

**Manuel d'Utilisation**  
**Fascicule U4.5- : Méthodes de résolution**  
**Document : U4.54.01**

## Opérateur *THER\_LINEAIRE*

### 1 But

Résoudre un problème de thermique linéaire en régime stationnaire ou évolutif.

Le chargement thermique est défini par le mot clé *CHARGE*.

La discrétisation temporelle d'un calcul évolutif est fournie par la liste d'instants définie sous le mot clé *LIST\_INST*. Ce calcul peut être initialisé, au premier instant de trois manières différentes (mot clé *TEMP\_INIT*) :

- par une température constante,
- par un champ de température, défini au préalable, ou extrait d'un calcul précédent,
- par un calcul stationnaire préalable.

Le concept produit par cet opérateur est de type *evol\_ther*.

Quand un calcul de sensibilité du résultat par rapport à un paramètre est demandé, il y a production d'autant de structures de données de type *evol\_ther* que de paramètres requis.

## 2    Syntaxe

```
temper [evol_ther] = THER_LINEAIRE
(
  ◇ reuse = temper,
  ◆ MODELE = mo, [modele]
  ◆ CHAM_MATER = chmat, [cham_mater]
  ◇ CARA_ELEM = carac, [cara_elem]
  ◆ EXCIT =_F(
    ◆ CHARGE = char, [charge]
    ◇ FONC_MULT = fonc, [fonction]
  ),
  ◇ TEMP_INIT =_F(
    ◇ / STATIONNAIRE = 'OUI', [DEFAULT]
    / VALE = tinit, [R]
    / CHAM_NO = tinit, [cham_no_TEMP_R]
    / ◆ EVOL_THER = temp, [evol_ther]
    ◆ NUME_INIT = nuinievol, [I]
  ),
  ◇ SENSIBILITE=_F(
    . . . voir [U4.50.02] . . .
  ),
  ◇ SENS_INIT =_F(
    ◇ / STATIONNAIRE = 'OUI', [DEFAULT]
    / ◆ EVOL_THER = temp, [evol_ther]
    ◆ NUME_INIT = nuini, [I]
  ),
  ◇ INCREMENT =_F(
    ◆ LIST_INST = litps, [listr8]
    ◇ NUME_INIT = / 0, [I]
    / nuini, [I]
    ◇ NUME_FIN = nufin, [I]
  ),
  ◇ PARM_THETA = / theta, [R]
    / 0.57, [DEFAULT]
  ◇ SOLVEUR =_F( . . . voir [U4.50.01] . . . ),
  ◇ ARCHIVAGE =_F( . . . voir [U4.16.01] . . . ),
  ◇ TITRE = titre, [l_Kn]
)
```

## 3 Opérandes

### 3.1 Opérande MODELE

- ◆ MODELE = mo

Nom du modèle dont les éléments font l'objet du calcul thermique.

### 3.2 Opérande CHAM\_MATER

- ◆ CHAM\_MATER = chmat

Nom du champ de matériau affecté sur le modèle.

### 3.3 Opérande CARA\_ELEM

- ◇ CARA\_ELEM = carac

Le concept `carac` contient les caractéristiques des éléments de coque thermique, s'ils existent dans le modèle.

### 3.4 Mot clé EXCIT

- ◆ EXCIT =

Opérande permettant de définir plusieurs chargements. Pour chaque occurrence du mot clé `facteur`, on définit une charge éventuellement multipliée par une fonction de temps.

#### 3.4.1 Opérande CHARGE

- ◆ CHARGE = char

Concept de type `charge` produit par `AFFE_CHAR_THER` ou par `AFFE_CHAR_THER_F` [U4.44.02].

**Remarque importante :**

*Pour chaque occurrence du mot clé `facteur EXCIT` les différents concepts `char` utilisés doivent être construits sur le même modèle `mo`.*

#### 3.4.2 Opérande FONC\_MULT

- ◇ FONC\_MULT = fonc

Coefficient multiplicatif fonction du temps (concept de type `fonction`) appliqué à la charge.

**Remarque importante :**

*L'utilisation concomitante de `FONC_MULT` avec une charge contenant des chargements thermiques dépendant de la température est interdite ; c'est-à-dire pour des chargements de type `ECHANGE_*`.*

### 3.5 Mot clé TEMP\_INIT

- ◇ TEMP\_INIT =

Permet de définir le champ initial à partir duquel le calcul évolutif est effectué.

