

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] = AFFE_MATERIAU

(
  ♦   MAILLAGE = ma ,
                                     /
                                     /
  ◇   MODELE   = mo ,
                                     /
                                     /
  # affectation du nom du matériau :
  ♦   AFFE = (_F(
               ♦   /   TOUT       =   'OUI' ,
               /   |   GROUP_MA = lgma ,
               |   MAILLE   = lma ,
               ♦   MATER =   /   mat ,
                       /   l_mat ,
               ),),

  # affectation des variables de commandes :
  ♦   AFFE_VARC = (_F(
               ◇   /   TOUT       =   'OUI' ,
               /   |   MAILLE   =   lma ,
               |   GROUP_MA =   lgma ,
               ♦   NOM_VARC =   /   'TEMP',
                       /   'CORR',
                       /   'EPSA',
                       /   'HYDR',
                       /   'IRRA',
                       /   'M_ACIER',
                       /   'M_ZIRC',
                       /   'NEUT1',
                       /   'NEUT2',
                       /   'SECH',
               ◇   CHAMP_GD =   chvarc
               ◇   EVOL     =   evovarc
                       ◇   NOM_CHAM = nosymb,
                       ◇   FONC_INST = finst,
               ◇   PROL_DROITE = / 'EXCLU',
                       / 'CONSTANT',
                       / 'LINEAIRE',
               ◇   PROL_GAUCHE = / 'EXCLU',
                       / 'CONSTANT',
                       / 'LINEAIRE',
               ◇   VALE_REF =   vref,
               ),),
```

```
# 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]
                  ), ),
  ◇ 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].

4.4 Mot clé AFPE_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'`AFPE_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, TEMPS
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_elem 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.

Remarque concernant la THM :

Dans une modélisation THM, la température n'est pas une variable de commande. Pourtant, le coefficient de dilatation peut être une fonction de la température. Pour pouvoir transformer la courbe $\alpha(T)$ (TEMP_DEF_ALPHA -> TEMP_REF), une température de référence est nécessaire. C'est pourquoi, contrairement à ce que dit la syntaxe, il est possible de renseigner NOM_VARC='TEMP' + VALE_REF sans renseigner les mots clés CHAMP_GD ou EVOL. Mais cet usage doit être réservé aux modélisations THM.

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/m³). 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 AFPE_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 : Mécanique avec dilatation thermique + modélisation complexe

Dans l'exemple précédent, l'évolution thermique (`EVOTH`) s'applique à tous les éléments du modèle. Mais il peut arriver que cette situation soit irréaliste pour certaines modélisations complexes. Il faut alors répéter plusieurs fois le mot clé `AFPE_VARC/NOM_VARC='TEMP'` pour affecter des évolutions thermiques différentes sur différentes parties du modèle.

Dans l'exemple suivant, le modèle est un modèle 3D dans lequel sont plongées des armatures en acier. Un calcul thermique a été réalisé au préalable sans tenir compte des armatures. On a obtenu un résultat que l'on a appelé `EVOTH3D`. La température des nœuds des éléments de l'armature est alors inconnue. Si par ailleurs, on est capable d'évaluer la température des armatures (mesures, ...) et que cette température est stockée dans le champ (`TEMP_ARM`), on peut alors faire le calcul mécanique de dilatation thermique avec le champ de matériaux suivant :

```
CHMAT = AFPE_MATERIAU (MAILLAGE = MA,  
    AFPE = _F(... ),  
    AFPE_VARC=(  
        _F(NOM_VARC='TEMP', GROUP_MA='VOLUM', EVOL =EVOTH3D, VALE_REF=20. ),  
        _F(NOM_VARC='TEMP', GROUP_MA='ARMA', CHAMP_GD =TEMP_ARM, VALE_REF=20. ),  
    ))
```

Exemple 4: Mécanique avec influence de l'irradiation

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 5 : Calcul mécanique avec un champ de module d'Young imposé

Dans cet exemple (issu du cas test ssnv130c), 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.

L' « astuce » consiste à définir un matériau pour lequel le module d'Young (mot clé ELAS/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=AFFE_MATERIAU ( MAILLAGE=M,
                   AFPE=_F(TOUT= 'OUI', MATER= MA),
                   AFPE_VARC=_F(NOM_VARC='NEUT1', CHAMP_GD=CHYOUNG),
                   )
```