

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 (hydratation, séchage, corrosion,...) pour les calculs numériques.

Produit une structure de données de type `cham_mater`.

```
chm [cham_mater] = AFFE_MATERIAU
```

affectation du nom du matériau et de la température de référence :

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

```

◆ AFFE_VARC =      (_F(
                    ◇ /   TOUT      =   'OUI' ,      [DEFAULT]
                      /   |   MAILLE  =   lma ,      [l_maille]
                      |   GROUP_MA =   lgma ,      [l_gr_maille]

                    ◆  NOM_VARC =      /   'CORR' ,
                                      /   'EPSA' ,
                                      /   'HYDR' ,
                                      /   'IRRA' ,
                                      /   'M_ACIER' ,
                                      /   'M_ZIRC' ,
                                      /   'NEUT1' ,
                                      /   'NEUT2' ,
                                      /   'SECH' ,

                    /   CHAMP_GD  =   chvarc          [champ]
                    /   EVOL      =   evovarc          [evol_sdaster]
                      ◇   NOM_CHAM = nosymb,          [TXM]
                    ◇   PROL_DROITE = / 'EXCLU' ,      [DEFAULT]
                                      / 'CONSTANT' ,
                                      / 'LINEAIRE' ,
                    ◇   PROL_GAUCHE = / 'EXCLU' ,      [DEFAULT]
                                      / 'CONSTANT' ,
                                      / 'LINEAIRE' ,

                    ◇   VALE_REF  = vref,              [R]

                    ),),

```

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). Seule la température n'est pas affectée par AFPE_MATERIAU : il faut continuer à utiliser le mot clé TEMP_CALCULEE d'AFPE_CHAR_MECA.

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 Lieu d'affectation

♦ AFPE

Mot clé facteur qui permet d'affecter différents matériaux sur des "morceaux" du maillage.

/ TOUT = 'OUI' ,

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

/ GROUP_MA = lgma ,

Ce mot clé permet d'affecter sur une liste de groupes de mailles du maillage.

/ MAILLE = lma ,

Ce mot clé permet d'affecter sur une liste de mailles du maillage.

A chaque groupe de mailles, (mot-clé GROUP_MA) ou chaque liste de mailles (mot-clé MAILLE), ou encore à tout le maillage (mot-clé TOUT) est affecté un matériau mat, qui est un concept produit par l'un des opérateurs DEFI_MATERIAU [U4.43.01] ou DEFI_COQU_MULT [U4.42.03].

Rappelons que la commande DEFI_MATERIAU [U4.43.01] permet de définir les paramètres des relations de comportement à utiliser pour une analyse mécanique, thermique, acoustique. La commande DEFI_COQU_MULT [U4.42.03] permet de définir un matériau homogénéisé représentatif d'un matériau stratifié multicouches.

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 Quantités à affecter

4.3.1 Remarque concernant les calculs de mécanique de la rupture

En règle générale, les caractéristiques matérielles doivent être connues des 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 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].

4.3.3 Opérande TEMP_REF

♦ `TEMP_REF = Tref,`

La température de référence T_{ref} introduite derrière le mot clé `TEMP_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 Mot clé AFPE_VARC

Ce mot clé facteur permet d'affecter des champs de variables de commande sur les mailles du maillage. Une occurrence du mot clé sert à affecter une variable de commande.

4.4.1 Opérande NOM_VARC

♦ NOM_VARC = nomvarc,

Nom de la variable de commande que l'on veut affecter (IRRA, CORR, HYDR, SECH, ...).

Signification et rôle des différentes variables :

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

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 Opérands TOUT= 'OUI', GROUP, MAILLE

Ces mots clés permettent de désigner 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 Opérands EVOL,, NOM_CHAM, 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 :

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.

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, la seule variable de commande nécessitant une valeur de référence est 'SECH' :

◇ `VALE_REF = c0 [R]`

`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 :

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

5 Exemples

Exemple 1

```
chmat = AFPE_MATERIAU (  MAILLAGE = ma, AFPE = (
    _F(TOUT = 'OUI' ,  MATER = acier),
    _F(MAILLE=( 'ma1' , 'ma2' , 'ma3' ),  MATER=alu, TEMP_REF=20.)),
)
```

Sur l'ensemble du maillage (sauf les mailles : ma1, ma2, ma3) est affecté le matériau de nom `acier` avec la température de référence par défaut : 0.

Sur les mailles `ma1`, `ma2`, `ma3` est affecté le matériau `alu` avec la température de référence 20.

Exemple 2

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 3

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,,));

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

Page laissée intentionnellement blanche.