

Introduire un nouveau calcul élémentaire

Résumé :

Ce document décrit ce qu'il faut faire pour introduire un nouveau calcul élémentaire dans *Code_Aster* .

En quelques mots, il faut :

- introduire un petit bloc de texte dans le catalogue d'un `type_element`
- écrire une nouvelle routine fortran de nom `te00ij.f` où `00ij` est un nombre à 4 chiffres

Table des Matières

1 Introduction.....	3
2 Modification du catalogue du type_element THER_PENTA15.....	4
2.1 Trouver le nom du fichier à modifier.....	4
2.2 Modifier le fichier gener_th3d_3.cata.....	5
2.2.1 Champ de sortie.....	6
2.2.2 Champs d'entrée.....	7
2.2.2.1 DDL_THER.....	8
2.2.2.2 NGEOMER.....	8
2.2.2.3 CMATERC.....	8
2.2.2.4 CCAMASS.....	9
2.2.2.5 CTEMPSR.....	9
3 Écrire (ou modifier) la routine fortran te0062.f.....	9
3.1 Arguments de la routine.....	9
3.2 Présentation de quelques utilitaires utilisés dans le te0062.f.....	10
3.2.1 Routine JEVECH.....	10
3.2.2 Routine ELREF4.....	11
3.2.3 Routine DFDM3D.....	11
3.2.4 Routine RCVALA.....	11
3.3 Routine TE0062.....	12
4 Détails non utilisés dans l'exemple choisi.....	13
4.1 Description de l'entête d'un type_element.....	13
4.2 Modes Locaux ELNO__DIFF__.....	13
4.3 Champs locaux de type vecteur élémentaire ou matrice élémentaire.....	13
4.4 Champs facultatifs, routine tecach.f.....	13
4.5 Calcul élémentaire non-disponible -1 / -2.....	13
4.6 Famille de points de Gauss "MATER".....	13

1 Introduction

Pour Code_Aster, un calcul élémentaire correspond à un couple (type d'élément fini, option de calcul). Exemples de types d'élément finis (`type_element`) :

- MEDKTR3 : élément DKT triangulaire à 3 nœuds
- THER_PENTA15 : élément de thermique pentaèdre à 15 nœuds

Exemples d'options de calcul (`option`) :

- RIGI_MECA : calcul de la rigidité (comportement élastique)
- FLUX_ELGA : calcul du flux thermique connaissant la température aux nœuds

Dans le reste de ce document, l'exemple qui nous servira de fil conducteur sera celui du calcul du flux thermique aux points d'intégration (`FLUX_ELGA`) des éléments PENTA15 de la modélisation '3D' du phénomène 'THERMIQUE' (`type_element = THER_PENTA15`).

On va supposer que ce calcul élémentaire n'existe pas encore mais que l'option `FLUX_ELGA` existe déjà (pour d'autres éléments finis) et que le `type_element` THER_PENTA15 existe également (il sait déjà calculer d'autres options). Dans ce document, nous essaierons de répondre aux questions :

- Que faut-il faire pour réaliser ce nouveau calcul élémentaire ?
- Quels fichiers sources faut-il modifier ou ajouter ?

D'autres questions relatives aux éléments finis sont traitées dans d'autres documents :

- [D5.02.03] Comment introduire une nouvelle option de calcul élémentaire ? (par exemple un nouveau post-traitement)
- [D5.02.04] Comment introduire une nouvelle famille d'éléments finis (`modélisation`) ?
- [D5.02.01] Comment introduire une nouvelle grandeur ou de nouvelles composantes dans une grandeur existante ?
- [D5.02.02] Comment introduire un nouveau type de maille (`type_maille`) ou un nouvel élément de référence (`ELREFE`) ?

Nous avons déjà dit dans le résumé que l'introduction d'un nouveau calcul élémentaire dans Code_Aster nécessitait 2 actions :

- l'ajout d'un bloc de texte dans le catalogue du `type_element` (ici THER_PENTA15)
- l'ajout (ou la modification) d'une routine fortran de nom `te00ij.f`

Nous allons détailler successivement ces deux actions.

