

## TPLS302 - Distribution de température dans une plaque mince

---

### Résumé :

On considère une plaque soumise à de la convection appliquée sur les faces inférieure et supérieure et sur un bord de la plaque (largeur). La température est imposée sur le bord opposé de la plaque.

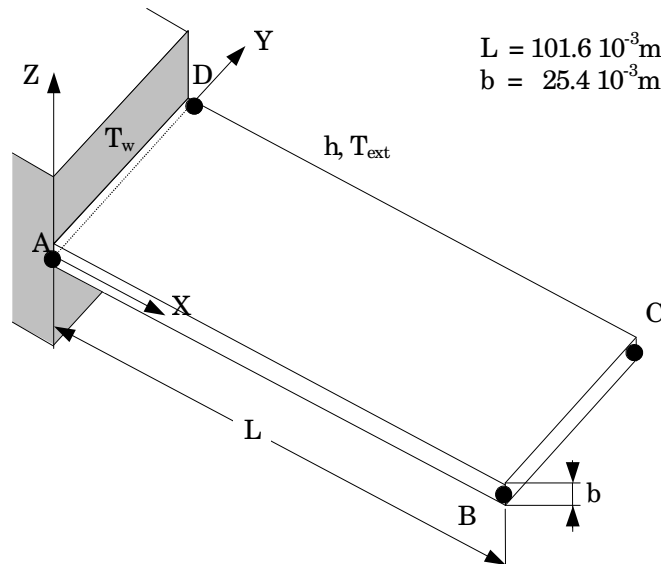
Le but de ce test est de valider l'élément de coque thermique en conduction dans le plan et en convection [R3.11.01] et [U1.01.01]. Il permet également de valider les éléments de bord en convection.

En raison des conditions aux limites et des chargements considérés, la distribution de température est uniforme le long de la largeur. Les résultats sont comparés avec une solution basée sur une estimation graphique. Les deux types d'approche donnent des résultats équivalents.

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

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés de matériaux

$$\rho C_p = 1. \text{ J/m}^3 \cdot \text{C}$$

$$\lambda = 25.961 \text{ W/m} \cdot \text{C}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Convection sur la face inférieure, supérieure :

$$h = 85.169 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

$$T_{ext} = 37.778 \text{ C}$$

et sur l'extrémité ( $x = L, BC$ ) de la plaque :

$$h' = 2.163 \text{ W/m} \cdot \text{C} \text{ correspondant à } h \times b \text{ pour ce test}$$

Température imposée sur le coté  $AD$  :  $T_w = 593.333 \text{ C}$

## 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 estimation graphique. L'incertitude sur la solution est inconnue.

Cette référence est citée dans le manuel de vérification d'ANSYS [bib2].

### 2.2 Résultats de référence

Température aux points de coordonnées  $x/L = 0, 0.1, 0.2, \dots, 0.8, 0.9, 1$ .

### 2.3 Références bibliographiques

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

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Du fait de la symétrie des conditions aux limites et des chargements, la modélisation est indépendante de la largeur des cotés  $AD$  et  $BC$  (la distribution de température est uniforme dans le sens de la largeur).

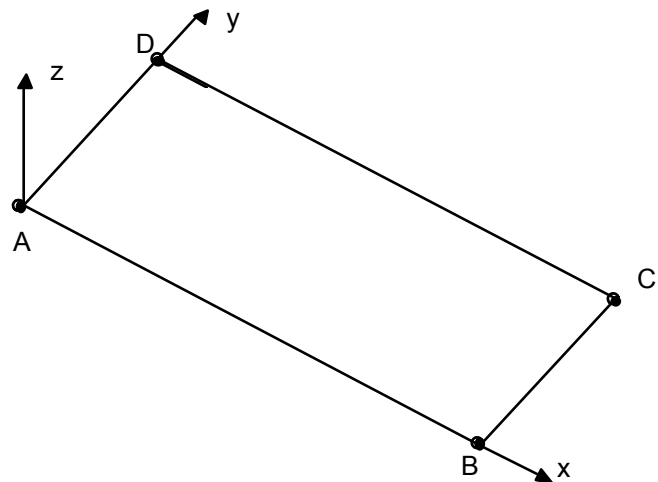
##### Modélisation : COQUE (QUAD8 + SEG3)

