

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.7- : Opérations sur les résultats et les champs**  
**Document : U4.72.05**

## Opérateur PROJ\_CHAMP

---

### 1 But

---

Le but de l'opérateur est de projeter les champs aux nœuds d'une structure de données résultat sur un autre maillage. Cette commande peut servir par exemple à transférer sur un maillage "mécanique", le résultat d'un calcul thermique réalisé sur un maillage "thermique" différent. On peut également poursuivre un calcul thermique (ou mécanique) sur un autre maillage (plus ou moins raffiné).

La commande permet de définir des "zones" (géométriques) que l'on projette les unes sur les autres ce qui permet de résoudre le problème d'une discontinuité voulue du champ projeté (par exemple le long des lèvres d'une fissure).

De manière plus anecdotique, la commande permet également de projeter les champs par éléments "ELNO" et "ELEM" (voir [§3.7]) mais cette possibilité est de moindre intérêt. De même, les méthodes (déconseillées) 'NUAGE\_DEG\_0/1' permettent de créer des cham\_no "isolés"

Produit une structure de données SD\_RESULTAT (ou exceptionnellement cham\_no )

## 2    Syntaxe

```
resu = PROJ_CHAMP  (
#   Utilisation des fonctions de forme du 1er modèle (méthode fortement
#   conseillée) :
/     METHODE=      'ELEM' ,                               [DEFAULT]
#     ♦   RESULTAT =   evol ,                               /   [evol_ther]
#                                               /   [evol_elas]
#                                               /   [evol_noli]
#                                               /   [evol_char]
#                                               /   [dyna_harmo]
#                                               /   [dyna_trans]
#                                               /   [mode_meca]
#                                               /   [mode_stat_depl]
#                                               /   [base_modale]

#     ♦   MODELE_1 =   mo1 ,                               [modele]
#     ♦   MODELE_2 =   mo2 ,                               [modele]
#     ◇   CAS_FIGURE   =   /   '3D' ,
#                                               /   '2D' ,
#                                               /   '2.5D' ,
#                                               /   '1.5D' ,

#   Pour transformer la géométrie des noeuds du modele_2
#   avant la projection :
#     ◇   TRANSF_GEOM_2   =   (fx,fy,[fz])                  [fonction]

#     #   Sélection des noms des champs
#     /   TOUT_CHAM =   'OUI' ,                               [DEFAULT]
#     /   NOM_CHAM  =   l_noch ,                             [l_Kn]

#     #   Sélection des numéros d'ordre
#     /   TOUT_ORDRE   =   'OUI' ,                             [DEFAULT]
#     /   NUME_ORDRE   =   l_nuor ,                             [l_I]
#     /   ♦   /   INST   =   l_inst ,                             [l_R]
#     /   /   FREQ      =   l_freq ,                             [l_R]
#     /   /   LIST_INST =   l_inst ,                             [listr8]
#     /   /   LIST_FREQ =   l_freq ,                             [listr8]
#     /   ♦   |   PRECISION =   /   prec ,                      [DEFAULT]
#     /   /   /   CRITERE   =   /   'RELATIF' ,                [DEFAULT]
#     /   /   /   /   'ABSOLU' ,
#
#     ◇   DISTANCE_MAX =   d_max ,                             [R]
#     ◇   ALARME       =   /   'OUI' ,                         [DEFAULT]
#     /   /   'NON' ,
#
#     ◇   PROL_ZERO    =   /   'NON' ,                         [DEFAULT]
#     ◇   TYPE_CHAM    =   'NOEU'

#   Pour imposer la numérotation des cham_no (modes) :
#     ◇   NUME_DDL      =   nu                                [nume_ddl_sdaster]

#   "Lissage" d'un nuage de points (méthode fortement déconseillée !)
/     METHODE=   /   'NUAGE_DEG_1' ,
#               /   'NUAGE_DEG_0' ,

#     ♦   CHAM_NO      =   chno1 ,                             [cham_no]
#     ♦   CHAM_NO_REFE =   chno2 ,                             [cham_no]
```