2 Modification du catalogue du type_element THER_PENTA15

2.1 Trouver le nom du fichier à modifier

La première difficulté à résoudre est de trouver le nom du fichier catalogue à modifier. Remarquons déjà que le nom du `type_element` qui nous concerne (`THER_PENTA15`) ne nous est pas forcément familier. Nous pouvons le découvrir en utilisant la commande `AFFE_MODELE` sur un maillage contenant des `PENTA15` :

```
MOTH = AFFE_MODELE(  MAILLAGE = MAIL,
                     AFPE=_F( TOUT = 'OUI', MODELISATION = '3D',
                              PHENOMENE = 'THERMIQUE' ))
```

Dans le fichier `.mess` nous pouvons alors voir :

```
SUR LES          132 MAILLES DU MAILLAGE MAIL
ON A DEMANDE L'AFFECTATION DE          132
ON A PU EN AFFECTER          124

MODELISATION      ELEMENT FINI          TYPE MAILLE          NOMBRE
3D                THER_PENTA15          PENTA15              40
3D                THER_FACE6            TRIA6                4
3D                THER_FACE8            QUAD8               80
```

Nous voyons que la modélisation appelée ' 3D ' appliquée sur des `PENTA15` conduit à l'affectation d'éléments finis de type `THER_PENTA15` . C'est le nom que nous cherchions.

Nous aurions pu aussi trouver ce nom en consultant le catalogue :

```
.../NEW11/catalo/compeltem/phenomene_modelisation__.cata
...
PHENOMENE__  THERMIQUE          CODE__  'TH'
...
MODELISATION__ '3D'              DIM__ 3 3  CODE__ '3D_'
      ATTRIBUT__ DIM_TOPO_MAILLE=X3
      MAILLE__  HEXA8            ELEMENT__ THER_HEX8
      MAILLE__  PENTA6           ELEMENT__ THER_PENTA6
      MAILLE__  TETRA4           ELEMENT__ THER_TETRA4
      MAILLE__  PYRAM5           ELEMENT__ THER_PYRAM5
      MAILLE__  QUAD4            ELEMENT__ THER_FACE4
      MAILLE__  TRIA3            ELEMENT__ THER_FACE3
      MAILLE__  HEXA27           ELEMENT__ THER_HEX827
      MAILLE__  HEXA20           ELEMENT__ THER_HEX820
      MAILLE__  PENTA15          ELEMENT__ THER_PENTA15
      MAILLE__  TETRA10          ELEMENT__ THER_TETRA10
      MAILLE__  PYRAM13          ELEMENT__ THER_PYRAM13
      MAILLE__  QUAD9            ELEMENT__ THER_FACE9
      MAILLE__  QUAD8            ELEMENT__ THER_FACE8
      MAILLE__  TRIA6            ELEMENT__ THER_FACE6
```

Ce catalogue donne le nom de tous les `type_element` associés aux différents éléments finis de la modélisation ' 3D '. Pour le type de maille `PENTA15` , le nom du `type_element` est bien `THER_PENTA15` .

Une fois connu le nom `THER_PENTA15` , pour trouver le nom du catalogue concernant cet élément fini, il faut faire un `grep` dans les fichiers de `catalo/typelem/*` :

```
grep -l THER_PENTA15 /aster/NEW11/catalo/typelem/* . Ce que devrait donner :
```

```
/ aster/NEW11/typel em/ gener_th3d_3.cata
```

C'est le nom du fichier que nous devons modifier.