Conditions limites :

- coté  $AD$   $T_w = 593.33^\circ\text{C}$
- face supérieure, inférieure et bord  $BC$   
 $h = 85.169 \text{ Wm}^2\text{C}$   
 $T_{\text{ext}} = 37.78^\circ\text{C}$

##### Découpage

- Cotés  $AB$ ,  $CD$  : 5 éléments
- Cotés  $AD$ ,  $BC$  : 1 élément



#### 3.2 Caractéristiques du maillage

On a 28 nœuds au total

- 5 mailles QUAD8 sur la surface moyenne de la coque
- 1 maille SEG3 sur le coté  $BC$

#### 3.3 Valeurs testées

| Identification | Référence             |
|----------------|-----------------------|
| Localisation   | $T(^{\circ}\text{C})$ |
| $x/L=0.0$      | 593.333               |
| $x/L=0.1$      | 512.778               |
| $x/L=0.2$      | 446.111               |
| $x/L=0.3$      | 393.333               |
| $x/L=0.4$      | 348.889               |
| $x/L=0.5$      | 312.778               |
| $x/L=0.6$      | 279.444               |
| $x/L=0.7$      | 254.444               |
| $x/L=0.8$      | 237.778               |
| $x/L=0.9$      | 221.111               |
| $x/L=1.0$      | 213.333               |

#### 3.4 Remarques

Comme prévu, la distribution de température est uniforme selon la largeur. Tous les résultats obtenus sont dans l'intervalle de tolérance admis qui correspond à l'incertitude présumée sur les résultats de l'estimation graphique.



## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Du fait des conditions aux limites et des chargements, la modélisation est indépendante de la largeur des cotés  $AD$  et  $BC$  (la distribution de température est uniforme le long de la largeur).

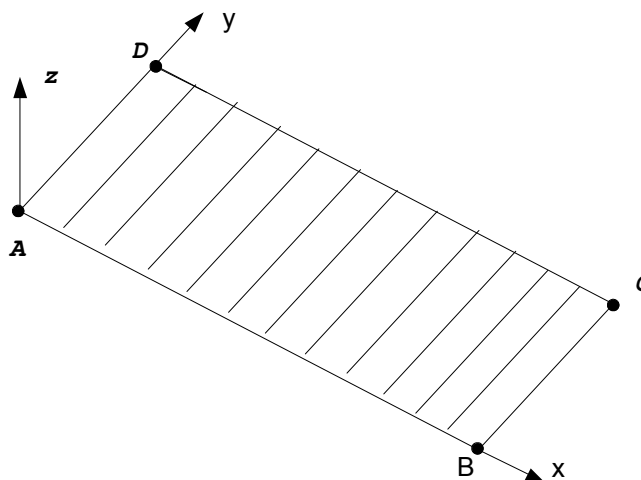
#### Modélisation: COQUE (QUAD4 + SEG2)

Conditions limites:

- coté  $AD$   $T_w=593.33\text{ °C}$
- face supérieure, inférieure et bord  $BC$   
 $h = 85.169\text{ W/m}^2\text{ °C}$   
 $T_{\text{ext}}= 37.78\text{ °C}$

#### Découpage

- Cotés  $AB, CD$ : 10 éléments
- Cotés  $AD, BC$ : 1 élément



### 4.2 Caractéristiques du maillage

On a 22 nœuds au total  
10 mailles QUAD4 sur la surface moyenne de la coque  
1 maille SEG2 sur le coté  $BC$

