

**Manuel de Validation****Fascicule V4.05 : Thermique stationnaire des structures planes  
Document V4.05.303**

# **TPLP303 - Distribution de la température dans la section d'un conduit de cheminée**

---

**Résumé :**

Ce test est issu de la validation indépendante de la version 3 en thermique stationnaire linéaire.

Il s'agit d'un problème 2D plan représenté par sept modélisations mélangeant chacune plusieurs types d'éléments.

Les fonctionnalités testées sont les suivantes :

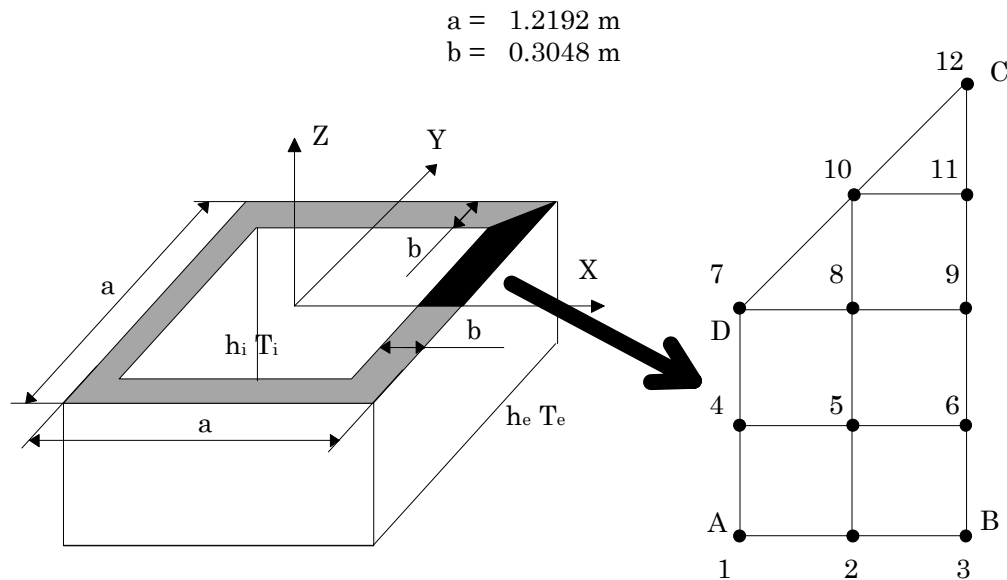
- élément thermique plan,
- élément thermique volumique,
- condition limite : convection.

L'intérêt du test réside dans le mélange d'éléments différents.

Les résultats sont comparés avec une solution analytique.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés du matériau

$\lambda = 1.7307 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  Conductivité thermique

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

- Surface intérieure :  $h_i = 68.135 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ;  $T_i = 37.78 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,
- Surface extérieure :  $h_e = 17.034 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ;  $T_e = -17.78 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### 1.4 Conditions initiales

Sans objet.

## 2 Solution de référence

---

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence originale donnée dans le livre [bib1] est basée sur une méthode de relaxation numérique. Cette référence est citée dans le manuel de vérification d'ANSYS [bib2].

### 2.2 Résultats de référence

Température aux points n°1 à 11.

### 2.3 Incertitude sur la solution

Inconnue, il n'a pas été possible de se procurer la référence originale (livre ancien, plus édité).