Si nous éditons ce fichier, nous voyons qu'il contient un certain nombre de rubriques d'entête :

```
ENTETE__ ELEMENT__ THER_HEX20      MAILLE__ HEXA20
ELREFE__ H20      GAUSS__ RIGI=FPG27 MASS=FPG27 GANO=FPG8
ELREFE__ QU8      GAUSS__ RIGI=FPG9  MASS=FPG9
ENTETE__ ELEMENT__ THER_HEX27      MAILLE__ HEXA27
ELREFE__ H27      GAUSS__ RIGI=FPG27 MASS=FPG27 GANO=FPG8
ELREFE__ QU9      GAUSS__ RIGI=FPG9  MASS=FPG9
ENTETE__ ELEMENT__ THER_HEX8       MAILLE__ HEXA8
ELREFE__ HE8      GAUSS__ RIGI=FPG8  MASS=FPG8  GANO=FPG8
ELREFE__ QU4      GAUSS__ RIGI=FPG4  MASS=FPG4
ENTETE__ ELEMENT__ THER_PENTA15    MAILLE__ PENTA15
ELREFE__ P15      GAUSS__ RIGI=FPG21 MASS=FPG21 GANO=FPG21
ELREFE__ QU8      GAUSS__ RIGI=FPG9  MASS=FPG9
ELREFE__ TR6      GAUSS__ RIGI=FPG6  MASS=FPG6
```

L'une de ces entêtes concerne notre élément (`THER_PENTA15`), mais ce fichier catalogue concerne aussi tous les autres `type_element` des autres entêtes.

Ce qui veut dire que notre nouveau calcul élémentaire sera (par défaut) accessible à tous les éléments finis décrits dans le fichier catalogue.

En général, c'est ce que l'on souhaite car si on sait faire un calcul sur un `PENTA15`, on sait également le faire pour le `TETRA4`, le `PENTA6`, ...

Dans la suite du document, on continuera à se référer à l'élément `THER_PENTA15`, mais en réalité, notre développement concernera tous les éléments volumiques de la modélisation ' 3D ' (`THER_TETRA4`, `THER_TETRA10`, ..., `THER_HEX27`).

Si l'on ne souhaitait pas rendre ce calcul élémentaire disponible pour les `HEXA8` par exemple, on modifierait l'entête de l' `HEXA8` :

```
ENTETE__ ELEMENT__ THER_HEX8       MAILLE__ HEXA8
ELREFE__ HE8      GAUSS__ RIGI=FPG8  MASS=FPG8  GANO=FPG8
ELREFE__ QU4      GAUSS__ RIGI=FPG4  MASS=FPG4
OPTION__ FLUX_ELGA      -1
```

le nombre "-1" en regard de l'option `FLUX_ELGA` indique que ce calcul élémentaire n'est pas disponible pour les `HEXA8`. Une erreur fatale sera émise si l'utilisateur tente de l'utiliser.

2.2 Modifier le fichier `gener_th3d_3.cata`

Le bloc de texte à ajouter est :

```
FLUX_ELGA  62      IN__      CCAMASS  PCAMASS  NGEOMER  PGEOMER
                                CMATERC  PMATERC  DDL_THER  PTEMPER
                                CTEMPSR  PTEMPSR
                                OUT__     EFLUXPG  PFLUX_R
```

Dans ce bloc de texte, on peut reconnaître différents items :

- le nom de l'option que l'on veut "réaliser" (`FLUX_ELGA`)
- Le nombre "62" qui est le numéro de la routine `te00ij.f` associée au calcul élémentaire (ici : `te0062.f`)

- le bloc des champs d'entrée du calcul élémentaire (ce qui suit le mot clé IN__)
- le bloc des champs de sortie du calcul élémentaire (ce qui suit le mot clé OUT__)

Remarque :

un champ est soit " IN " soit " OUT ", il ne peut pas être " INOUT ". Les blocs des champs " IN " et " OUT " sont décrits par des listes de couples (mode_local , parametre). Ici, il y a 5 champs " IN " et un seul champ " OUT ".

2.2.1 Champ de sortie

Commençons par le champ "OUT" (but du calcul élémentaire) :

PFLUX_R (le paramètre) est le nom donné au champ de flux résultat pour l'option FLUX_ELGA . Ce nom a été choisi lorsque le catalogue de l'option (/aster/NEW11/catalogo/options/FLUX_ELGA.cata) a été introduit dans le code. Ce nom est utilisé dans tous les catalogues des éléments finis qui calculent l'option FLUX_ELGA . EFLUXPG (le mode_local) est un nom local au catalogue que l'on modifie. Il permet de décrire la structure du champ local de flux pour les éléments THER_PENTA15 . Nous y reviendrons plus tard.