### 4.3 Valeurs testées

| Identification | Référence      |
|----------------|----------------|
| Localisation   | $T(\text{°C})$ |
| $x/L=0.0$      | 593.333        |
| $x/L=0.1$      | 512.778        |
| $x/L=0.2$      | 446.111        |
| $x/L=0.3$      | 393.333        |
| $x/L=0.4$      | 348.889        |
| $x/L=0.5$      | 312.778        |
| $x/L=0.6$      | 279.444        |
| $x/L=0.7$      | 254.444        |
| $x/L=0.8$      | 237.778        |
| $x/L=0.9$      | 221.111        |
| $x/L=1.0$      | 213.333        |

### 4.4 Remarques

Comme prévu, la distribution de température est uniforme selon la largeur. Tous les résultats obtenus sont dans l'intervalle de tolérance admis qui correspond à l'incertitude présumée sur les résultats de l'estimation graphique.

## 5 Modélisation C

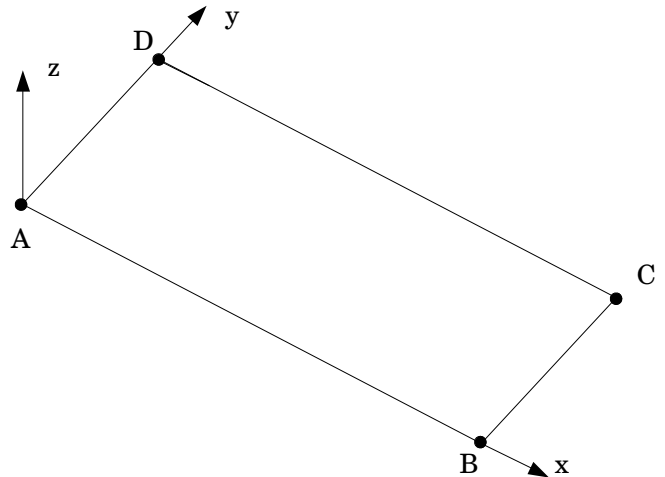
### Modélisation : COQUE (QUAD9 + SEG3)

Conditions limites:

- coté AD  $T_w=593.33\text{ }^\circ\text{C}$
- face supérieure, inférieure et bord BC  
 $h = 85.169\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{\text{ext}}= 37.78\text{ }^\circ\text{C}$

Découpage

- Cotés AB, CD: 5 éléments
- Cotés AD, BC: 1 élément



### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Du fait des conditions aux limites et de chargements, la modélisation est indépendante de la largeur des cotés  $AD$  et  $BC$  (la distribution de température est uniforme le long de la largeur).

### 5.2 Caractéristiques du maillage

On a 33 nœuds au total  
5 mailles QUAD9 sur la surface moyenne de la coque  
1 mailles SEG3 sur le coté BC

### 5.3 Valeurs testées

| Identification | Référence           | Aster   | % différence | tolérance |
|----------------|---------------------|---------|--------------|-----------|
| Localisation   | $T(^\circ\text{C})$ |         |              |           |
| $x/L=0.0$      | 593.333             | 593.333 | 0.000        | 5%        |
| $x/L=0.1$      | 512.778             | 517.947 | 1.008        | 5%        |
| $x/L=0.2$      | 446.111             | 451.207 | 1.142        | 5%        |
| $x/L=0.3$      | 393.333             | 395.841 | 0.638        | 5%        |
| $x/L=0.4$      | 348.889             | 349.658 | 0.220        | 5%        |
| $x/L=0.5$      | 312.778             | 311.722 | -0.338       | 5%        |
| $x/L=0.6$      | 279.444             | 280.993 | 0.554        | 5%        |
| $x/L=0.7$      | 254.444             | 256.673 | 0.876        | 5%        |
| $x/L=0.8$      | 237.778             | 238.125 | 0.146        | 5%        |
| $x/L=0.9$      | 221.111             | 224.854 | 1.693        | 5%        |
| $x/L=1.0$      | 213.333             | 216.516 | 1.492        | 5%        |

### 5.4 Remarques

Comme prévu, la distribution de température est uniforme selon la largeur. Tous les résultats obtenus sont nettement dans l'intervalle de tolérance admis.





