

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.4- : Modélisation
Document : U4.43.03

Opérateur *AFFE_MATERIAU*

1 But

Affecter des matériaux à des zones géométriques d'un maillage.

Définir les variables de commande (température, hydratation, séchage, corrosion,...) pour les calculs numériques.

Produit une structure de données de type `cham_mater`.

2 Syntaxe

```
chm [cham_mater] = AFPE_MATERIAU
```

```
(  ♦  MAILLAGE = ma ,                /                [maillage]
                                /                [squelette]
  ♦  MODELE    = mo ,                /                [modele]
```

```
# affectation du nom du matériau :
```

```
♦  AFPE = (_F(
                ♦  /  TOUT      =  'OUI' ,
                  /  |  GROUP_MA = lgma ,  [l_gr_maille]
                  |  MAILLE    = lma  ,  [l_maille]

                ♦  MATER =      /  mat ,      [mater]
                  /  l_mat ,      [l_mater]

                ♦  TEMP_REF =      tref ,  [R]
            ),),
```

```
# affectation des variables de commandes :
```

```
♦  AFPE_VARC = (_F(
                ♦  /  TOUT      =  'OUI' ,  [DEFAULT]
                  /  |  MAILLE    =  lma ,  [l_maille]
                  |  GROUP_MA    =  lgma ,  [l_gr_maille]

                ♦  NOM_VARC =      /  'TEMP' ,
                  /  |  'CORR' ,
                  /  |  'EPSA' ,
                  /  |  'HYDR' ,
                  /  |  'IRRA' ,
                  /  |  'M_ACIER' ,
                  /  |  'M_ZIRC' ,
                  /  |  'NEUT1' ,
                  /  |  'NEUT2' ,
                  /  |  'SECH' ,

                /  CHAMP_GD =  chvarc      [champ]
                /  EVOL     =  evovarc     [evol_sdaster]
                  ♦  NOM_CHAM = nosymb ,  [TXM]
                  ♦  FONC_INST = finst ,  [fonction]
                ♦  PROL_DROITE = /  'EXCLU' , [DEFAULT]
                  /  |  'CONSTANT' ,
                  /  |  'LINEAIRE' ,
                ♦  PROL_GAUCHE = /  'EXCLU' , [DEFAULT]
                  /  |  'CONSTANT' ,
                  /  |  'LINEAIRE' ,

                ♦  VALE_REF =  vref ,      [R]
            ),),
```

```
# affectation du "comportement" des poutres multi-fibres :
```

```
♦  AFPE_COMPOR = (_F(
                ♦  /  TOUT      =  'OUI' ,  [DEFAULT]
                  /  |  GROUP_MA =  lgma ,  [l_gr_maille]
                  |  MAILLE    =  lma  ,  [l_maille]

                ♦  COMPOR =      compor ,  [compor]
            ),),
```

Titre : Opérateur AFPE_MATERIAU
Auteur(s) : **J. PELLET**

Date : 26/12/07
Clé : U4.43.03-J1 Page : 3/11

 ◇ INFO = / 1 , [DEFAULT]
 / 2
)

3 Généralités

Cette commande sert à affecter les caractéristiques matérielles sur les éléments finis du modèle (même si ce sont les mailles du maillage qui sont réellement affectées). Ces caractéristiques matérielles sont définies par les matériaux que l'on affecte sur les mailles (mot clé MATER). Chaque matériau contient un certain nombre de paramètres (module d'Young, masse volumique, ...). Ces paramètres peuvent être des fonctions de certaines variables. Nous appellerons ces variables des "variables de commande".

Actuellement, les variables de commande utilisées (en mécanique) sont la température, l'hydratation, le séchage, les phases métallurgiques, l'irradiation, la corrosion, ...

Toutes ces variables de commande doivent être affectées avec la commande AFPE_MATERIAU (mot clé AFPE_VARC).

Dans le cas de modèles avec poutres multi-fibres, il faut également affecter dans cette commande les "comportements" définis avec la commande DEFI_COMPOR/MULTI_FIBRE [U4.43.06].

4 Opérandes

4.1 MAILLAGE

♦ MAILLAGE = ma ,

Nom du maillage (ou du squelette) que l'on veut affecter par des caractéristiques de matériau.

Remarques :

L'opération d'affectation est la même pour les mailles d'un squelette que pour les mailles d'un maillage. Dans la suite du document, on dira toujours maillage pour simplifier.

Lorsque l'on affecte des matériaux sur les mailles d'un squelette, c'est que l'on veut calculer des contraintes (par exemple) sur les mailles de post-traitement (plus grossières).

4.2 MODELE

♦ MODELE = mo ,

Nom du modèle. Cet argument (facultatif) ne sert qu'à vérifier que les mailles affectées dans la commande font bien partie du modèle.