Regardons ce que contient le catalogue de l'option FLUX_ELGA concernant son champ de sortie :

```
FLUX_ELGA
<< FLUX_ELGA : CALCUL DU FLUX AUX POINTS DE GAUSS >>
OPTION__
IN__
    PGEOMER  GEOM_R  << COORDONNEES DES NOEUDS >>
...
OUT__
    PFLUX_R    FLUX_R    ELGA__
```

On voit que le champ paramètre PFLUX_R est un champ de la grandeur FLUX_R et que c'est un champ par éléments aux points de Gauss (ELGA__)

C'est le "cahier des charges" du développement que nous devons réaliser : nous devons calculer un champ de FLUX_R sur les points de Gauss du THER_PENTA15 . Le choix du type de champ (ici ELGA) est imposé par l'option. En revanche les composantes de la grandeur FLUX_R que l'on va utiliser sont au choix de l'élément THER_PENTA15 . C'est l'objet du mode_local EFLUXPG .

Ce mode_local est décrit dans un bloc de texte du catalogue (dans la rubrique MODE_LOCAL__) :

```
MODE_LOCAL__
...
EFLUXPG  = FLUX_R  ELGA__ RIGI      (FLUX  FLUY  FLUZ)
```

On y voit que ce mode_local concerne bien la grandeur FLUX_R et qu'il décrit bien la structure d'un champ " ELGA " (c'est dans le cahier des charges imposé par l'option). Le choix des composantes FLUX , FLUY et FLUZ n'a rien d'étonnant puisque l'élément est 3D .

Le nom des composantes que l'on peut utiliser dans la description d'un mode_local est donné dans le catalogue des grandeurs (fichier /aster/NEW11/catalogo/compelem/grandeur_simple__.cata). On peut y lire concernant la grandeur FLUX_R :

```
FLUX_R  = R    FLUX    FLUY    FLUZ    FLUX_SUP  FLUY_SUP  FLUZ_SUP
                                FLUX_INF  FLUY_INF  FLUZ_INF
```

Normalement, dans ce catalogue, une ligne de commentaire explique la signification de chacune de ces composantes :

```
<< FLUX_R    Type:R    Flux vectoriel de chaleur en un point matériel du
    domaine continu : PHI = -lambda.gradient(T)
    FLUX : composante suivante OX de PHI
    FLUY : composante suivante OY de PHI
    FLUZ : composante suivante OZ de PHI
    ...
```

2.2.2 Champs d'entrée

La liste des champs d'entrée a la même structure que celle des champs de sortie : c'est une liste de couples (mode_local , parametre). Les paramètres sont imposés par le catalogue de l'option. Pour FLUX_ELGA on trouve dans le catalogue :

```
FLUX_ELGA
  << FLUX_ELGA : CALCUL DU FLUX AUX POINTS DE GAUSS >>
OPTION___
  IN___
    PGEOMER GEOM_R
    << PGEOMER : COORDONNEES DES NOEUDS >>
    PMATERC ADRSJEVE
    << PMATERC : CHAMP DE MATERIAU >>
    PCAORIE CAORIE
    << PCAORIE : ORIENTATION LOCALE D'UN ELEMENT DE POUTRE OU DE TUYAU,
        ISSUE DE AFPE_CARA_ELEM MOT CLE ORIENTATION >>
    PCADISK CADISK
    << PCADISK : CARACTERISTIQUE DE DISCRET,
        NECESSITE DE FOURNIR LE CONCEPT PRODUIT PAR AFPE_CARA_ELEM >>
    PCAGNPO CAGNPO
    << PCAGNPO : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UNE SECTION DE POUTRE,
        NECESSITE DE FOURNIR LE CONCEPT PRODUIT PAR AFPE_CARA_ELEM >>
    PCACOQU CACOQU
    << PCACOQU : CARACTERISTIQUE DE COQUE,
        NECESSITE DE FOURNIR LE CONCEPT PRODUIT PAR AFPE_CARA_ELEM >>
    PCAMASS CAMASS
    << PCAMASS : CARACTERISTIQUE DE MASSIF,
        NECESSITE DE FOURNIR LE CONCEPT PRODUIT PAR AFPE_CARA_ELEM >>
    PTEMPER TEMP_R
    << PTEMPER : TEMPERATURES INSTANT ACTUEL >>
    PTEMPSR INST_R
    << PTEMPSR : INSTANT ACTUEL >>
    PNUMCOR NUMC_I
    << PNUMCOR : NIVEAU ET COUCHE D'UN MATERIAU MULTICOUCHE >>
    PHARMON HARMON
    << PHARMON : NUMERO D'HARMONIQUE DE FOURIER >>
```