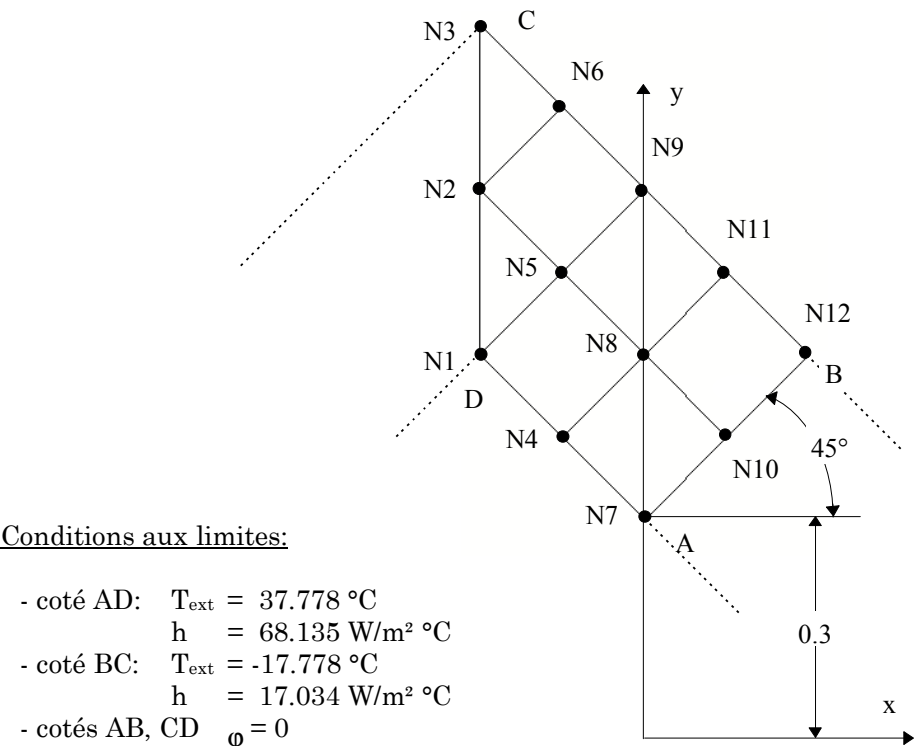
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] Kreith, F., " Principles of heat transfer", International Textbook Co., Scranton, Pennsylvania, 2nd Printing, 1959.
- [2] ANSYS: " verification manual", 1<sup>st</sup> edition, June 1, 1976

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

PLAN (TRIA3, QUAD4)



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 12  
Nombre de mailles et types : 6 (5 QUAD4, 1 TRIA3)

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes			
AFFE_MODELE	THERMIQUE	PLAN	TOUT
AFFE_CHAR_THER	ECHANGE		
THER_LINEAIRE	EXCIT	CHARGE	
RECU_CHAMP	NUME_ORDRE		

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	Ecart relatif %		Ecart Absolu	
			différence	tolérance	différence	tolérance
Température (°C)						
Points						
N1	30.889	29.795	-3.541	2%	-1.09	0.5
N2	-1.333	-2.528	89.632	2%	-1.19	0.5
N3	-15.167	-16.036	5.729	2%	-0.869	0.5
N4	34.000	34.718	2.111	2%	0.718	0.5
N5	8.611	8.566	-0.518	2%	-0.045	0.5
N6	-11.278	-10.810	-4.152	2%	-4.152	0.5
N7	34.278	34.114	-0.480	2%	-0.164	0.5
N8	12.556	12.716	1.274	2%	0.160	0.5
N9	-7.611	-8.152	7.111	2%	-0.541	0.5
N10	13.500	13.973	3.506	2%	0.473	0.5
N11	-5.889	-5.909	0.336	2%	-0.02	0.5
N12	-5.444	-5.377	-1.229	2%	0.067	0.5

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03

Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Temps CPU User : 2.36 secondes

## 5 Modélisations complémentaires B, C, D, E, F et G

### Modélisation B :

- Maillage identique à celui décrit dans la fiche de modélisation, sur 1/8 de la structure, mais avec des éléments quadratiques,
- Système d'unité (°C, W, m, s).

On constate que l'interpolation quadratique améliore les résultats, l'écart maximum est de 49.16% pour la valeur de référence la plus proche de 0.

### Modélisation C :

- Maillage plus fin (22 QUAD8 + 4 TRIA6), sur 1/8 de la structure,
- Système d'unité (°C, W, m, s).