4.3 Mot clé facteur AFPE

Le mot clé facteur AFPE permet d'affecter différents matériaux sur des "morceaux" du maillage.

4.3.1 Remarque concernant les calculs de mécanique de la rupture

En règle générale, les caractéristiques matérielles doivent être connues sur les éléments finis modélisant la "matière" : les éléments "volumiques" (ou de structure). Les éléments finis de "peau" sont là pour appliquer des conditions aux limites et n'ont pas à connaître les propriétés matérielles de la matière sous-jacente. Une exception existe pour le calcul de l'option CALC_K_G des opérateurs CALC_G_XXXX. Pour ces calculs, les éléments finis modélisant les lèvres de la fissure doivent être affectés par le même matériau que les éléments "volumiques" sous-jacents.

4.3.2 Opérandes TOUT='OUI', GROUP_MA, MAILLE

Les mots clés TOUT, GROUP_MA et MAILLE permettent de désigner l'ensemble des mailles qui seront affectées.

Si une maille apparaît explicitement (ou implicitement) dans plusieurs occurrences du mot-clé facteur AFPE, la règle de surcharge est appliquée : c'est la dernière affectation qui prime [U2.01.08].

4.3.3 Opérande MATER

- ♦ `MATER = mat,`
Nom du matériau que l'on veut affecter.

Dans le cas général, chaque maille n'est affectée que par un seul matériau. Parfois, il faut indiquer une liste de matériaux quand le comportement mécanique non linéaire est obtenu par la commande `DEFI_COMPOR` [U4.43.06].

4.3.4 Opérande TEMP_REF

Remarque : ce mot clé ne devrait plus être utilisé. Il est associé à la vieille syntaxe `AFFE_CHAR_MECA/TEMP_CALCULEE`.

Pour définir la température de référence, il faut maintenant utiliser :
`AFFE_MATERIAU/AFFE_VARC/NOM_VARC='TEMP' + VALE_REF`

4.4 Mot clé AFFE_VARC

Ce mot clé facteur permet d'affecter des champs de variables de commande sur les mailles du maillage.

Ce mot clé peut être répété. Il faut utiliser plusieurs occurrences d'`AFFE_VARC` pour pouvoir affecter plusieurs variables de commande différentes. Mais on peut aussi utiliser plusieurs occurrences pour une seule variable. Par exemple, sur un modèle mixte (3D + poutres), on peut affecter comme température :

- `1 evol_ther` calculé sur les éléments 3D
- 1 champ de température (constant en temps) sur les éléments de poutre.

4.4.1 Opérande NOM_VARC

- ♦ `NOM_VARC = nomvarc,`
Nom de la variable de commande que l'on veut affecter (`TEMP`, `IRRA`, `CORR`, `HYDR`, `SECH`, ...).

Signification et rôle des différentes variables :

TEMP	température
CORR	corrosion des aciers
EPSA	déformation anélastique
HYDR	hydratation du béton
IRRA	irradiation, fluence
M_ACIER	phases métallurgiques de l'acier
M_ZIRC	phases métallurgiques du zircaloy
NEUT1	variable "neutre" 1 : permet de faire varier les coefficients matériels des matériaux en fonction d'un paramètre "utilisateur" (voir exemple 3 ci-dessous)
NEUT2	variable "neutre" 2 (comme NEUT1)
SECH	séchage du béton

Certaines variables de commande sont des scalaires. D'autres sont des "vecteurs" comprenant plusieurs composantes scalaires.

On donne dans le tableau ci-dessous le nom des composantes des variables de commandes

TEMP	TEMP
CORR	CORR

EPSA	EPSAXX, EPSAYY, EPSAZZ, EPSAXY, EPSAXZ, EPSAYZ
HYDR	HYDR
IRRA	IRRA
M_ACIER	FERRITE, PPERLITE, PBAINITE, PMARTENS, TAUSTE, TRANSF, TACIER
M_ZIRC	ALPHPUR, ALPHBETA, TZIRC
NEUT1	NEUT1
NEUT2	NEUT2
SECH	SECH

4.4.2 Opérandes TOUT= 'OUI', GROUP_MA, MAILLE

Ces mots clés permettent de désigner les mailles de la zone à affecter.

4.4.3 Opérande CHAMP_GD

Ce mot clé permet d'associer à la variable de commande `nomvarc` le champ `chvarc`. Ce champ est un champ de réels (pas de fonctions). Il est donc indépendant du temps et sera utilisé tout au long des calculs transitoires.

Si les valeurs de la variable de commande sont dépendantes du temps, il faut utiliser le mot clé `EVOL` (voir ci-dessous). Les `Cham_elen ELGA` ne sont pas autorisés.