Titre :       Opérateur PROJ\_CHAMP  
Auteur(s) :   J. PELLET

Date :       04/06/07  
Clé :       U4.72.05-G   Page :   3/10

```

◇ VIS_A_VIS =(_F(
    ◆ | TOUT_1      = 'OUI' ,
      | GROUP_MA_1 = lgma1 ,      [l_gr_maille]
      | MAILLE_1   = lmail1 ,    [l_maille]
      | GROUP_NO_1 = lgno1 ,    [l_gr_noeud]
      | NOEUD_1    = lnoe1 ,    [l_noeud]
    ◆ | TOUT_2      = 'OUI' ,
      | GROUP_MA_2 = lgma2 ,      [l_gr_maille]
      | MAILLE_2   = lmail2 ,    [l_maille]
      | GROUP_NO_2 = lgno2 ,    [l_gr_noeud]
      | NOEUD_2    = lnoe2 ,    [l_noeud]
◇ CAS_FIGURE = / '3D',
                / '2D',
                / '2.5D',
                / '1.5D',
# Pour transformer la géométrie des noeuds du modele_2
# avant la projection :
◇ TRANSF_GEOM_2 = (fx,fy,[fz])    [fonction]

)),

◇ SENSIBILITE = listpara ,      [l_para_sensi]
◇ NOM_PARA = lpara ,           [l_Kn]
◇ TITRE = titr ,               [l_Kn]

) ;

```

Type du résultat de l'opérateur :

si on utilise le mot clé CHAM\_NO, resu est un CHAM\_NO de la même grandeur que chno1,  
si on utilise le mot clé RESULTAT, resu est une SD\_RESULTAT de même type que evol.

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérande METHODE

Deux familles de méthode de projection des nœuds d'un maillage sur un autre maillage sont disponibles.

La première famille (**ELEM**) est classique : pour calculer la valeur sur un nœud du nouveau maillage, on cherche dans quel élément de l'ancien maillage se trouve ce nœud, puis on interpole la valeur à l'aide des fonctions de forme de cet élément. Lorsque le nœud n'est pas dans un des éléments de l'ancien maillage (en dehors du domaine géométrique modélisé), la méthode met en relation le nœud et le point de l'élément le plus proche et interpole la valeur à l'aide des fonctions de forme de l'élément. Il y a donc (par défaut) un "prolongement" du champ à l'extérieur du maillage initial. L'opérande **DISTANCE\_MAX** permet de modifier ce comportement.

La deuxième famille (**NUAGE\_DEG\_1/0**) (**fortement déconseillée**) utilise la notion de nuages de points, en oubliant les éléments finis présents dans les modèles. Elle est plus générale que la famille (**ELEM**) car elle permet de projeter un champ aux nœuds sans que ces nœuds soient portés par des éléments finis (par exemple un ensemble de capteurs). En revanche, cette famille trouble souvent les utilisateurs familiers de la méthode des éléments finis car elle est purement géométrique et ne voit pas les frontières matérielles ni les trous : la valeur calculée sur un nœud du nouveau maillage dépend de **tous** les nœuds qui lui sont proches. Dans les zones de fort gradient, les valeurs peuvent être obtenues avec une forte extrapolation, ce qui est rarement très "physique".

#### 3.1.1 Limitations

La méthode **ELEM** traite les champs aux nœuds des **SD\_RESULTAT**.

La méthode **NUAGE\_DEG\_1/0** ne peut traiter que les champs isolés (et pas les **SD\_RESULTAT**).

### 3.2 Opérandes CHAM\_NO et CHAM\_NO\_REFE

La commande projette les valeurs du **cham\_no chno1** sur les nœuds du maillage sous-jacent au "modèle de champ" : **chno2**.

Elle crée alors le **cham\_no** résultat sur le même modèle que **chno2** (les mêmes composantes portées par les mêmes nœuds) mais avec des valeurs obtenues par "interpolation" des valeurs de **chno1**.

On peut a priori projeter un **cham\_no** de n'importe quelle grandeur réelle ou complexe, en 2D ou en 3D. Le champ à projeter et le champ modèle doivent être du même type (**DEPL\_R**, **TEMP\_R**, ...).

Le champ résultat sera alors du même type.

### 3.3 Mot clé VIS\_A\_VIS

Ce mot clé facteur facultatif permet de projeter le champ "par morceaux". Par défaut, c'est l'ensemble du champ qui est projeté.

