SDLS100 - Etude de maillages sur une plaque carrée mince

Résumé :

Ce problème tridimensionnel consiste à chercher les fréquences de vibration d'une structure mécanique composée d'une plaque carrée mince encastrée sur un côté. On étudie l'influence de la distorsion du maillage sur les résultats. Ce test de Mécanique des Structures correspond à une analyse dynamique d'un modèle surfacique ayant un comportement linéaire. Il comporte trois modélisations.

Ce problème permet de tester l'élément de plaque DKT en flexion transverse et le calcul des fréquences propres, soit par la méthode de Lanczos, soit par la méthode de Bathe et Wilson. La première modélisation consiste à mailler finement et régulièrement la plaque par des triangles. Pour la deuxième modélisation, le maillage est plus grossier tandis que pour la troisième, il est grossier et distordu.

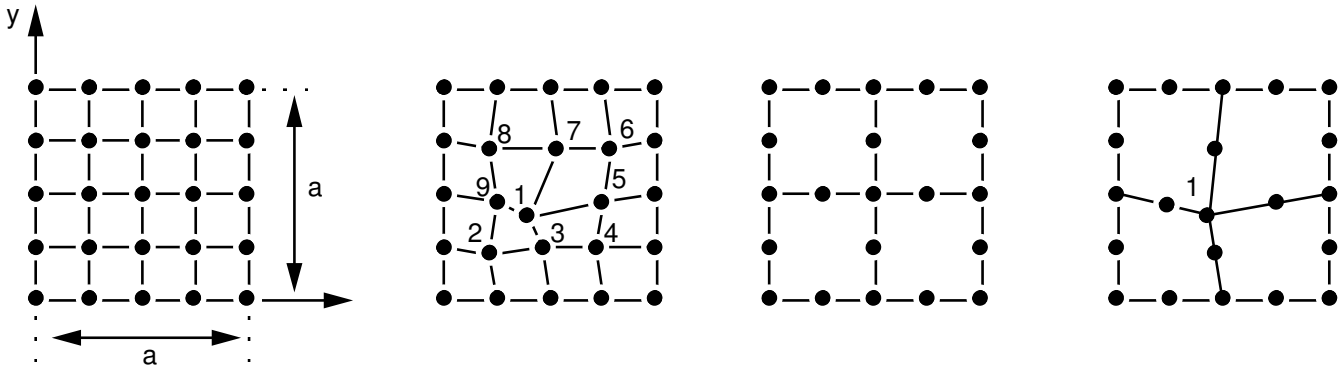
La première modélisation sert de résultats de référence.

Les résultats obtenus sont en bon accord entre eux et avec ceux d'une fiche NAFEMS. L'effet de distorsion du maillage n'apparaît pas sur les premières fréquences de vibration.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Test 1 Test 2 Test 3 Test 4

Plaque carrée :
côté $a=10.m$
épaisseur $t=0.05\,m$

Coordonnées des points (en m) :

Test 2			Test 4		
Nœud	x	y	**Nœud**	x	y
1	4.0	4.0	1	4.0	4.0
2	2.25	2.25			
3	4.75	2.5			
4	7.25	2.75			
5	7.5	4.75			
6	7.75	7.25			
7	5.25	7.25			
8	2.25	7.25			
9	2.5	4.75			

1.2 Propriétés des matériaux

$E=2.10^{11}\ Pa$

$\nu=0.3$

$\rho=8000.kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Tout point P tel que $x_p=0$: ($u=v=w=0$, $\theta_y=0$).

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse modale.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est celle donnée dans la fiche 'Test 16' des tests de référence publiés par la NAFEMS.

La fiche NAFEMS donne les résultats de référence ainsi que des résultats de calculs effectués en utilisant des éléments de type coque mince de Kirchoff basés sur une formulation de déplacement isoparamétrique quadratique (degré de liberté de rotation et de translation normale à la plaque).