Remarque :

Les textes écrits entre « ... » sont des commentaires qui sont imprimés dans certains messages d'erreur afin d'aider l'utilisateur à comprendre le contexte de son erreur. Il ne faut pas hésiter à les améliorer ou à les enrichir. Les 11 paramètres d'entrée de l'option FLUX_ELGA sont donc :

```
PGEOMER GEOM_R
PMATERC ADRSJEVE
PCAORIE CAORIE
PCADISK CADISK
PCAGNPO CAGNPO
PCACOQU CACOQU
PCAMASS CAMASS
```

```
PTEMPER  TEMP_R
PTEMPSR  INST_R
PNUMCOR  NUMC_I
PHARMON   HARMON
```

Il faut choisir dans cette liste les paramètres qui seront utiles au type_element THER_PENTA15 .
Après réflexion, on retient les 5 paramètres suivants :

- PTEMPER : c'est le champ de température dont il va falloir calculer le gradient
- PGEOMER : le champ de géométrie de l'élément (ses coordonnées) est nécessaire pour calculer le gradient.
- PMATERC : le champ de matériau est nécessaire pour pouvoir connaître la conductivité thermique (lambda)
- PCAMASS : c'est le champ contenant l'éventuel repère local des éléments 3D . Il est nécessaire si le matériau n'est pas isotrope : les caractéristiques anisotropes sont données dans un repère local.
- PTEMPSR : ce champ sert à transmettre l'instant du calcul. Il est nécessaire ici car, en thermique, lorsque les coefficients matériau sont des fonctions (DEFI_MATERIAU / THER_FO par exemple), ces fonctions peuvent dépendre du temps.

Une fois que l'on a retenu les paramètres utiles au type_element , il faut leur attribuer à chacun un mode_local . On va choisir :

```
DDL_THER  PTEMPER
NGEOMER   PGEOMER
CCAMASS    PCAMASS
CMATERC    PMATERC
CTEMPSR   PTEMPSR
```

Ces modes locaux doivent être décrits dans la rubrique MODE_LOCAL__ du catalogue :

```
MODE_LOCAL__
...
DDL_THER = TEMP_R   ELNO__ IDEN__ (TEMP      )
...
NGEOMER  = GEOM_R   ELNO__ IDEN__ (X          Y          Z          )
...
CMATERC  = ADRSJEVE ELEM__      (I1          )
...
CCAMASS  = CAMASS   ELEM__      (C          ALPHA      BETA      KAPPA
                                X          Y          Z)
...
CTEMPSR  = INST_R   ELEM__      (INST      DELTAT    THETA      KHI
                                R          RHO          )
...
```

Commentons ces modes locaux :

2.2.2.1 DDL_THER

Ce mode_local indique que le champ local attendu par l'élément fini est un champ sur les nœuds de l'élément (ELNO__).

Tous les nœuds de l'élément (15 pour un PENTA15) portent les mêmes composantes (IDEN__).
La liste des composantes portées par ces nœuds est réduite à une seule composante de la grandeur TEMP_R : TEMP .

2.2.2.2 NGEOMER

Ce `mode_local` indique que le champ local attendu par l'élément fini est un champ sur les nœuds de l'élément (`ELNO__`).

Tous les nœuds portent les mêmes composantes (`IDEN__`).
La liste des composantes portées par ces nœuds est `X , Y , Z` car l'élément est 3D .