Ce mot clé permet de projeter des champs discontinus ou de résoudre le problème de la projection de modèles complexes (voir [§3.3.3]).

S'il est utilisé ce mot clé permet à l'utilisateur de projeter un champ a priori discontinu (sur une ligne ou une surface) et de conserver cette discontinuité pour le champ projeté :

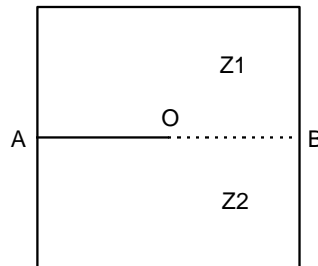


Figure 3.3-a

Par exemple, soit la structure fissurée de la [Figure 3.3-a]. Le champ de déplacement est discontinu sur la fissure : les lèvres supérieure et inférieure bien que confondues géométriquement possèdent chacune leur propre champ de déplacement.

Supposons que l'on dispose de 2 maillages (M et M') différents de cette structure et que pour chacun de ces maillages, les zones Z1 et Z2 soient représentées par deux GROUP\_MA nommés Z1 et Z2.

On pourra écrire :

```
VIS_A_VIS = ( _F( (GROUP_MA_1 = 'Z1' , GROUP_MA_2 = 'Z1' ) ,  
                  _F( GROUP_MA_1 = 'Z2' , GROUP_MA_2 = 'Z2' ) ) ,
```

Les valeurs du champ projeté sur la lèvre supérieure (appartenant à Z1) ne tiendront compte que des valeurs du champ initial sur Z1. De même les valeurs obtenues sur la lèvre inférieure ne dépendent que du champ initial sur Z2.

**Remarque :**

Sur la ligne OB, les nœuds ne sont pas dédoublés leurs valeurs seront calculées deux fois (pour les 2 occurrences de VIS\_A\_VIS). C'est la dernière occurrence qui imposera sa valeur.

#### 3.3.1 Opérandes TOUT\_1 / GROUP\_MA\_1 / MAILLE\_1 / GROUP\_NO\_1 / NOEUD\_1

Ces opérandes servent à définir l'ensemble des mailles ('ELEM') ou des nœuds ('NUAGE ...') à prendre en compte dans le maillage initial.

#### 3.3.2 Opérandes TOUT\_2 / GROUP\_MA\_2 / MAILLE\_2 / GROUP\_NO\_2 / NOEUD\_2

Ces opérandes servent à définir l'ensemble des nœuds où l'on évalue le(s) champ(s).

### 3.3.3 Utilisation du mot clé VIS\_A\_VIS pour projeter les modèles complexes

Le mot clé VIS\_A\_VIS permet par exemple de résoudre le problème de la projection d'un champ de température calculé sur un modèle contenant des éléments 3D et des éléments de coque (un solide dont la peau interne serait recouverte d'un "liner" maillé en éléments de coque).

Le problème est le suivant : les éléments 3D portent sur leurs nœuds le seul degré de liberté TEMP, alors que les éléments de coque (thermiques) portent les 3 degrés de liberté : TEMP, TEMP\_INF et TEMP\_SUP. Si on ne prend pas de précautions et que l'on projette tout le modèle d'un seul coup, les degrés de liberté TEMP\_INF et TEMP\_SUP seront "perdus" lors de la projection. En effet, comme le maillage initial contient des éléments volumique, c'est la procédure "3D" qui est appliquée : pour chaque nœud du maillage 2, on cherche une maille volumique qui contienne ce nœud (ou qui en est proche). Une fois cette maille trouvée, on interpole les degrés de liberté portés par **tous** les nœuds de cette maille. Pratiquement, aucune maille 3D ne peut porter sur tous ses nœuds les degrés de liberté TEMP\_INF et TEMP\_SUP ; ceux-ci sont donc perdus.

Pour résoudre ce problème il faut faire quelque chose comme :

```
evo2= PROJ_CHAMP( RESULTAT=evo1, ...  
                  VIS_A_VIS=( _F(GROUP_MA_1: 'VOLU' , GROUP_MA_2='VOLU' , ),  
                              _F(GROUP_MA_1: 'LINER' , GROUP_MA_2='LINER' , ) , )
```

De cette manière, les mailles de 'LINER' du maillage 2 seront affectées par les valeurs portées par les mailles de 'LINER' du maillage 1 et elles porteront les mêmes degrés de liberté.