**Remarques :**

*Si le mot clé `TEMP_INIT` est absent, on effectue uniquement le calcul stationnaire à l'instant défini sous le mot clé `INCREMENT`.*

*Le champ initial est stocké dans la structure de données résultat `evol_ther` sous le numéro d'ordre 0.*

## 3.5.1 Opérande STATIONNAIRE

/    STATIONNAIRE = 'OUI'

La valeur initiale est alors le résultat d'un calcul stationnaire préalable.

## 3.5.2 Opérande VALE

/    VALE = tinit

La valeur initiale de température est prise constante sur toute la structure.

## 3.5.3 Opérande CHAM\_NO

/    CHAM\_NO = tinit

La valeur initiale est définie par un `cham_no_TEMP_R` (résultat des opérateurs `AFFE_CHAM_NO` [U4.44.11] ou `RECU_CHAMP` [U4.71.01]).

## 3.5.4 Opérande EVOL\_THER

/    ♦    EVOL\_THER = temp

La valeur initiale est extraite d'une structure de données de type `evol_ther`.

## 3.5.5 Opérande NUME\_INIT

♦    NUME\_INIT = nuini\_evol

Numéro d'ordre du champ à extraire de cette structure de donnée.

## 3.6 Mot clé SENSIBILITE

◇    SENSIBILITE = liste de paramètres sensibles

Active le calcul de la dérivée du champ de température par rapport à un paramètre sensible du problème.

Le document [U4.50.01] précise le fonctionnement du mot-clé.

## 3.7 Mot clé SENS\_INIT

◇    SENS\_INIT =

Permet de définir le champ initial à partir duquel le calcul évolutif de la dérivée de la température est effectué, pour un calcul transitoire.

**Remarque :**

*Si le mot clé SENS\_INIT est absent, l'initialisation est faite par un champ aux noeuds nul.*

### 3.7.1 Opérande STATIONNAIRE

/    STATIONNAIRE = 'OUI'

La valeur initiale est celle d'un calcul stationnaire préalable. Cela n'est possible que si le même mode d'initialisation est retenu pour le calcul de la température.

### 3.7.2 Opérande EVOL\_THER

/    ♦    EVOL\_THER = temp

La valeur initiale est extraite d'une structure de données de type `evol_ther`.

### 3.7.3 Opérande NUME\_INIT

◆ NUME\_INIT = nuini\_evol

Numéro d'ordre du champ à extraire de cette structure de donnée désignée.

## 3.8 Mot clé INCREMENT

◇ INCREMENT =

Permet de définir les instants de calcul qui déterminent les intervalles de temps pris pour intégrer l'équation différentielle.

**Remarque :**

*Si le mot clé INCREMENT est absent, on crée une liste d'instants réduite au seul réel 0 et on effectue un calcul stationnaire.*

### 3.8.1 Opérande LIST\_INST

◆ LIST\_INST = litps

Liste des instants, produite par DEFI\_LIST\_REEL [U4.34.01].

### 3.8.2 Opérande NUME\_INIT

◇ NUME\_INIT =     /     0  
                  /     nuini

Indice de l'instant de calcul de départ dans la liste litps.

### 3.8.3 Opérande NUME\_FIN

◇ NUME\_FIN =     nufin

Indice de l'instant de calcul final dans la liste litps.

Les instants de calcul sont ceux définis dans le concept litps pris entre le nuini et le nufin numéro d'instant. Ainsi le premier pas de temps est défini entre l'instant correspondant à nuini et celui correspondant à nuini + 1. Le calcul stationnaire, quand il est demandé, est fait à l'instant correspondant à nuini.

Si NUME\_INIT est absent et si temp est présent sous TEMP\_INIT, alors nuini = nuini\_evol.

### 3.9 Opérande **PARM\_THETA**

◇ **PARM\_THETA** =

L'argument *theta* est le paramètre de la théta-méthode appliquée au problème évolutif. Il doit être compris entre 0 (méthode explicite) et 1 (méthode totalement implicite). En l'absence, du mot clé, la valeur utilisée est *theta=0.57*, un peu supérieure à *theta=0.5* correspondant au schéma de Crank-Nicholson. L'incidence du choix de *theta* sur la stabilité de la méthode est détaillée dans [R5.02.02].

### 3.10 Mot clé **SOLVEUR**

◇ **SOLVEUR** =

Ce mot clé facteur est facultatif : il permet de définir la méthode de résolution des systèmes linéaires.

