

Manuel d'Utilisation
Fascicule U3.23 : Eléments finis thermiques 2D
Document : U3.23.01

Modélisations *AXIS*, *PLAN*, *AXIS_DIAG* et *PLAN_DIAG*

Résumé :

Ce document décrit pour les modélisations de thermiques des éléments axisymétriques et plans :

- les degrés de liberté portés par les éléments finis qui supportent la modélisation,
- les mailles supports afférentes,
- les matériaux et chargements supportés,
- les possibilités non linéaires,
- les cas-tests mettant en œuvre les modélisations.

Les modélisations axisymétriques et planes (Phénomène : THERMIQUE) correspondent à des éléments finis dont les mailles supports sont surfaciques.

Les modélisations *AXIS_DIAG* et *PLAN_DIAG* couvrent les mêmes possibilités que *AXIS* et *PLAN* et n'en diffèrent que pour un calcul de thermique où la matrice de masse thermique est alors diagonalisée.

1 Discrétisation

1.1 Degrés de liberté

Modélisation	Degrés de liberté (à chaque nœud sommet)
AXIS, AXIS_DIAG, PLAN, PLAN_DIAG	TEMP : correspond à la température

1.2 Maille support des matrices de rigidité

Les mailles support des éléments finis peuvent être des triangles ou quadrilatères. Les éléments sont iso-paramétriques.

Modélisation	Maille	Interpolation	Remarques
AXIS(_DIAG) - PLAN(_DIAG)	TRIA3	Linéaire	
AXIS(_DIAG) - PLAN(_DIAG)	QUAD4	Linéaire	
AXIS(_DIAG) - PLAN(_DIAG)	TRIA6	Quadratique	
AXIS - PLAN	QUAD8	Serendip	
AXIS(_DIAG) - PLAN(_DIAG)	QUAD9	Quadratique	

1.3 Maille support des chargements

Modélisation	Maille	Interpolation	Remarques
AXIS(_DIAG) - PLAN(_DIAG)	SEG2	Linéaire	
AXIS(_DIAG) - PLAN(_DIAG)	SEG3	Quadratique	

2 Chargements supportés

Les chargements disponibles sont les suivants :

- **SOURCE**
Permet d'appliquer des sources volumiques à un domaine 2D.
Modélisations supportées : AXIS(_DIAG), PLAN(_DIAG)
- **FLUX_REP**
Permet d'appliquer des flux normaux à des côtés d'éléments 2D.
Modélisations supportées : AXIS(_DIAG), PLAN(_DIAG)
- **ECHANGE**
Permet d'appliquer des conditions d'échange avec une température extérieure à des côtés d'éléments 2D.
Modélisations supportées : AXIS(_DIAG), PLAN(_DIAG)
- **ECHANGE_PAROI**
Permet d'appliquer des conditions d'échange entre deux parois.
Modélisations supportées : AXIS(_DIAG), PLAN(_DIAG)

- **GRAD_TEMP_EPSI**
Permet d'appliquer un gradient de température "initial" supposé uniforme dans l'élément.
Modélisations supportées : *AXIS*(_DIAG), *PLAN*(_DIAG)
- **CONVECTION**
Permet de prendre en compte les termes de transport de chaleur par convection, pour *THER_NON_LINE_MO* uniquement.
Modélisations supportées : *AXIS*, *PLAN*
- **RAYONNEMENT**
Permet de prendre en compte le flux rayonné à l'infini.
Modélisations supportées : *AXIS*(_DIAG), *PLAN*(_DIAG)

3 Possibilités non-linéaires

Deux opérateurs sont disponibles pour l'étude de comportements non-linéaires :

- *THER_NON_LINE* [U4.54.02] : cet opérateur permet, en stationnaire ou en transitoire, de résoudre les problèmes de :
 - Thermique non-linéaire standard : matériau dépendant de la température, conditions aux limites (rayonnement et flux imposé non linéaire),
 - Thermique non-linéaire avec calcul de l'hydratation du béton,
 - Séchage du béton.
- *THER_NON_LINE_MO* [U4.54.03] : cet opérateur permet de résoudre l'équation de la chaleur stationnaire dans un référentiel mobile lié à un chargement et se déplaçant dans une direction et à une vitesse donnée.

4 Exemples de mise en œuvre : cas-tests

4.1 Thermique

- **AXIS**
 - Thermique linéaire stationnaire
TPLA07A [V4.01.007] : Analyse thermique d'un cylindre creux orthotrope soumis à différentes conditions aux limites (flux imposé, convection, variation linéaire des températures extérieures).
 - Thermique non-linéaire stationnaire
TPNA01A [V4.41.001] : Analyse thermique d'un cylindre creux soumis à un échange convectif sur la paroi intérieure et à un rayonnement à l'infini sur la paroi extérieure.
 - Thermique linéaire transitoire
TTLV01B [V4.25.001] : Analyse thermique linéaire transitoire d'une sphère pleine soumise à une échange de chaleur par convection.
 - Thermique non-linéaire transitoire
TTNA200A : cas-test de non-regression
- **PLAN**
 - Thermique linéaire stationnaire
TPLL100B [V4.02.100] : Analyse thermique d'un mur plan anisotrope soumis à une température imposée et à un flux.
 - Thermique non-linéaire stationnaire
TPNL300A [V4.42.300] : Analyse thermique unidimensionnelle d'un mur soumis à une température imposée sur la paroi interne et à une échange par rayonnement sur la paroi externe (Test NAFEMS).

- Thermique linéaire transitoire
TTLP100B [V4.23.100] : Calcule de la réponse thermique transitoire linéaire de deux plaques séparées par un jeu dans lequel s'effectue un transfert de chaleur entre les parois.
- Thermique non-linéaire transitoire
TTNL02A [V4.22.002] : Simulation d'un changement de phase liquide/solide en introduisant par l'intermédiaire de l'enthalpie volumique la chaleur latente de fusion.
- Thermique stationnaire non linéaire avec chargement mobile
TPLV102A [V4.04.102] : Transport de chaleur par convection et par conduction dans une cavité carrée.
- **AXIS_DIAG**
 - Thermique linéaire transitoire
TTLV100A [V4.25.100] : Analyse thermique linéaire transitoire d'un tuyau supposé infini dans lequel on impose un choc thermique froid à l'aide d'une condition limite d'échange.
- **PLAN_DIAG**
 - Thermique linéaire transitoire
TTLL100A [V4.21.100] : Analyse thermique linéaire transitoire d'un mur plan infini auquel on impose un choc thermique froid à l'aide d'une condition limite d'échange.
 - Thermique non-linéaire transitoire
TTNL02C [V4.22.002] : Simulation d'un changement de phase liquide/solide en introduisant par l'intermédiaire de l'enthalpie volumique la chaleur latente de fusion.

4.2 Hydratation

- **AXIS**
TTNL03B [V4.22.003] : simulation d'un essai adiabatique: analyse du comportement thermo-hydratant d'un échantillon de béton frais plongé dans un calorimètre, la prise s'effectuant avec dégagement de chaleur.

4.3 Séchage

- **AXIS**
HSNA102A [V7.20.102] : Validation du calcul du séchage du béton, il s'agit d'un cas test axisymétrique où la concentration en eau est appliquée directement sur la paroi extérieure.
- **AXIS_DIAG**
HSNA102D [V7.20.102] : Validation du calcul du séchage du béton, il s'agit d'un cas test axisymétrique où la concentration en eau est appliquée directement sur la paroi extérieure.