### 3.4 Opérande RESULTAT

RESULTAT = evo1,

Nom du concept résultat que l'on veut projeter.

#### Remarque :

Pour un *evo1\_noli*, le concept résultat ne contiendra (par défaut [§3.7]) que les champs de déplacements. Pour calculer les champs de contraintes et de variables internes correspondants, il faut utiliser la commande STAT\_NON\_LINE en utilisant le mot clé PREDICTION : 'DEPL\_CALCULE'.

### 3.5 Opérande MODELE\_1

MODELE\_1 = mo1,

Nom du modèle associé au concept initial (evo1).

Ce sont les fonctions de forme associées aux éléments finis de mo1 qui serviront à l'interpolation.

### 3.6 Opérande MODELE\_2

MODELE\_2 = mo2,

Nom du modèle associé au concept résultat (resu). Ce modèle doit avoir été créé au préalable.

#### Remarque importante :

La commande PROJ\_CHAMP demande à l'utilisateur 2 noms de modèles (mo1 et mo2) mais en réalité, les éléments finis portés par les mailles de mo2 sont ignorés : on ne se sert que des coordonnées des nœuds du maillage (ma2) associé à mo2. Le fait de demander le nom du modèle (mo2) plutôt que le nom du maillage (ma2) permet seulement d'éviter certains nœuds de construction (situés très loin) qui détériorent parfois fortement les performances (CPU) de la projection.

On peut donc tout à fait projeter un transitoire thermique (evol\_ther) sur un modèle mécanique (ce qui peut paraître curieux). C'est même la seule façon de créer un chargement thermique sur un modèle mécanique de poutres ou de tuyau car il n'existe pas (dans Code\_Aster) de modélisation thermique "1D".

### 3.7 Opérande CAS\_FIGURE

Ce mot clé (facultatif) sert à orienter le programme vers l'un des 4 cas suivants :

- "3D" Les seuls éléments du maillage "1" qui serviront à la projection sont les éléments volumiques : hexaèdres, pentaèdres, tétraèdres et pyramides. Les nœuds ont 3 coordonnées (X,Y,Z).
- "2D" Les seuls éléments du maillage "1" qui serviront à la projection sont les éléments surfaciques : quadrangles et triangles. Le maillage est supposé plan. Les nœuds ont 2 coordonnées (X,Y).
- "2.5D" Les seuls éléments du maillage "1" qui serviront à la projection sont les éléments surfaciques : quadrangles et triangles. Le maillage est 3D. Les nœuds ont 3 coordonnées (X,Y,Z). C'est le cas des "coques" plongées dans du 3D.
- "1.5D" Les seuls éléments du maillage "1" qui serviront à la projection sont les éléments linéiques : segments. Le maillage peut être 2D ou 3D. Les nœuds ont 2 ou 3 coordonnées (X,Y,(Z)).

Ce mot clé peut aussi être utilisé sous le mot clé VIS\_A\_VIS. Il peut changer de valeur selon les occurrences.

Si l'utilisateur ne renseigne pas ce mot clé, le programme adopte la logique suivante :

On parcourt la liste des mailles du modèle 1 candidates à être projetées (cette liste peut être filtrée grâce au mot clé VIS\_A\_VIS)

- s'il existe au moins 1 maille 3D dans cette liste       => CAS= ' 3D '
- sinon :
  - s'il existe au moins 1 maille 2D dans cette liste  
  si la géométrie est '2D'       => CAS= ' 2D '
  - si la géométrie est '3D'       => CAS= ' 2.5D '
  - sinon :
    - s'il existe au moins 1 maille 1D dans cette liste   => CAS= ' 1.5D '

### 3.8 Opérande TRANSF\_GEOM\_2

Le mot clé TRANSF\_GEOM\_2 = (fx,fy,[fz]) permet d'effectuer une transformation géométrique sur les coordonnées des nœuds du modele\_2 avant de faire la projection. Cette transformation est temporaire (le temps de la projection) : le modele\_2 n'est pas modifié.

En 2D par exemple, les 2 fonctions (ou formules) fx, fy sont des fonctions de (x,y) qui seront appliquées pour calculer les 2 nouvelles coordonnées des nœuds : fx pour calculer le nouveau "x" et fy pour calculer le nouveau "y".