On constate que par rapport à la modélisation B, l'écart maximum ne diminue pas mais augmente (54.58%).

### Modélisation D :

- Maillage identique à celui décrit dans la fiche de modélisation, sur 1/8 de la structure,
- Système d'unité Anglais (°F, Btu, feet, hr).

On constate que l'écart relatif maximum diminue de manière importante (-33.29%), cet écart n'est plus situé au même endroit. Par contre il est toujours situé sur la valeur de référence la plus proche de 0.

### Modélisation E :

- Maillage identique à celui décrit dans la fiche de modélisation, sur 1/8 de la structure, mais avec des éléments quadratiques,
- Système d'unité Anglais (°F, Btu, feet, hr).

On constate que les éléments quadratiques améliorent les résultats par à une modélisation linéaire (écart maximum de -6.5%).

### Modélisation F :

- découpage identique à celui décrit dans la fiche de modélisation (12 QUAD4) mais sur 1/4 de la structure,
- Système d'unité Anglais (°F, Btu, feet, hr).

On constate que ce maillage avec des éléments linéaires (sans TRIA3) est beaucoup plus précis, l'écart maximum est de -5.27%.

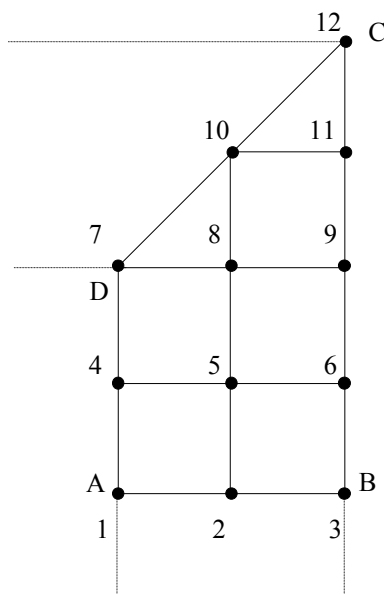
### Modélisation G :

- Découpage identique à celui décrit dans la fiche de modélisation, mais sur 1/4 de la structure et avec des éléments quadratiques,
- Système d'unité Anglais (°F, Btu, feet, hr).

On constate que ce maillage (sans TRIA3) est beaucoup moins précis que lors de la modélisation F, l'écart maximum est de -6.26%.

## 6 Résultats des modélisations B, C, D, E, F et G

Sur la figure ci-dessous nous présentons les points d'observation ( pour plus de détails voir la fiche de test correspondante).



Dans les tableaux présentés ci-dessous nous donnons pour chacune des modélisations les résultats obtenus avec le Code\_Aster, ainsi que pour la modélisation a les résultats obtenus avec le code NISA (calculs effectués par M. GREFFIER EDF/DER/ADE). Nous avons grisé les écarts supérieurs à la tolérance (2%).

Calculs effectués en w, m, °C

Points	Réf	Mod* a		Mod* b		Mod* c		Mod* a	
		ASTER	Ecart %	ASTER	Ecart %	ASTER	Ecart %	NISA	Ecart %
1	34.278	34.114	-0.480	34.141	-0.401	34.181	-0.283	34.114	-0.480
2	13.500	13.973	3.506	13.277	-1.653	13.277	-1.649	13.973	3.506
3	-5.444	-5.377	-1.229	-5.685	4.421	-5.681	4.357	-5.377	-1.229
4	34.000	34.718	2.111	33.715	-0.840	33.847	-0.450	34.718	2.111
5	12.556	12.716	1.274	12.140	-3.314	12.056	-3.982	12.716	1.274
6	-5.889	-5.909	0.336	-6.258	6.258	-6.283	6.694	-5.909	0.336
7	30.889	29.795	-3.541	29.440	-4.690	29.290	-5.177	29.795	-3.541
8	8.611	8.566	-0.518	7.057	-18.049	7.012	-18.566	8.566	-0.518
9	-7.611	-8.152	7.111	-8.283	8.693	-8.300	9.049	-8.152	7.111
10	-1.333	-2.528	89.632	-1.988	49.164	-2.061	54.578	-2.528	89.632
11	-11.278	-10.810	-4.152	-11.571	2.597	-11.579	2.671	-10.810	-4.152
12	-15.167	-16.036	5.729	-15.273	0.701	-15.287	0.791	-16.036	5.729

