

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 `EXCIT`.

La discrétisation temporelle d'un calcul évolutif est fournie par la liste d'instant définie sous le mot clé `LIST_INST`. Ce calcul peut être initialisé, au premier instant, de trois manières différentes (mot clé `ETAT_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`.

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, formule]
  ),
  ♦ ETAT_INIT = _F(
    / STATIONNAIRE = 'OUI', [DEFAULT]
    / VALE = tinit, [R]
    / CHAM_NO = tinit, [cham_no]
    / EVOL_THER = temp, [evol_ther]
    ◇ / NUME_ORDRE = nuini, [I]
    / INST = instini, [R]
    ◇ PRECISION = /1.0E-3, [DEFAULT]
    /prec, [R]
    ◇ CRITERE = /'RELATIF', [DEFAULT]
    /'ABSOLU',
  ),
  ◇ 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_INST_INIT = nuini, [I]
    / INST_INIT = instini, [R]
    ◇ / NUME_INST_FIN = nufin, [I]
    / INST_FIN = instfin, [R]
    ◇ PRECISION = /1.0E-6, [DEFAULT]
  ),
  ◇ PARM_THETA = / theta, [R]
    / 0.57, [DEFAULT]
  ◇ SOLVEUR = _F(. . . voir [U4.50.01] . . . ),
  ◇ ARCHIVAGE = _F(. . . voir mot clé équivalent dans
    [U4.51.03] . . . ),
  ◇ 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`, `nappe` ou `formule`) 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 ETAT_INIT

◇ `ETAT_INIT =`

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

Remarques :

Si le mot clé `ETAT_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 du champ de température 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` de température (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_ORDRE/INST

◇ /NUME_ORDRE = nuini_evol
/INST = instini_evol

Numéro d'ordre du champ à extraire de cette structure de donnée. Extraction de l'état thermique initial dans `evol_ther_temp` à partir du numéro d'archivage `NUME_ORDRE` ou de l'instant d'archivage `INST` pour effectuer la poursuite du calcul. Si `NUME_ORDRE` ou `INST` ne sont pas remplis, on prend le dernier numéro archivé existant dans `evol`.

Remarque :

Attention, il s'agit du numéro d'ordre dans la structure de donnée lue en reprise par le mot clé `EVOL_THER` précédent. Si cette structure de donnée a été calculée avec une liste d'instant différente de celle utilisée sous le mot clé `facteur INCREMENT` de la résolution courante, il est impératif de renseigner `NUME_ORDRE` sous `INCREMENT`, la même valeur de numéro d'ordre correspondant à des instants physiques différents. Dans le cas où les deux listes d'instant sont identiques, on peut se dispenser de renseigner deux fois le même `NUME_ORDRE`, sous `ETAT_INIT` et sous `INCREMENT`.

3.5.6 Opérande INST_ETAT_INIT

◇ INST_ETAT_INIT = istetaini

On peut associer une valeur d'instant `istetaini` à cet état initial. Par défaut :

- lorsque l'état initial est défini par la donnée des champs, il n'y a pas d'instant associé.
- lorsque l'état est donné par un concept `evol_noli`, il s'agit de l'instant dans le précédent calcul (`istetaini = instini_evol`).

3.5.7 Opérande PRECISION/CRITERE

Cf. [U4.71.00].

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 nœuds 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
```

Les instants de calcul sont ceux définis dans le concept `litps` par l'opérateur `DEFI_LIST_REEL` [U4.34.01].

3.8.2 Opérandes NUME_INST_INIT/INST_INIT/NUME_INST_FIN/INST_FIN

```
◇ / NUME_INST_INIT = nuini  
/ INST_INIT = instini
```

L'instant initial du calcul (qui donc n'est pas (re)calculé) est désigné soit par sa valeur (`INST_INIT`), soit par son numéro d'ordre dans la liste d'instants `litps` (`NUME_INST_INIT`). En l'absence des mots clés `INST_INIT` ou `NUME_INST_INIT`, le défaut est calculé de la manière suivante :

- si un état initial est précisé (opérande `ETAT_INIT`) et s'il définit un instant correspondant (par `EVOL_THER` ou `INST_ETAT_INIT`) alors l'instant initial est celui défini par l'état initial,
- s'il n'y a pas d'état initial (opérande `ETAT_INIT`) ou qu'il ne définit pas d'instant correspondant (les champs sont donnés dans `ETAT_INIT` sans préciser `INST_ETAT_INIT`), alors on prend le premier instant de la liste d'instants `litps` (`NUME_INST_INIT=0`).
- En cas d'archivage (voir mot-clé `ARCHIVAGE`), l'instant initial en poursuite est le dernier pas archivé et non celui défini dans `INST_INIT`.

```
◇ / NUME_INST_FIN = nufin  
/ INST_FIN = instfin
```

L'instant final (dernier pas calculé) est désigné de la même manière que l'instant initial (soit NUME_INST_FIN, soit INST_FIN), sauf qu'il n'est pas possible de faire référence à l'instant de l'état initial.

3.8.3 Opérande PRECISION/CRITERE

Cf. [U4.71.00].

3.9 Opérande PARM_THETA

◇ PARM_THETA =

L'argument `theta` est le paramètre de la *thêta*-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 est facultatif : par défaut, l'ensemble des champs calculés pour tous les pas calculés est archivé dans le concept `resultat` issu de la commande. Il sert à stocker certains numéros d'ordre dans une structure de données `resultat` et/ou exclure du stockage certains champs.

Ce mot-clé est identique à son équivalent pour l'opérateur `STAT_NON_LINE`, se référer à la documentation [U4.51.03] pour la description des sous mots-clés.

Remarque :

En cas d'arrêt du calcul par manque de temps CPU, les pas de temps précédemment calculés sont sauvegardés dans la base.

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),  
                       ETAT_INIT = _F(STATIONNAIRE = 'OUI'),  
                       INCREMENT = _F(LIST_INST = lr8,  
                                       NUME_INST_FIN = 30)  
                       )  
  
tempe = THER_LINEAIRE ( reuse = tempe,  
                       MODELE = moth,  
                       CHAM_MATER = chmat,  
                       EXCIT = _F(CHARGE = chth),  
                       ETAT_INIT = _F(EVOL_THER = tempe  
                                       NUME_ORDRE = 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^{ème} 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 nœuds, à partir du champ aux nœuds de température ainsi obtenu par `THER_LINEAIRE`.