4.4.4 Opérandes EVOL, NOM_CHAM, FONC_INST, PROL_DROITE, PROL_GAUCHE

Ces mots clés permettent d'associer à la variable de commande `nomvarc` le transitoire `evovarc`. Le mot clé `NOM_CHAM` permet d'indiquer le nom symbolique des champs de la `SD_résultat` à utiliser. Par défaut, le code choisit :

TEMP	'TEMP'
CORR	'CORR'
EPSA	'IRRA'
HYDR	'HYDR_ELNO_ELGA'
IRRA	'IRRA'
M_ACIER	'META_ELNO_TEMP'
M_ZIRC	'META_ELNO_TEMP'
NEUT1	'NEUT'
NEUT2	'NEUT'
SECH	'TEMP'

Les champs sont des champs de réels (pas de fonctions). Les `cham_elen ELGA` ne sont pas autorisés.

Le mot clé `FONC_INST = finst` permet de définir une fonction (du temps) qui sert de correspondance entre le "temps" de l'évolution `evovarc` (`t_evo`) et le "temps" du calcul ultérieur (`t_calc`). La fonction peut être une simple "translation" (pour tenir compte du fait que le début des instants du calcul mécanique est différent de l'instant du début du calcul thermique, mais on peut faire plus compliqué, par exemple pour imposer un chargement mécanique (dilatation thermique) "cyclique" en ne calculant qu'un seul cycle de température. On pourra consulter le cas test `zzzz223a` pour illustrer l'usage de ce mot clé.

Attention : La fonction `finst` doit être telle que : `t_evo = finst(t_calc)`

Les mots clés `PROL_GAUCHE` et `PROL_DROITE` permettent de spécifier si l'on peut utiliser le transitoire `evovarc` avant l'instant "min" du transitoire (`PROL_GAUCHE`) et/ou après l'instant "max" du transitoire (`PROL_DROITE`).

La valeur 'EXCLU' provoquera une erreur si on cherche à utiliser le transitoire en dehors de son domaine.

La valeur 'CONSTANT' prolonge le transitoire par les valeurs à l'instant "min" (ou "max").

La valeur 'LINEAIRE' prolonge linéairement le transitoire à partir des 2 premiers (ou derniers) points du transitoire.

4.4.5 Opérande VALE_REF

Ce mot clé permet de définir une valeur de "référence" pour la variable de commande `nomvarc` lorsque celle-ci a besoin d'une valeur de référence. Pour l'instant, les seules variables de commande nécessitant une valeur de référence sont 'TEMP' et 'SECH' :

◇ `VALE_REF = Tref (ou c0)` [R]

4.4.5.1 Température de référence (Tref) :

La température de référence T_{ref} introduite derrière le mot clé `VALE_REF` est la température pour laquelle il n'y a pas de déformation thermique (cf. [R4.08.01]).

Si le coefficient de dilatation thermique α (dont la valeur est introduite dans la commande `DEFI_MATERIAU` [U4.43.01]) ne dépend pas de la température : $\varepsilon^{th}(T) = \alpha(T - T_{ref})$.

Si le coefficient de dilatation thermique dépend de la température l'expression mathématique permettant le calcul de la déformation thermique diffère en fonction de la spécification du coefficient de dilatation thermique dans la commande `DEFI_MATERIAU` :

- les valeurs du coefficient de dilatation thermique (introduites dans `DEFI_MATERIAU`) ont été déterminées par des essais de dilatométrie effectués à la température T_{ref} .

Dans ce cas, le mot clé `TEMP_DEF_ALPHA` ne doit pas être spécifié dans la commande `DEFI_MATERIAU` et la déformation thermique est calculée par l'expression :

$$\varepsilon^{th}(T) = \alpha(T) (T - T_{ref}) \quad \text{et} \quad \varepsilon^{th}(T_{ref}) = 0$$

où $\alpha(T)$ est renseigné sous le mot clé `ALPHA` (ou `ALPHA_*`) dans `DEFI_MATERIAU`.

- les valeurs du coefficient de dilatation thermique sont déterminées par des essais de dilatométrie qui ont eu lieu à une température T_{def} différente de la température de référence T_{ref} .

Il faut alors effectuer un changement de repère dans le calcul de la déformation thermique [R4.08.01].

$$\varepsilon^{th}(T) = \varepsilon_m^{th}(T) - \varepsilon_m^{th}(T_{ref})$$

où ε_m^{th} est la déformation thermique mesurée (définie par rapport à la température T_{def}),

ε^{th} est la déformation thermique calculée (définie par rapport à la température T_{ref}).

La température T_{def} est renseignée sous le mot clé `TEMP_DEF_ALPHA` dans `DEFI_MATERIAU`, et les valeurs du coefficient de dilatation (définies par rapport à la température T_{def}) sont renseignées sous le mot clé `ALPHA` ou (`ALPHA_*`) dans `DEFI_MATERIAU`.

