

PERF005 - Contact de Hertz entre deux demi-sphères

Résumé :

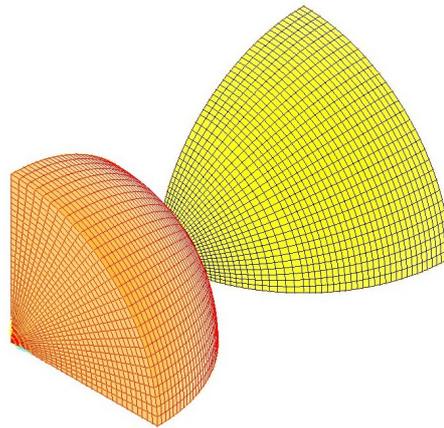
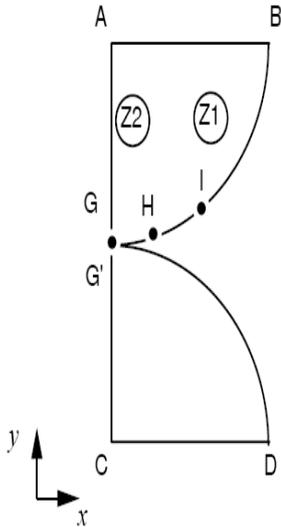
L'objectif de ce cas-test est de mesurer les performances d'un calcul élastique avec contact 3D.

Les trois modélisations effectuées sont les suivantes :

- Modélisation A : maillage PENTA6, $1.3 E4$ degrés de liberté, 64 nœuds de contact, STAT_NON_LINE ('MULT_FRONT', 'CONTRAINTTE')
- Modélisation B : maillage PENTA6, $9.1 E4$ degrés de liberté, 222 nœuds de contact, STAT_NON_LINE ('MULT_FRONT', 'CONTRAINTTE')
- Modélisation C : maillage PENTA6, $4.9 E5$ degrés de liberté, 697 nœuds de contact, STAT_NON_LINE ('MULT_FRONT', 'CONTRAINTTE')
- Modélisation D : maillage PENTA6, $1.3 E4$ degrés de liberté, 64 nœuds de contact, STAT_NON_LINE ('GCPC', 'CONTINUE')
- Modélisation E : maillage PENTA6, $9.1 E4$ degrés de liberté, 222 nœuds de contact, STAT_NON_LINE ('GCPC', 'CONTINUE')
- Modélisation F : maillage PENTA6, $4.9 E5$ degrés de liberté, 697 nœuds de contact, STAT_NON_LINE ('GCPC', 'CONTINUE')

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



• Rayon : $R = 50 \text{ mm}$

1.2 Propriétés du matériau

- $E = 20\,000 \text{ MPa}$
- $\nu = 0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

• Déplacements imposés :

- AC : $DX = 0$.
- AB : $DY = -2 \text{ mm}$
- CD : $DY = 2 \text{ mm}$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La contrainte σ_{yy} au point G (et G') est la solution analytique d'un problème de hertz [1] :

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

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

2.2 Résultats de référence

σ_{yy} au point G (solution analytique)

$$\sigma_{yy} = -2798.3 \text{ MPa}$$

2.3 Incertitudes

Solution analytique

2.4 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 A

Modélisation 3D :

Nombre de nœuds	3 770		
Nombre de mailles	8 964	Soit :	
		SEG2	208
		TRIA3	1 652
		QUAD4	688
		TETRA4	192
		PENTA6	5 952
		PYRAM5	272

3.2 Résultats

Point	Grandeur	Référence (MPa)	Tolérance (%)
<i>G1</i>	<i>SIYY</i>	-2.7983E3	0.16

Le déplacement imposé est appliqué en un seul pas de temps et a nécessité deux itérations pour converger.