\* Modélisation

**Calculs effectués en Btu, feet, °F**

Points	Réf	Mod d		Mod e		Mod f		Mod g	
		ASTER	Ecart %	ASTER	Ecart %	ASTER	Ecart %	ASTER	Ecart %
1	93.7	93.404	-0.316	93.453	-0.264	93.454	-0.262	93.450	-0.267
2	56.3	57.152	1.513	55.898	-0.713	56.872	1.017	55.884	-0.739
3	22.2	22.321	0.545	21.767	-1.948	22.220	0.090	21.761	-1.975
4	93.2	94.492	1.386	92.686	-0.552	94.149	1.018	92.688	-0.549
5	54.6	54.889	0.529	53.852	-1.370	54.568	-0.590	53.821	-1.427
6	21.4	21.364	-0.168	20.736	-3.101	20.936	-2.167	20.725	-3.155
7	87.6	85.631	-2.247	84.992	-2.977	96.572	-1.173	85.064	-2.894
8	47.5	47.419	-0.169	44.702	-5.890	45.003	-5.257	44.523	-6.268
9	18.3	17.326	-5.323	17.091	-6.507	17.335	-5.273	17.237	-5.807
10	29.6	27.450	-7.264	28.421	-3.983	29.899	1.010	27.978	-5.480
11	11.7	12.542	7.201	11.172	-4.509	11.560	-1.194	11.272	-3.659
12	4.7	3.135	-33.285	4.509	-4.089	4.824	2.633	4.452	-4.932

A partir de ces 7 analyses, nous pouvons faire les observations suivantes :

- le maillage proposé dans la fiche de test (5 QUAD4 + 2 TRIA3) n'est pas adapté. Pour se rapprocher de la solution de référence il y a deux possibilités :
  - utiliser le maillage quadratique sur 1/8 de la structure,
  - utiliser un maillage linéaire sans triangle sur 1/4 de la structure,
- le choix du système d'unité à une importance non négligeable dans le calcul de l'écart relatif,
- pour la même modélisation (A) les résultats entre le *Code\_Aster* et NISA sont identiques.

## 7 Synthèse des résultats

La modélisation effectuée sur 1/8 de la structure donne des résultats dont beaucoup de valeurs dépassent la tolérance fixée initialement (2%). L'écart maximum obtenu est de 89%, il se situe sur la plus petite valeur de référence. L'analyse des isothermes montre que celles-ci ne sont pas perpendiculaires à la droite DC, la condition de symétrie n'est pas respectée.

Pour trouver une explication à ces différences importantes, plusieurs modélisations complémentaires ont été réalisées (cf annexe B). Les conclusions sont les suivantes :

- le changement du système d'unités (°C -> °F) permet de diminuer l'écart maximum à une valeur de 33%,
- la modélisation avec des éléments quadratiques (et en °F) améliore les résultats, l'écart maximum est de 6.8%,
- la modélisation d'un 1/4 de la structure avec uniquement des QUAD4 (et en °F) améliore les résultats, l'écart maximum est de -5.27%,
- la modélisation A, effectuée avec le logiciel NISA, donne des résultats identiques à ceux du *Code\_Aster*.

De plus, il n'a pas été possible de se procurer la référence originale (livre de Kreith) citée dans le manuel de vérification d'ANSYS. La méthode d'obtention de la solution de référence et son incertitude ne sont donc pas connues.

Les résultats sont considérés comme acceptables compte tenu des points évoqués ci-dessus. Cependant il faudra rechercher des éléments complémentaires sur la solution de référence.