Cet opérande est commun à l'ensemble des commandes globales [U4.50.01].

### 3.11 Mot clé **ARCHIVAGE**

◇ **ARCHIVAGE** =

Ce mot clé facteur est facultatif, par défaut l'ensemble des pas calculés est archivé dans le concept résultat issu de la commande.

Cet opérande est commun à l'ensemble des commandes globales [U4.16.01].

### 3.12 Opérande **TITRE**

◇ **TITRE** = *titre*

Titre que l'on veut donner au résultat *temp* stocké dans la structure de données de type *evol\_ther* [U4.03.01].

## 4 Modélisation

Les problèmes de thermique linéaire peuvent être traités avec des modèles utilisant les éléments finis 3D, 2D, AXIS ou COQUE décrits dans les documents [U3.22.01], [U3.23.01], [U3.23.02] et [U3.24.01].

## 5 Exemple

### 5.1 Calcul transitoire

```

lr8 =  DEFI_LIST_REEL  (  DEBUT = 0.E0 ,
                          INTERVALLE =(
                              _F(JUSQU_A   = 2.E-4 , NOMBRE = 2  ),
                              _F(JUSQU_A   = 1.E-3 , NOMBRE = 10 ),
                              _F(JUSQU_A   = 1.E-2 , NOMBRE = 9  ),
                              _F(JUSQU_A   = 1.E-1 , NOMBRE = 9  ),
                              _F(JUSQU_A   = 1.E+0 , NOMBRE = 9  ),
                              _F(JUSQU_A   = 2.0   , NOMBRE = 10 ),)
                          )

tempe = THER_LINEAIRE  (  MODELE      = moth,
                          CHAM_MATER   = chmat,
                          EXCIT        = _F( CHARGE      = chth),
                          TEMP_INIT    = _F( STATIONNAIRE = 'oui' ),
                          INCREMENT    = _F( LIST_INST    = lr8,
                                              NUME_FIN      = 30)
                          )

tempe = THER_LINEAIRE  (  reuse      = tempe,
                          MODELE      = moth,
                          CHAM_MATER   = chmat,
                          EXCIT        = _F( CHARGE      = chth),
                          TEMP_INIT    = _F( EVOL_THER    = tempe
                                              NUME_INIT      = 30),
                          INCREMENT    = _F( LIST_INST    = lr8),
                          )

```

Le premier appel à la commande THER\_LINEAIRE permet d'effectuer un calcul stationnaire à l'instant 0. et d'enchaîner un calcul évolutif jusqu'à l'instant 0.1s (31 instants de calcul soit 30 calculs d'évolution).

Le second appel permet d'enrichir le concept tempe précédent, le calcul évolutif est poursuivi à partir du 31<sup>ème</sup> instant de calcul.

### 5.2 Sensibilité à une température imposée

```

ta =  DEFI_PARA_SENSI  (  VALE      = 70      )
tb =  DEFI_PARA_SENSI  (  VALE      = 30      )

ca =  AFFE_CHAR_THER_F  (  MODELE     = moth,
                          TEMP_IMPO = ( _F( GROUP_MA   = 'bord_sup',
                                              TEMP        = ta),
                                          _F( GROUP_MA   = 'bord_inf',
                                              TEMP        = tb) )
                          )

tempe = THER_LINEAIRE  (  MODELE      = moth,
                          CHAM_MATER   = chmat,
                          EXCIT        = _F( CHARGE     = chth),
                          SENSIBILITE = ( ta , tb ),
                          )

```

Ce calcul produira la structure de données tempe, de type evol\_ther, contenant le champ de température sous le nom TEMP. Il produira aussi deux autres structures de type evol\_ther. La première contiendra, sous le nom de champ TEMP, le champ de la dérivée de la température par rapport au paramètre ta. La seconde contiendra la dérivée par rapport au paramètre tb. Le nom de ces structures est créé automatiquement par le code et reste inconnu de l'utilisateur. L'accès à leur contenu (impression, test, post\_releve ...) se fait en invoquant la commande correspondante avec le nom de la structure principale, temp, et le nom du paramètre sensible concerné, ta ou tb.

## 6 Remarque

La commande CALC\_ELEM [U4.81.01] permet de calculer les flux de chaleur, aux points d'intégration ou aux noeuds, à partir du champ aux noeuds de température ainsi obtenu par THER\_LINEAIRE.