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation B

Modélisation 3D :

Nombre de nœuds	27760		
Nombre de mailles	60996	Soit :	
		SEG2	424
		TRIA3	6492
		QUAD4	2912
		TETRA4	768
		PENTA6	49472
		PYRAM5	928

4.2 Résultats

Point	Grandeur	Référence (MPa)	Tolérance (%)
<i>G1</i>	<i>SIYY</i>	-2.7983E3	0.05

Le déplacement imposé est appliqué en un seul pas de temps et a nécessité deux itérations pour converger.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation C

Modélisation 3D :

Nombre de nœuds	154 666		
Nombre de mailles	326 854	Soit :	
		SEG2	766
		TRIA3	21 280
		QUAD4	9 240
		TETRA4	2 632
		PENTA6	290 080
		PYRAM5	2 856

5.2 Résultats

Point	Grandeur	Référence (MPa)	Tolérance (%)
<i>G1</i>	<i>SIYY</i>	-2.7983E3	0.05

Le déplacement imposé est appliqué en un seul pas de temps et a nécessité deux itérations pour converger.

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation D

Modélisation 3D :

Nombre de nœuds	3 770		
Nombre de mailles	8 964	Soit :	
		SEG2	208
		TRIA3	1 652
		QUAD4	688
		TETRA4	192
		PENTA6	5 952
		PYRAM5	272

6.2 Résultats

Point	Grandeur	Référence (MPa)	Tolérance (%)
<i>G1</i>	<i>SIYY</i>	-2.7983E3	0.16

Cette modélisation est le pendant de la modélisation A en utilisant une méthode de contact différente ici 'CONTINUE' ainsi qu'un solveur linéaire différent ici 'GCPC'.

Afin de pouvoir comparer les performances des 2 méthodes de contact, on force le critère de convergence géométrique à 5% (RESI_GEOM=0.05) afin de faire le même nombre d'itérations de géométrie dans les deux méthodes (ici 2).

Les résultats sont identiques à ceux de la modélisation A.

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation E

Modélisation 3D :

Nombre de nœuds	27760			
Nombre de mailles	60996	Soit :		
			SEG2	424
			TRIA3	6492
			QUAD4	2912
			TETRA4	768
			PENTA6	49472
			PYRAM5	928

7.2 Résultats

Point	Grandeur	Référence (MPa)	Tolérance (%)
<i>G1</i>	<i>SIYY</i>	-2.7983E3	0.05

Cette modélisation est le pendant de la modélisation B en utilisant une méthode de contact différente ici 'CONTINUE' ainsi qu'un solveur linéaire différent ici 'GCPC'.

Afin de pouvoir comparer les performances des 2 méthodes de contact, on force le critère de convergence géométrique à 5% (`RESI_GEOM=0.05`) afin de faire le même nombre d'itérations de géométrie dans les deux méthodes (ici 3).

Les résultats sont identiques à ceux de la modélisation B.

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation F

Modélisation 3D :

Nombre de nœuds	154666		
Nombre de mailles	326854	Soit :	
		SEG2	766
		TRIA3	21280
		QUAD4	9240
		TETRA4	2632
		PENTA6	290080
		PYRAM5	2856

8.2 Résultats

Point	Grandeur	Référence (MPa)	Tolérance (%)
<i>G1</i>	<i>SIYY</i>	-2.7983E3	0.05

Cette modélisation est le pendant de la modélisation C en utilisant une méthode de contact différente ici 'CONTINUE' ainsi qu'un solveur linéaire différent ici 'GCPC'.

Afin de pouvoir comparer les performances des 2 méthodes de contact, on force le même nombre d'itérations de géométrie (ici NB_ITER_GEOM = 3).

Les résultats sont identiques à ceux de la modélisation C.

9 Synthèse des résultats

Machine	Aster	Mod.	Nb DDL	Mémoire (Mo)		Temps exécution (STAT_NON_LINE) (sec)			
				Utilisée	Minimum	USER	SYSTEM	USER+SYS	ELAPSED
Linux 64 bits (ia64) "Bull"	10.1	A	13370	41	25	7.54	1.82	9.36	9.44
		B	91092	164	124	209.37	77.42	286.79	288.79
		C	488954	1299	1065	5605.98	5637.46	11243.44	11271.70
		D	13542	63	38	41.67	2.57	44.24	44.36
		E	91756	383	232	500.57	25.30	525.87	526.82
		F	491014	2047	1239	5453.84	355.82	5809.66	5878.49

On constate que la méthode de contact continue associée à un gradient conjugué préconditionné par une factorisation incomplète de niveau 1 permet d'obtenir de très bonnes performances dès lors que la taille du problème (en terme de ddl's globaux et de contact) grandit.