreur en « HM ». Voir [R4.10.05].

## 3.8 Mot clé **PARTITION**

◇ **PARTITION**

Ce mot-clé permet de répartir les éléments finis du modèle pour le parallélisme des calculs élémentaires, des assemblages et de certains solveurs linéaires. Cf.[U2.08.06] « Notice d'utilisation du parallélisme ».

Il définit comment seront distribués (ou non) les mailles/éléments pour les phases parallélisées de Code\_Aster. L'utilisateur a donc la possibilité de piloter cette distribution entre les processeurs.

Le parallélisme s'opère:

- sur les calculs élémentaires et sur les assemblages matrices/vecteurs,
- à la résolution du système si le solveur est parallélisé (« mumps distribué » ou fcti ).

**Remarque :**

Il est possible de modifier le mode de distribution au cours de son étude. Il suffit d'utiliser la commande `MODI_MODELE [U4.41.02]`.

## 3.8.1 Opérande PARALLELISME

### 3.8.1.1 PARALLELISME = / 'CENTRALISE'

Le parallélisme ne commence qu'au niveau du solveur. Chaque processeur construit et fournit au solveur l'intégralité du système à résoudre. Les calculs élémentaires ne sont pas parallélisés.

### 3.8.1.2 PARALLELISME = / 'GROUP\_ELEM' [DEFAULT]

C'est le mode de distribution choisi par défaut. Tous les éléments d'un même groupe d'éléments sont traités par le même processeur. De cette façon, le parallélisme ne consiste plus à « sauter » les éléments, mais à sauter les groupes d'éléments, ce qui est souvent plus efficace.

L'équilibrage de charge pour les différents processeurs n'est assuré que si le nombre de groupes d'éléments est assez grand vis-à-vis du nombre de processeurs. Malheureusement, la taille et le nombre des groupes d'éléments est cachée à l'utilisateur. Un groupe d'élément est formé d'éléments finis de même type. Par exemple, il ne peut pas y avoir un mélange de triangles et quadrangles dans un même groupe. Pour un type d'élément donné, on limite la taille des groupes en faisant en sorte que la taille cumulée des matrices élémentaires soit inférieure au nombre donné par le mot clé `DEBUT / MEMOIRE / TAILLE_BLOC`.

Actuellement, la valeur par défaut de ce mot clé est 800. ce qui permet de faire des groupes de 125 éléments 3D. En modifiant ce mot clé, l'utilisateur peut changer la taille (et donc le nombre) des groupes d'éléments.

### 3.8.1.3 PARALLELISME = / 'MAIL\_DISPERSER'

La distribution s'opère sur les mailles. Elles sont réparties équitablement sur les différents processeurs disponibles. Les mailles sont réparties sur les différents processeurs comme on le fait quand on distribue des cartes à plusieurs joueurs. On parle aussi de distribution « cyclique ».

Par exemple, avec un modèle comportant 8 mailles, une machine de 4 processeurs disponibles, on obtient la répartition suivante:

Mode de distribution	Maille 1	Maille 2	Maille 3	Maille 4	Maille 5	Maille 6	Maille 7	Maille 8
MAIL_DISPERSER	Proc. 0	Proc. 1	Proc. 2	Proc. 3	Proc. 0	Proc. 1	Proc. 2	Proc. 3

On voit qu'avec ce mode de distribution, un processeur traitera des mailles régulièrement espacées dans l'ordre des mailles du maillage. L'avantage de cette répartition est que « statistiquement », chaque processeur traitera autant d'hexaèdres, de pentaèdres, ..., et de triangles.

La charge de travail pour les calculs élémentaires sera en général bien répartie. En revanche, la matrice assemblée sur un processeur sera très « dispersée », à l'inverse de ce qui se passe pour le mode 'MAIL\_CONTIGU'.

### 3.8.1.4 PARALLELISME = / 'MAIL\_CONTIGU'

La distribution s'opère sur les mailles. Elles sont réparties en paquets de mailles contigües sur les différents processeurs disponibles.

Par exemple, avec un modèle comportant 8 mailles, une machine de 4 processeurs disponibles, on obtient la répartition suivante:

Mode de distribution	Maille 1	Maille 2	Maille 3	Maille 4	Maille 5	Maille 6	Maille 7	Maille 8
MAIL_CONTIGU	Proc. 0	Proc. 0	Proc. 1	Proc. 1	Proc. 2	Proc. 2	Proc. 3	Proc. 3

Pour ce mode de distribution, la charge de travail pour les calculs élémentaires peut être moins équilibrée. Par exemple, un processeur peut n'avoir à traiter que des mailles « faciles » de bord. En revanche, la matrice assemblée sur un processeur est en général plus compacte.