## 6 Modélisation D

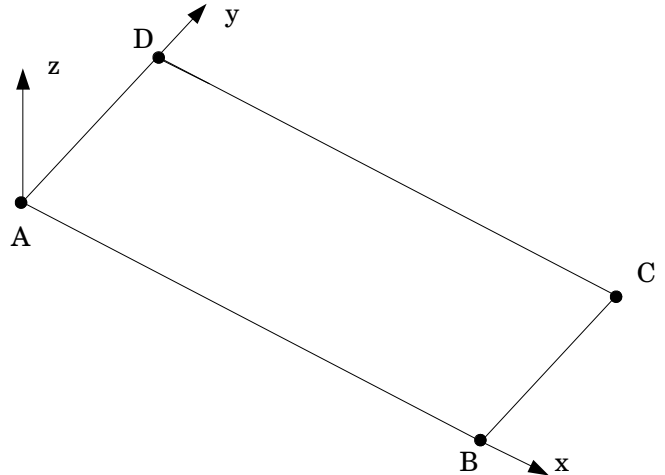
### Modélisation: COQUE (TRIA7 + SEG3)

Conditions limites:

- coté AD  $T_w=593.33\text{ °C}$
- face supérieure, inférieure et bord BC  
 $h = 85.169\text{ W/m}^2\text{ °C}$   
 $T_{\text{ext}}= 37.78\text{ °C}$

Découpage

- Cotés AB, CD: 10 éléments
- Cotés AD, BC: 1 élément



### 6.1 Caractéristiques de la modélisation

Du fait des conditions aux limites et de chargements, la modélisation est indépendante de la largeur des cotés AD et BC (la distribution de température est uniforme le long de la largeur).

### 6.2 Caractéristiques du maillage

On a 43 nœuds au total  
10 mailles TRIA7 sur la surface moyenne de la coque  
1 mailles SEG3 sur le coté *BC*

### 6.3 Valeurs testées

| Identification | Référence | Aster   | % différence | tolérance |
|----------------|-----------|---------|--------------|-----------|
| Localisation   | T (°C)    |         |              |           |
| x/L = 0.0      | 593.333   | 593.333 | 0.000        | 5%        |
| x/L = 0.1      | 512.778   | 517.863 | 0.992        | 5%        |
| x/L = 0.2      | 446.111   | 451.193 | 1.139        | 5%        |
| x/L = 0.3      | 393.333   | 395.862 | 0.643        | 5%        |
| x/L = 0.4      | 348.889   | 349.635 | 0.214        | 5%        |
| x/L = 0.5      | 312.778   | 311.737 | -0.333       | 5%        |
| x/L = 0.6      | 279.444   | 280.981 | 0.550        | 5%        |
| x/L = 0.7      | 254.444   | 256.683 | 0.880        | 5%        |
| x/L = 0.8      | 237.778   | 238.122 | 0.145        | 5%        |
| x/L = 0.9      | 221.111   | 224.857 | 1.694        | 5%        |
| x/L = 1.0      | 213.333   | 216.526 | 1.497        | 5%        |

### 6.4 Remarques

Comme prévu, la distribution de température est uniforme selon la largeur. Tous les résultats obtenus sont nettement dans l'intervalle de tolérance admis.

## 7 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus pour les deux modélisations (QUAD8 + SEG3 ou QUAD + SEG2) dans l'intervalle de tolérance admis (< 2% pour une tolérance de 5%) qui correspond à l'incertitude sur les résultats de l'estimation graphique de référence.

Les données du test pourraient retenir une tolérance de 2%.