Les applications visées par ce mot clef sont par exemple :

- 1) Projection d'un maillage (donné en mm) sur un autre maillage (donné en m). La transformation géométrique est une homothétie de rapport 1000.
- 2) Projection d'un calcul thermique fait sur un modèle 2D axisymétrique sur un modèle 3D (mais axisymétrique !). La transformation géométrique est alors celle qui "écrase" le solide 3D dans un demi-plan méridien :

Supposons que le maillage 3D soit un solide d'axe "Oz", les fonctions fx, fy, fz à fournir sont :

```
fx = sqrt(x**2 + y**2)
fy = z
fz = 0.
```

## 3.9 Sélection des noms des champs

Les mots clés `TOUT_CHAMP = 'OUI'` ou `NOM_CHAM = l_noch` permettent de choisir quels sont les champs de la SD `RESULTAT` que l'on veut projeter (par défaut tous les champs aux noeuds). On peut aussi projeter les champs par éléments "ELNO" et "ELEM" (mais pas "ELGA") ; pour cela, il faut explicitement donner leurs noms via le mot clé `NOM_CHAM`.

### 3.9.1 Remarques sur la projection des champs par éléments

Cette possibilité a été introduite initialement pour permettre de projeter les champs de pression calculés par le Code Saturne (constants par éléments) sur la peau d'un maillage mécanique Aster. Ce développement étant général, il est disponible pour tous les champs "ELEM" et "ELNO" mais son utilisation peut parfois surprendre l'utilisateur.

Comme pour les champs aux nœuds, les champs par éléments projetés du concept `evol` dans le concept `resu` porteront les mêmes noms (par exemple : `'SIGM_ELNO_DEPL'`).

Les champs projetés (`resu`) seront par défaut de même "nature" que les champs "origine" (`evol`) : "ELEM" ou "ELNO".

On peut toutefois modifier ce comportement par défaut en utilisant le mot clé `TYPE_CHAM='NOEU'` pour forcer les champs projetés à être des champs aux nœuds.

Que fait-on numériquement ?

- Champs de type `ELNO` : pour chaque maille du maillage 2, on parcourt les nœuds de cette maille et on calcule la valeur de chaque nœud comme on le ferait pour un champ aux nœuds. Le résultat de cette projection est donc (par construction), un champ `ELNO` qui est continu entre les éléments.
- Champs de type `ELEM` (constant par maille) : la valeur portée par une maille du maillage 2 est obtenue par moyenne arithmétique des valeurs portées par ses nœuds (calculées comme pour un champ `ELNO`).

Lorsque l'on n'utilise pas `TYPE_CHAM='NOEU'`, la projection de champs par éléments n'a de sens que si les éléments projetés les uns sur les autres sont de même "type" (coque, poutre, iso-paramétriques). En effet, si on projetait par exemple un champ 3D de `'SIGM_ELNO_DEPL'` sur un modèle linéique formé d'éléments de barre, on ne saurait pas stocker les valeurs de contraintes `SIXX`, ... sur ces éléments (qui ne connaissent que les efforts généralisés : `N`, `MX`, ...)

#### 3.9.1.1 Opérande `TYPE_CHAM='NOEU'`

Ce mot clé sert à forcer les champs projetés à être des champs « aux nœuds ». Ce mot clé est utilisé systématiquement (par exemple) par la commande `MACR_LIGN_COUPE` car on ne sait pas créer des champs par éléments sur le modèle « fictif » de poutre créé par cette macro-commande de visualisation.

##### Remarque :

*Lorsque l'on précise `TYPE_CHAM='NOEU'`, le champ initial est transformé en champ aux noeuds avant d'être projeté. La valeur d'un noeud est la moyenne arithmétique des valeurs portées par les éléments connectés à ce noeud. Cette moyenne est faite sans tenir compte du mot clé `VIS_A_VIS`.*

### 3.10 Opérande DISTANCE\_MAX

Pour projeter le maillage MA1 sur le maillage MA2, la méthode (ELEM) cherche dans quel élément du maillage MA1 se trouve chaque nœud de MA2, puis interpole la valeur à l'aide des fonctions de forme de l'élément. Lorsque qu'un nœud de MA2 n'est dans aucun élément du maillage MA1, la méthode met en relation le nœud et le point (du bord) de l'élément le plus proche. Il interpole la valeur à l'aide des fonctions de forme de l'élément et cela même si le nœud est "loin" de cet élément.

