

Manuel de Validation**Fascicule V4.22 : Thermique transitoire non-linéaire des structures linéiques****Document : V4.22.003**

TTNL03 - Thermo-hydratation. Simulation d'un essai adiabatique

Résumé :

Ce test a pour but de valider le comportement thermo-hydratant THER_HYDR, en simulant un essai adiabatique :

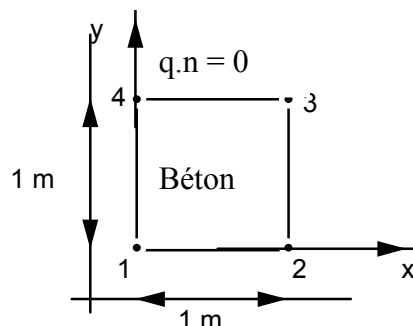
un échantillon de béton frais est plongé dans un calorimètre, la prise s'effectuant avec dégagement de chaleur, il s'agit de retrouver le champ de température et d'hydratation au cours du temps.

La température et le degré d'hydratation sont uniformes dans l'échantillon. La température mesurée dans le calorimètre sera donc la solution de référence, l'hydratation étant déterminée par intégration analytique de la loi d'évolution.

2 modélisations sont proposées : tridimensionnelle et axisymétrique.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau possède les caractéristiques thermiques suivantes :

Conductivité thermique : $k_s = 6 \text{ kJ/h/m/}^\circ\text{K}$

variation d'enthalpie volumique : $\Delta H = 2.4 \cdot 10^5 \text{ kJ/m}^3$,

et les caractéristiques relatives au comportement hydratant suivantes :

Chaleur par degré d'hydratation : $Q_0 = 1.4904 \cdot 10^5 \text{ kJ/m}^3$

Constante d'Arrhénius : $Ar = 4000/^\circ\text{K}$.

Remarque :

La constante d'Arrhénius est toujours exprimée en degré Kelvin. Les températures sont exprimées en $^\circ\text{C}$.

Affinité fonction de l'hydratation :

Degré d'hydratation h	Affinité A(h)(1/h)
0	6510
0.008	6360
0.016	2485
0.019	2460
0.038	9520
0.047	21800
0.08	37600
0.138	51600
0.232	51400
0.351	28200
0.44	16100
0.5	11700
0.63	5570
0.73	4240
0.81	1780
0.88	302
0.97	50
1.00	0

1.3 Conditions aux limites et chargements

On impose un flux thermique nul sur toutes les faces du solide. Le chargement est uniquement initié par une source de chaleur dépendant de l'hydratation $\Delta Q = Q_0 \Delta h$.

1.4 Conditions initiales

La température initiale est de 20.9°C

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence en température est donnée par les températures mesurées à chaque instant au cours de l'essai adiabatique.

La solution de référence pour le degré d'hydratation est calculée analytiquement en fonction des températures mesurées en intégrant la loi d'évolution du degré d'hydratation hy :

$$\Delta hy = A(h) e^{-\frac{Ar}{(T+273.6)}} \Delta t \quad T \text{ étant exprimée en } ^\circ\text{C}$$

2.2 Résultats de Référence

Les résultats concernent les 60 premières heures de l'essai.

t (en h)	T (en °C)	hy (en%)
0	20.9	0
1	21.4	0.8
2	21.9	1.6
3	22.1	1.9
4	22.3	2.2
5	22.5	2.58
10	35.3	23.2
15	57.8	59.4
20	68.3	76
30	75.8	88
45	77.9	92
60	79.1	94

2.3 Incertitude sur la solution

Mesure des températures lors de l'essai. Intégration de la loi d'évolution de hy sur des pas de temps variant entre 1h et 5h.

2.4 Références bibliographiques

- [1] CESAR-LCPC 3.2. Manuel d'exemples. Modélisation du béton au jeune âge. Janvier 1996
- [2] Gilles DEBRUYNE : Analyse de modèles de comportement du béton dans CESAR : transférabilité du modèle TEXO-MEXO dans le *Code_Aster*. CR MMN 97-193. 24/12/97

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUAD4

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_FONCTION	HYDR		
DEFI_MATERIAU	THER_HYDR	AFFINITE CHALHYDR	QSR_K
THER_NON_LINE	COMP_THER_NL	RELATION	THER_HYDR

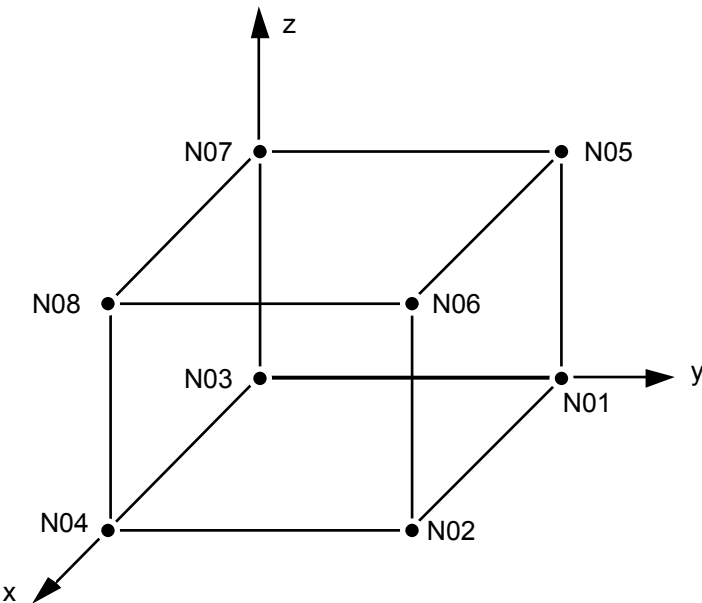
4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
T nœud 1	5	22.5	22.47	-0.139
T nœud 1	15	57.8	56.82	-1.696
T nœud 1	60	79.1	76.67	-3.066
hy pt de Gauss 1	5	2.58D-2	2.52D-2	-2.101
hy pt de Gauss 1	15	5.94D-1	5.97D-1	0.53
hy pt de Gauss 1	60	9.4D-1	9.32D-1	-0.871

5Modélisation B

5.1Caractéristiques de la modélisation



5.2Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et types : 1 HEXA8 + 4 QUAD4 (faces)

5.3Fonctionnalités testées

Commandes			
DEFI_FONCTION	HYDR		
DEFI_MATERIAU	THER_HYDR	AFFINITE	QSR_K
		CHALHYDR	
THER_NON_LINE	COMP_THER_NL	RELATION	THER_HYDR

6Résultats de la modélisation B

6.1Valeurs testées

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
T nœud 1	5	22.5	22.47	−0.139
T nœud 1	15	57.8	56.82	−1.696
T nœud 1	60	79.1	76.67	−3.066
hy pt de Gauss 1	5	2.58D-2	2.52D-2	−2.101
hy pt de Gauss 1	15	5.94D-1	5.97D-1	0.53
hy pt de Gauss 1	60	9.4D-1	9.32D-1	−0.871

7 Synthèse des résultats

L'erreur obtenue par rapport à la solution de référence est de l'ordre de 1% en ce qui concerne la température et l'hydratation. Signalons que le problème a été traité avec des pas de temps de l'ordre de 15 minutes ce qui est relativement petit pour le phénomène d'hydratation qui dure plusieurs dizaines d'heures.

Page laissée intentionnellement blanche.