

Modélisations 3D et 3D_DIAG thermiques

Résumé :

Ce document décrit pour les modélisations 3D et 3D_DIAG thermiques :

- 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

La modélisation 3D (phénomène THERMIQUE) correspond à des éléments finis dont les mailles supports sont volumiques.

La modélisation 3D_DIAG couvre les mêmes possibilités que 3D et n'en diffère que pour un calcul de thermique où la matrice de masse thermique est alors diagonalisée avant résolution.

1 Discrétisation

1.1 Degrés de libertés

Modélisation	Degrés de liberté (à chaque nœud sommet)
3D et 3D_DIAG	TEMP : correspond à la température HYDR : correspond à l'hydratation

1.2 Maille support des matrices de rigidité

Les mailles support des éléments finis peuvent être des tétraèdres, des pyramides, des prismes ou des hexaèdres. Les éléments sont iso-paramétriques.

Modélisation	Maille	Interpolation	Remarques
3D et 3D_DIAG	TETRA4	Linéaire	
3D	TETRA10	Quadratique	
3D	PYRAM5	Linéaire	
3D	PYRAM13	Quadratique	
3D et 3D_DIAG	PENTA6	Bi-linéaire	
3D	PENTA15	Serendip	
3D et 3D_DIAG	HEXA8	Tri-linéaire	
3D	HEXA20	Serendip	
3D	HEXA27	Tri-Quadratique	

1.3 Maille support des chargements surfaciques

Modélisation	Maille	Interpolation	Remarques
3D et 3D_DIAG	TRIA3	Linéaire ou Bi-Linéaire	
3D	TRIA6	Quadratique ou Serendip	
3D et 3D_DIAG	QUAD4	Bi-linéaire	
3D	QUAD8	Serendip	
3D	QUAD9	Quadratique	

2 Chargements supportés

Les chargements disponibles sont les suivants :

- **SOURCE**
Permet d'appliquer des sources volumiques à un domaine 3D.
Modélisations supportées : 3D, 3D_DIAG
- **FLUX_REP**
Permet d'appliquer des flux normaux à des faces d'éléments volumiques.
Modélisations supportées : 3D, 3D_DIAG
- **ECHANGE**
Permet d'appliquer des conditions d'échange avec une température extérieure à des faces d'éléments volumiques.
Modélisations supportées : 3D, 3D_DIAG
- **ECHANGE_PAROI**
Permet d'appliquer des conditions d'échange entre deux parois.
Modélisations supportées : 3D, 3D_DIAG
- **GRAD_TEMP_INIT**
Permet d'imposer un gradient de température supposé uniforme dans un élément
Modélisations supportées : 3D, 3D_DIAG
- **CONVECTION**
Permet de prendre en compte les termes de transport de chaleur par convection, pour THER_NON_LINE_MO uniquement.
Modélisation supportée : 3D, 3D_DIAG
- **RAYONNEMENT**
Permet de prendre en compte le flux rayonné à l'infini à des faces d'éléments volumiques
Modélisations supportées : 3D, 3D_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 standard

- 3D
 - Thermique linéaire stationnaire
TPLL100A [V4.02.100] : Analyse thermique d'un mur plan anisotrope soumis à une température imposée et à un flux.
 - Thermique linéaire transitoire
TTLL01C [V4.21.001] : Analyse thermique linéaire transitoire d'un mur infini soumis à un choc thermique.
 - Thermique non-linéaire stationnaire
TPNA01A [V4.41.001] : Analyse thermique d'un cylindre creux dont la paroi interne est soumise à un rayonnement et la paroi externe à un échange par convection.
 - Thermique non-linéaire transitoire
TTNL03A [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.
 - Thermique non-linéaire stationnaire avec chargement mobile
TPLV105A [V4.04.105] : Ce test présente la simulation thermique par éléments finis de l'essai Vastrestraint. Cet essai de soudabilité est employé pour caractériser la résistance à la fissuration à chaud des matériaux.
- 3D_DIAG
 - Thermique linéaire transitoire
TTLL01J [V4.21.001] : Analyse thermique linéaire transitoire d'un mur infini soumis à un choc thermique.

4.2 Hydratation

- 3D
TTNL03A [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

- 3D
HSNA100B [V7.20.100] : Calcul du séchage d'un mur d'enceinte en béton : le séchage s'effectue par échange avec l'extérieur, sur les parois interne et externe du mur.
- 3D_DIAG
HSNA100D [V7.20.100] : Calcul du séchage d'un mur d'enceinte en béton : le séchage s'effectue par échange avec l'extérieur, sur les parois interne et externe du mur.