### 3.8.1.5 Mot clé CHARGE\_PROC0\_MA

```
◇ CHARGE_PROC0_MA = / 100 [DEFAULT]
                    / pct
```

Ce mot clé n'est accessible que pour les modes de parallélisme 'MAIL\_DISPERSE' et 'MAIL\_CONTIGU'

Par défaut, la charge est répartie équitablement entre tous les processeurs, y compris le processeur 0. Si on souhaite soulager le processeur 0 (ou au contraire le sur-charger), on peut utiliser le mot clé CHARGE\_PROC0\_MA. Ce mot clé permet à l'utilisateur de choisir le pourcentage de charge que l'on souhaite affecter au processeur 0.

Par exemple, si l'utilisateur choisit CHARGE\_PROC0\_MA = 80, le processeur 0 traitera 20% d'éléments de moins que les autres processeurs, soit 80% de la charge qu'il devrait supporter si le partage était équitable entre les processeurs.

### 3.8.1.6 PARALLELISME = / 'SOUS\_DOMAINE'

La distribution des mailles se base sur une décomposition en sous-domaines construite en amont via l'opérateur DEFI\_PART\_FETI.

```
◆ PARTITION        = part [feti]
◇ CHARGE_PROC0_SD = / 0 [DEFAULT]
                    / nbsd
```

Le mot-clé PARTITION reçoit le concept produit par DEFI\_PART\_FETI qui définit le partitionnement en sous-domaines.

Le mot-clé CHARGE\_PROC0\_SD permet d'attribuer le nombre de sous-domaines pour le processeur 0 (processeur maître). Si CHARGE\_PROC0\_SD = 1, alors le processeur 0 ne prendra en charge qu'un seul sous-domaine.

Par exemple, avec une structure de données SD\_FETI comportant 5 sous-domaines et une machine disposant de 2 processeurs, et CHARGE\_PROC0\_SD = 2, on obtient la répartition suivante:

Mode de distribution	Sous-dom. 1	Sous-dom. 2	Sous-dom. 3	Sous-dom. 4	Sous-dom. 5
SOUS_DOMAINE	Proc. 0	Proc. 0	Proc. 1	Proc. 1	Proc. 1

## 4 Phase d'exécution

A partir des mots clés PHENOMENE et MODELISATION, on crée une structure de données spécifiant le type d'élément attaché à chaque maille. Il y a éventuellement des créations de mailles supplémentaires de type POI1 lorsque des affectations sont faites sur des nœuds ou des groupes de nœuds. Ces mailles ne sont pas accessibles à l'utilisateur. C'est pourquoi il est fortement conseillé d'utiliser CREA\_MALLAGE [U4.23.02] pour créer des mailles POI1 utilisables dans le fichier de commande (pour STAT\_NON\_LINE par exemple).

Un rappel succinct des affectations est imprimé systématiquement (INFO=1) dans le fichier message.

Par exemple :

```
SUR LES          612 MAILLES DU MAILLAGE MA
ON A DEMANDE L'AFFECTION DE          612
ON A PU EN AFFECTER          612

MODELISATION     ELEMENT FINI         TYPE MAILLE          NOMBRE
3D               MECA_TETRA4          TETRA4                52
3D               MECA_PENTA6          PENTA6                16
...
3D               MECA_FACE3           TRIA3                 60
```

## 5 Exemple

```
mo = AFPE_MODELE ( MAILLAGE = ma,
                   VERIF = ( 'MAILLE', 'NOEUD' ),
                   AFPE = ( _F ( GROUP_MA = gma,
                                PHENOMENE = 'MECANIQUE',
                                MODELISATION = '3D' ),
                             _F ( GROUP_NO = gno,
                                PHENOMENE = 'MECANIQUE',
                                MODELISATION = 'DIS_T' ),
                   ) )
```

Pour une modélisation du phénomène 'MECANIQUE', on affecte :

- sur le groupe de mailles gma des éléments 3D isoparamétriques,
- sur le groupe de nœuds gno des éléments discrets à 3 degrés de liberté de translation.