4.4.5.2 Séchage de référence (c0) :

`c0` représente la teneur en eau initiale du béton. L'utilisateur doit fournir ce nombre lorsqu'il fait un calcul mécanique (`MECA_STATIQUE` ou `STAT_NON_LINE`) avec un chargement de type `SECH_CALCULEE`.

`c0` doit être donné dans les mêmes unités que le "séchage" de `SECH_CALCULEE` (par exemple en L/m^3). Cette unité doit être cohérente avec le paramètre `DEFI_MATERIAU/ELAS_FO/K_DESSIC`.

A cette teneur en eau initiale, le retrait de dessiccation est nul puisque :

$$EPS_{rd} = K_{DESSIC} (C0 - C).$$

4.5 Mot clé facteur `AFFE_COMPOR`

Ce mot clé facteur permet d'affecter le "comportement multi-fibres" des éléments de poutres multi-fibres.

Les mot clés `TOUT`, `GROUP_MA` et `MAILLE` permettent de désigner l'ensemble des mailles qui seront affectées.

Derrière le mot clé `COMPOR`, l'utilisateur indiquera le nom d'un concept de type `compor` provenant de la commande `DEFI_COMPOR/MULTIFIBRE`.

4.5.1 Opérande MATER

- ♦ MATER = mat ,
Nom du matériau que l'on veut affecter.

Dans le cas général, chaque maille n'est affectée que par un seul matériau. Parfois, il faut indiquer une liste de matériaux quand le comportement mécanique non linéaire est obtenu par la commande DEFI_COMPOR [U4.43.06].

5 Exemples

Exemple 1 (mécanique sans dilatation thermique)

```
chmat = AFPE_MATERIAU (  MAILLAGE = ma ,
    AFPE = (
        _F(TOUT = 'OUI' ,          MATER = acier),
        _F(MAILLE=( 'ma1' , 'ma2' , 'ma3' ) ,  MATER = alu,)),
    )
```

Sur l'ensemble du maillage (sauf les mailles : ma1, ma2, ma3) est affecté le matériau de nom acier.
Sur les mailles ma1, ma2, ma3 est affecté le matériau alu.

Exemple 2 (mécanique avec dilatation thermique)

Affectation sur tout le maillage du matériau MAT dont certains paramètres sont des fonctions de la température. De plus le coefficient de dilatation thermique est défini pour ce matériau. L'évolution temporelle de la température est donnée via la SD résultat EVOTH (de type evol_ther). La température de référence (celle pour laquelle la dilatation est nulle) vaut 20 degrés.

```
CHMAT = AFPE_MATERIAU (MAILLAGE = MA,
    AFPE =_F(TOUT='OUI' , MATER = MAT, ),
    AFPE_VARC=_F(NOM_VARC='TEMP' , EVOL =EVOTH, VALE_REF=20. ),
    )
```

Exemple 3

Affectation sur tout le maillage du matériau MAT dont certains paramètres sont des fonctions de l'irradiation. L'évolution temporelle de l'irradiation est donnée via la SD résultat EVOL = FLUENC.

```
CHMAT = AFPE_MATERIAU (MAILLAGE = MA,
    AFPE =_F(TOUT='OUI' , MATER = MAT, ),
    AFPE_VARC=_F(NOM_VARC='IRRA' , EVOL =FLUENC, ),
    )
```

Exemple 4

Utilisation de la variable de commande 'NEUT1' pour simuler une dépendance des coefficients matériels en fonction du module d'Young2.

Dans cet exemple (issu du cas test ssv130c), on veut illustrer la possibilité d'utiliser un champ de module d'Young que l'on suppose connu (CHYOUNG). Par exemple, ce champ est lu dans un fichier (LIRE_CHAMP) ou bien il est le résultat d'un calcul. On va alors définir un matériau pour lequel le module d'Young (mot clé E) est la fonction "identité" de la variable 'NEUT1' et on affecte le champ CHYOUNG comme variable de commande 'NEUT1'.

```
CHYOUNG= ...
NU_F=DEFI_CONSTANTE( VALE=0.3 )
E_F = DEFI_FONCTION(NOM_PARA='NEUT1' , VALE=(-1.E-9, -1.E-9, 1.E+9, 1.E+9));
MA=DEFI_MATERIAU(ELAS_FO=_F(E=E_F, NU=NU_F, ), );
```

Titre : *Opérateur AFPE_MATERIAU*

Date : 26/12/07

Auteur(s) : **J. PELLET**

Clé : U4.43.03-J1 Page : 10/11

```
CM=AFPE_MATERIAU( MAILLAGE=M,  
                   AFPE=_F(TOUT= 'OUI' , MATER= MA) ,  
                   AFPE_VARC=_F(NOM_VARC='NEUT1' , CHAMP_GD=CHYOUNG) ,  
                   )
```

Page laissée intentionnellement blanche.