

## Manuel de Validation

### Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques

#### Document : V6.04.104

# SSNV104 - Contact de deux phères

---

## Résumé :

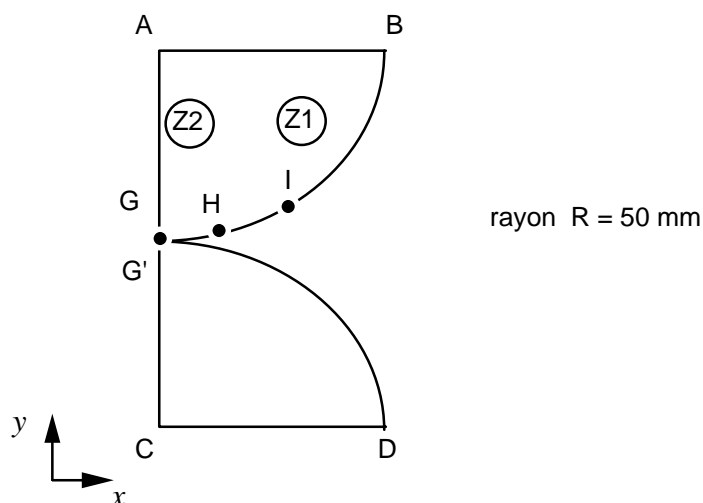
Le calcul consiste à écraser deux quarts de sphères l'un sur l'autre pour tester l'algorithme de contact unilatéral en statique. La solution est comparée au résultat analytique de Hertz. Cette fonctionnalité rentre dans le cadre de la mécanique des structures ayant un comportement non linéaire.

Les trois modélisations axisymétriques proposées diffèrent par le type d'éléments finis utilisés (modélisation AXIS, mailles TRIA3, QUAD4 et QUAD8).

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

Deux demi-sphères : modèle axisymétrique



Compte tenu des différences de maillage, les positions des nœuds H et I, indiquées ici de manière approximative, sont différentes dans les 3 modélisations (on notera les nœuds  $H_A$ ,  $I_A$ ,  $H_B$ ,  $I_B$ ,  $H_C$ ,  $I_C$ ).

### 1.2 Propriétés de matériaux

$E = 20\,000 \text{ MPa}$

$\nu = 0.3$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

DX bloqué sur l'axe AC

DY imposé  $-2 \text{ mm}$  pour les nœuds de AB

$+2 \text{ mm}$  pour les nœuds de CD

## 2 Solution de référence

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

Méthode analytique pour le calcul de  $\sigma_{yy}$  en G (et G') : c'est la solution d'un problème de Hertz

$$\sigma_{yy} = \frac{-E}{\pi} \frac{1}{1-\nu^2} \sqrt{\frac{2h}{R}}$$

où  $h$  est l'écrasement imposé ( $h = 2 - (-2) = 4$  mm).

### 2.2 Résultats de référence

$\sigma_{yy}$  au point G (solution analytique).

Déplacements en trois points du bord (dont G).

$\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  et  $\sigma_{zz}$  dans une maille s'appuyant sur AG.

### 2.3 Référence bibliographique

- [1] G. DUMONT : "La méthode des contraintes actives appliquée au contact unilatéral"  
Note HI-75/93/016.

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nœuds : 110 nœuds.

Mailles : 170 TRIA3 et 53 SEG2.

### 3.3 Fonctionnalités testées

AFFE_CHAR_MECA	LIAISON_UNIL_NO
STAT_NON_LINE	

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence	Tolérance
$\sigma_{yy}$ maille M1 nœud N110 (G)	-2798.3	-2636.5	5.8%	7%
$\sigma_{yy}$ maille M8 nœud N110 (G)	-2798.3	-2976.7	6.4%	7%
DX nœud N110 (G)	0.	1.14 10 <sup>-17</sup>	$\approx 10^{-17}$ (abs)	10 <sup>-13</sup>
DY nœud N110 (G)	0.	-2.63 10 <sup>-4</sup>	$\approx 10^{-14}$ (abs)	10 <sup>-13</sup>
DX nœud N100 (H <sub>A</sub> )		-1.23616 10 <sup>-1</sup>		
DY nœud N100 (H <sub>A</sub> )		-1.43310 10 <sup>-1</sup>		
DX nœud N92 (I <sub>A</sub> )		-1.76462 10 <sup>-1</sup>		
DY nœud N92 (I <sub>A</sub> )		-6.94980 10 <sup>-1</sup>		

### 4.2 Remarques

Le nœud G appartient à 2 mailles (M1 et M8) : on peut faire la moyenne des deux  $\sigma_{yy}$  correspondant pour comparer à la valeur théorique, d'où une erreur de 0.3%.

### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.24

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Temps CPU User : 5 secondes

## 5 Modélisation B

---

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nœuds : 410.

Mailles : 30 TRIA3, 324 QUAD4, 93 SEG2.

### 5.3 Fonctionnalités testées

AFFE_CHAR_MECA	LIAISON_UNIL_NO
STAT_NON_LINE	

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster		% différence	Tolérance
$\sigma_{yy}$ maille M31 nœud N291 (G)	-2798.3	-2477.		11.5%	12%
DX nœud N291 (G)	0	-2.	$10^{-17}$	$\approx 10^{-17}$ (abs)	$10^{-13}$
DY nœud N291 (G)	0	-5.8.	$10^{-17}$	$\approx 10^{-17}$ (abs)	$10^{-13}$
DX nœud N287 (H <sub>B</sub> )		$-1.22920 \cdot 10^{-1}$			
DY nœud N287 (H <sub>B</sub> )		$-1.62911 \cdot 10^{-1}$			
DX nœud N285 (I <sub>B</sub> )		$-1.89036 \cdot 10^{-1}$			
DY nœud N285 (I <sub>B</sub> )		$-6.29666 \cdot 10^{-1}$			

### 6.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.24

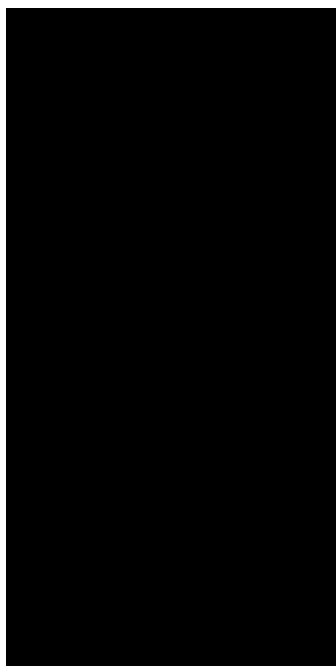
Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Temps CPU User : 6 secondes

## 7 Modélisation C

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation



### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nœuds : 660.

Mailles : 176 QUAD8 et 80 SEG3.

### 7.3 Fonctionnalités testées

Commandes		Clés
AFFE_CHAR_MECA	LIAISON_UNIL_NO	[U4.25.01]
STAT_NON_LINE		[U4.32.01]



## 8 Résultats de la modélisation C

### 8.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster		% différence	Tolérance
$\sigma_{yy}$ maille M1 nœud N660 (G)	-2 798.3	-2419.8		13.5%	14%
DX nœud N660 (G)	0	-3.4	$10^{-17}$	$\approx 10^{-17}$ (abs)	$10^{-13}$
DY nœud N660 (G)	0	-3.4	$10^{-14}$	$\approx 10^{-14}$ (abs)	$10^{-13}$
DX nœud N644 (H <sub>C</sub> )		$-1.10481 \cdot 10^{-1}$			
DY nœud N644 (H <sub>C</sub> )		$-1.11082 \cdot 10^{-1}$			
DX nœud N606 (I <sub>C</sub> )		$-2.10057 \cdot 10^{-1}$			
DY nœud N606 (I <sub>C</sub> )		$-7.37809 \cdot 10^{-1}$			

### 8.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.24

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Temps CPU User : 6 secondes

## 9 Synthèse des résultats

---

La comparaison de chacune des 3 modélisations à la référence analytique (limitée au point G) est satisfaisante pour la modélisation A, moins pour les modélisations B et C.

La comparaison des 3 modélisations entre elles montre que :

- les déformées sont superposables,
- les champs de contraintes ont des différences locales assez marquées, notamment dans les zones Z1 et Z2. La phase de validation indépendante devrait permettre de comprendre pourquoi.

Dans les fichiers de commande, on s'assure de la non-dégradation des résultats en testant les déplacements en deux nœuds du bord, H et I. Ces nœuds occupant des positions légèrement différentes selon les modélisations, il ne faut pas chercher à comparer les valeurs des cas A, B, C.