Si l'on souhaite qu'un nœud qui n'est dans aucun des éléments du maillage MA1, ne soit pas concerné par la projection, on utilise l'opérande DISTANCE\_MAX. Cet opérande permet de donner la distance maximale que l'on autorise entre le nœud et l'élément le plus proche.

Si le nœud ne répond pas au critère de proximité le champ ne sera pas projeté sur ce nœud (i.e. le nœud ne portera aucune composante). Par défaut, une alarme sera émise (voir le mot clé ALARME=OUI/NON)

### 3.11 Opérande ALARME= 'OUI' / 'NON'

Lorsqu'un nœud du maillage "2" se retrouve "loin" des éléments du maillage "1" (voir mot clé DISTANCE\_MAX ci-dessus), le code émet par défaut un message d'alarme. On peut éviter ces alarmes en utilisant ALARME= 'NON'.

### 3.12 Opérande PROL\_ZERO= 'NON' / 'OUI'

Lorsque l'utilisateur veut imposer une numérotation aux champs de la SD\_RESULTAT, il doit utiliser l'un des mots clés RIGI\_MECA, MASS\_MECA ou AMOR\_MECA.

Si la numérotation voulue impose qu'un nœud donné porte des composantes et que le critère de DISTANCE\_MAX fait que ce nœud n'est pas concerné par la projection, on est incapable d'affecter des valeurs sur ce nœud. Il y aura, par défaut, une erreur fatale dans ce cas de figure. Pour éviter cette erreur fatale, l'utilisateur doit utiliser le mot clé PROL\_ZERO= 'OUI' afin d'affecter la valeur 0. sur ce nœud.

### 3.13 Opérande NUME\_DDL = nu

Ce mot clé permet de "numéroter" les champs projetés (pour une structure de données de type « mode ») selon la numérotation (nu). Il est nécessaire si l'on souhaite utiliser le résultat de la commande dans des calculs ultérieurs (commandes REST\_BASE\_PHYS, MACRO\_PROJ\_BASE, ...).

### 3.14 Sélection des numéros d'ordre

cf. [U4.71.00].

### 3.15 Opérande SENSIBILITE

SENSIBILITE = listpara,

Ce mot-clé est suivi d'une liste de paramètres sensibles. Il précise que l'on se s'intéresse pas au résultat en lui-même, mais à la dérivée du résultat par rapport aux paramètres sensibles.

### 3.16 Opérande NOM\_PARA

NOM\_PARA = lpara,

Ce mot-clé est suivi d'une liste de noms de paramètres de la SD\_RESULTAT evo1. Les paramètres de evo1 correspondant à ces noms seront copiés dans la SD produite par la commande (resu).

Exemple : lors de la projection de modes propres, on peut indiquer :

NOM\_PARA= ( 'AMOR\_REDUIT' , 'MASS\_GENE' )

### 3.17 Opérande TITRE

TITRE = titr,

Titre que l'on veut donner au concept résultat.

## 4 Exemple

Calculs thermique et mécanique sur deux maillages différents.

**Remarque :**

*Le modèle mécanique peut contenir (par exemple) des éléments de câble non présents dans le modèle thermique.*

```
ma1=LIRE_MALLAGE      (...) ;
mo1=AFFE_MODELE(MAILLAGE=ma1,
                AFFE=_F(TOUT='OUI' , PHENOMENE='THERMIQUE',...));
...
evo1  = THER_LINEAIRE (MODELE = mo1,    ... );

ma2 = LIRE_MALLAGE (...);      # maillage plus raffiné
mo2 = AFFE_MODELE(MAILLAGE= ma2, ... 'THERMIQUE', ...);

evo2  = PROJ_CHAMP (METHODE= 'ELEM' ,   RESULTAT= evo1,  NOM_CHAM= 'TEMP',
                   MODELE_1= mo1,      MODELE_2= mo2,   );

ch2 = AFFE_CHAR_MECA( TEMP_CALCULEE= evo2, ...
```