2.2.2.3 CMATERC

Ce `mode_local` indique que le champ local attendu par l'élément fini est un champ constant sur l'élément (`ELEM__`).

La liste des composantes portées par cet élément est `I1` .

Remarque :

Le champ de matériau est toujours associé à un `mode_local` (en général appelé `CMATERC`)
défini de la même façon : `CMATERC = ADRSJEVE ELEM__ (I1 )`

Cela traduit le fait qu'on ne peut pas affecter (par exemple) des matériaux différents sur les nœuds d'un élément. Il n'y a qu'un seul matériau par maille.

Par ailleurs, pour des raisons de performance, la structure informatique représentant le matériau au niveau d'un élément est dite "codée" (on parle alors de matériau codé), elle est représentée par un nombre entier (composante `I1` de la grandeur `ADRSJEVE`) qui est une adresse mémoire. On verra plus tard comment ce matériau est utilisé dans les routines utilitaires.

2.2.2.4 CCAMASS

Ce `mode_local` indique que le champ local attendu par l'élément fini est un champ constant sur l'élément (`ELEM__`).

Les 7 composantes (`C , ALPHA , ...`) sont des nombres réels qui permettent de représenter le changement de repère Global → Local

Nous n'en dirons pas plus ici.

2.2.2.5 CTEMPSR

Ce `mode_local` indique que le champ local attendu par l'élément fini est un champ constant sur l'élément (`ELEM__`).

On remarque que 6 composantes sont indiquées dans le `mode_local` : `INST , DELTAT , ...` Pourtant seule la valeur de l'instant `INST` nous est utile pour pouvoir évaluer d'éventuelles fonctions du temps. Les autres composantes ne seront pas utilisées et elles pourraient être retirées du `mode_local` .

Pourtant, il ne faut pas le faire trop brutalement. En effet, le `mode_local` `CTEMP SR` est utilisé par d'autres options qui elles ont besoin de plus d'informations (`DELTAT` : valeur du pas de temps, ...)

Si on voulait améliorer la lisibilité du catalogue de notre élément, on pourrait dédoubler ce `mode_local` :

```
CTEMP SR = INST_R   ELEM__   (INST DELTAT THETA KHI R RHO )
CTEMP S1 = INST_R   ELEM__   (INST)
```

Pour notre option `SIEF_ELGA_TEMP` , on pourrait alors décrire le champ local d'instant par le couple (`CTEMP S1 PTEMP SR`)

3 Écrire (ou modifier) la routine fortran `te0062.f`

Nous avons déjà vu que le catalogue de l'élément `THER_PENTA15` indiquait que le calcul de l'option `FLUX_ELGA` se passera dans la routine fortran `te0062.f`. L'objet de cette routine est de calculer (pour un élément fini) le champ local de flux sur les points de Gauss de l'élément.

De façon générale, une routine `te00ij.f` a toujours comme but de calculer des champs "OUT" à partir de ses champs "IN".

3.1 Arguments de la routine

Toutes les routines `te00ij.f` ont les mêmes arguments. La raison en est que la routine qui les appelle (`te0000.f`) est écrite une fois pour toutes et qu'on ne veut pas la changer à chaque fois que l'on ajoute un calcul élémentaire.

Les deux seuls arguments des routines `te00ij.f` sont des arguments d'entrée :

`OPTION` est une chaîne de caractères contenant le nom de l'option (pour nous : `FLUX_ELGA`)

`NOMTE` est une chaîne de caractères contenant le nom du `type_element` (pour nous : `THER_PENTA15`)

Ces 2 arguments peuvent être utilisés (ou pas).

On utilise l'argument `OPTION` lorsque l'on traite dans une même routine `te00ij.f` 2 options (ou plus) qui se ressemblent.

On peut alors écrire des tests comme :

```
...  
IF (OPTION.EQ.'FLUX_ELGA') THEN  
...  
ELSE IF (OPTION.EQ.'FLUX_ELNO') THEN  
...  
ENDIF
```

De la même façon, on traite en général tous les éléments d'une même modélisation (`TETRA4`, `TETRA10`, ...) dans la même routine `te00ij.f`. L'argument `NOMTE` permet de distinguer certains traitements. On pourrait par exemple imaginer un petit bloc de code propre aux éléments pyramidaux.

Mais les véritables arguments des routines `te00ij.f` sont en réalité leurs champs "IN" et leurs champs "OUT". Ces arguments sont "souterrains" et on y accède via les 2 routines utilitaires `JEVECH` et `TECACH` que l'on va présenter dans le paragraphe suivant.

3.2 Présentation de quelques utilitaires utilisés dans le `te0062.f`

3.2.1 Routine `JEVECH`

Cette routine permet de récupérer l'adresse mémoire d'un champ local. Par exemple, dans la routine `te0062.f`, on trouve :

```
CALL JEVECH('PGEOMER','L',IGEOM)
```

Le 1er argument de la routine `JEVECH` est le nom du paramètre qui nous intéresse.

Le 2ème argument est "documentaire" (il n'est pas utilisé dans le code). Il indique si le paramètre est un champ "IN" (accès en lecture L) ou un champ "OUT" (accès en écriture E).

Le 3ème argument (de sortie) est l'adresse de la zone mémoire contenant le champ local.

C'est au programmeur de la routine `te0062.f` d'assurer la cohérence entre l'usage qu'il fait de cette adresse et ce qui est écrit dans le catalogue de l'élément concernant ce paramètre :

Puisque le paramètre `PGEOMER` est associé à la grandeur `GEOM_R` et que cette grandeur est de type réel, l'adresse `IGEOM` est une adresse dans le common `JEVEUX_ZR`

Puisque le `mode_local` NGEOMER (associé à PGEOMER) est décrit dans le catalogue par `NGEOMER = GEOM_R ELNO IDEN (X Y Z)` , c'est au programmeur de savoir que le champ local représenté en mémoire à l'adresse `ZR(IGEOM)` est de longueur `3*15` (3 composantes `X` , `Y` , `Z` pour chacun des 15 nœuds).

Plus précisément, le programmeur doit savoir qu'il va trouver dans la mémoire JEVEUX :

```
ZR(IGEOM-1+1) -> 'X' du noeud 1
ZR(IGEOM-1+2) -> 'Y' du noeud 1
ZR(IGEOM-1+3) -> 'Z' du noeud 1
ZR(IGEOM-1+4) -> 'X' du noeud 2
ZR(IGEOM-1+5) -> 'X' du noeud 2
...
ZR(IGEOM-1+45) -> 'Z' du noeud 15
```

3.2.2 Routine ELREF4

À compléter ...

3.2.3 Routine DFDM3D

À compléter ...

3.2.4 Routine RCVALA

À compléter ...

3.3 Routine TE0062

```
SUBROUTINE TE0062 (OPTION, NOMTE)
IMPLICIT NONE
CHARACTER*16 OPTION, NOMTE

C --- DEBUT DECLARATIONS NORMALISEES JEVEUX -----
INTEGER ZI
COMMON /IVARJE/ZI(1)
REAL*8 ZR
COMMON /RVARJE/ZR(1)
COMPLEX*16 ZC
COMMON /CVARJE/ZC(1)
LOGICAL ZL
COMMON /LVARJE/ZL(1)
CHARACTER*8 ZK8
CHARACTER*16 ZK16
CHARACTER*24 ZK24
CHARACTER*32 ZK32
CHARACTER*80 ZK80
COMMON /KVARJE/ZK8(1), ZK16(1), ZK24(1), ZK32(1), ZK80(1)
C --- FIN DECLARATIONS NORMALISEES JEVEUX -----

INTEGER ICODRE
CHARACTER*8 NOMRES(1)
REAL*8 LAMBDA, FLUXX, FLUXY, FLUXZ, DFDX(27), DFDY(27), DFDZ(27), POIDS
INTEGER JGANO, IPOIDS, IVF, IDFDE, IGEOM, IMATE, NNO, KP, NPG1, I, IFLUX,
&      ITEMPS, ITEMPE, NDIM, NNOS
C-----

C      -- récupération d'informations concernant l'élément de référence :
CALL ELREF4(' ', 'RIGI', NDIM, NNO, NNOS, NPG1, IPOIDS, IVF, IDFDE, JGANO)

C      -- récupération des adresses des champs locaux :
CALL JEVECH('PGEOMER', 'L', IGEOM)
CALL JEVECH('PMATERC', 'L', IMATE)
CALL JEVECH('PTEMPSR', 'L', ITEMPS)
CALL JEVECH('PTEMPER', 'L', ITEMPE)
CALL JEVECH('PFLUX_R', 'E', IFLUX)

C      -- récupération de la conductivité LAMBDA :
CALL RCVALA(ZI(IMATE), ' ', 'THER', 1, 'INST', ZR(ITEMPS), 1, 'LAMBDA',
&      LAMBDA, ICODRE, 1)

C      -- boucle sur les points de Gauss :
DO 20 KP=1, NPG1
C      -- récupération des dérivées des fonctions de forme
C      (sur l'élément réel) :
CALL DFDM3D(NNO, KP, IPOIDS, IDFDE, ZR(IGEOM), DFDX, DFDY, DFDZ, POIDS)

C      -- calcul du gradient du champ de température :
FLUXX=0.0D0
FLUXY=0.0D0
FLUXZ=0.0D0

DO 10 I=1, NNO
    FLUXX=FLUXX+ZR(ITEMPE-1+I)*DFDX(I)
    FLUXY=FLUXY+ZR(ITEMPE-1+I)*DFDY(I)
```

```
FLUXZ=FLUXZ+ZR (ITEMPE-1+I) *DFDZ (I)
10 CONTINUE

C      -- calcul du flux et stockage dans le champ résultat:
      ZR (IFLUX+ (KP-1) *3)  =-LAMBDA*FLUXX
      ZR (IFLUX+ (KP-1) *3+1)=-LAMBDA*FLUXY
      ZR (IFLUX+ (KP-1) *3+2)=-LAMBDA*FLUXZ
20 CONTINUE

      END
```

Commentaires sur cette routine :

Il ne faut pas oublier que cette routine doit pouvoir traiter tous les éléments 3D : TETRA4 , ..., HEXA27 . C'est pourquoi, Les tableaux DFDX , DFDY et DFDZ sont dimensionnés à 27 qui est le "max" du nombre de nœuds d'un élément volumique.

La famille de points de Gauss qui est utilisée ici est ' RIGI ' . C'est elle qui est donnée en argument de la routine ELREF4 . Cette famille est cohérente avec le choix fait dans le catalogue :

EFLUXPG = FLUX_R ELGA__ RIGI (FLUX FLUY FLUZ)

La routine RCVALA est utilisée pour récupérer la valeur de la conductivité thermique (LAMBDA). Comme ce paramètre peut être une fonction du temps, on fournit la valeur de l'instant en argument d'entrée de la routine RCVALA .

le calcul du gradient de la température est fait en deux temps. La routine DFDM3D permet de calculer le gradient des fonctions de forme sur l'élément en 1 point de Gauss donné. On peut ensuite utiliser le gradient des fonctions de forme et la valeur de la température sur les nœuds pour calculer le gradient de la température.

Le stockage des flux calculés à l'adresse IFLUX respecte bien la convention de stockage des champs locaux : 3 composantes FLUX , FLUY et FLUZ pour chaque point de Gauss.

4 Détails non utilisés dans l'exemple choisi

4.1 Description de l'entête d'un type_element

À compléter ...

4.2 Modes Locaux ELNO__ DIFF__

À compléter ...

4.3 Conventions de noms pour les modes locaux

À compléter ...

4.4 À compléter ...Noms réservés pour certains modes locaux (ddl_meca, ddl_ther, ddl_acou)

À compléter ...

4.5 Champs locaux de type vecteur élémentaire ou matrice élémentaire

À compléter ...

4.6 Champs facultatifs, routine tecach.f

À compléter ...

4.7 Calcul élémentaire non-disponible : « -1 »

À compléter ...

4.8 Famille de points de Gauss "MATER"

À compléter ...