2.2 Résultats de référence

6 premiers modes propres.

2.3 Références bibliographiques

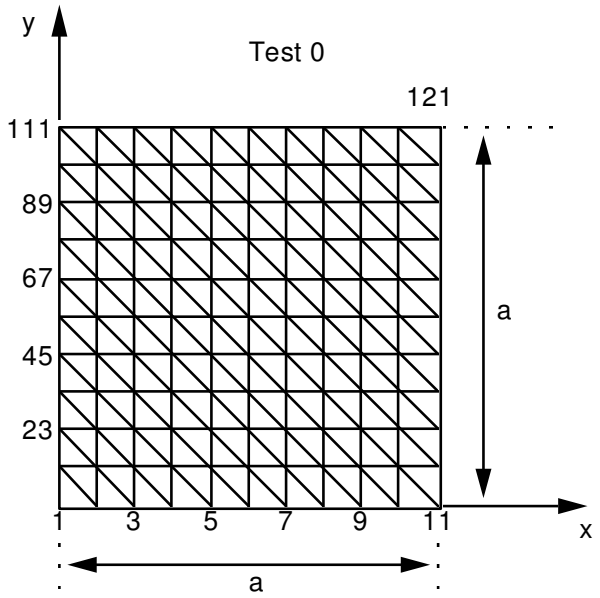
1) F. ABASSIAN, D.J. DAWSWELL, N.C. KNOWLES. Selected Benchmarks for Natural Frequency Analysis. NAFEMS (1987).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Maillage fin pour validation de la solution de référence



Découpage :

10 sur chaque côté du losange soit 200 mailles TRIA3.

Élancement de l'élément $\frac{a}{10\,t}=20$.

Conditions limites :

en tous les nœuds P du côté $Xp=0.$:

```
DDL_IMPO: ( GROUP_NO: COTE  DX:0., DY:0., DZ: 0., DRY: 0. )
```

Nom des nœuds :

Point 1 = $N1$
Point 121 = $N121$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds :	121
Nombre de mailles et types :	200 TRIA3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3.3 Grandeurs testées et résultats

Ordre du mode propre	Référence Fréquence (Hz)	*Aster* Fréquence (Hz)	% différence
1	0.421	0.4178	–0.8
2	1.029	1.0255	–0.3
3	2.582	2.5669	–0.6
4	3.306	3.2733	–1.
5	3.753	3.7347	–0.5
6	6.555	6.5236	–0.5
7		7.3756	
8		7.7332	
9		8.5567	
10		11.1199	
11		11.6474	
12		14.3551	

3.4 Remarques

Calculs effectués par :

```
CALC_MODES
              OPTION = 'PLUS_PETITE'
              CALC_FREQ=_F(NMAX_FREQ = 12)
              SOLVEUR_MODAL=_F(METHODE = 'TRI_DIAG')
```

3.5 Contenu du fichier résultats

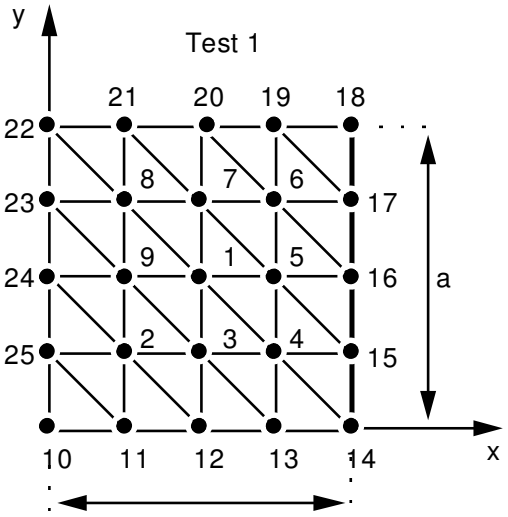
12 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément DKT maillage plus grossier



Élancement des éléments : $\frac{a}{4t}=50$.

Conditions limites :

en tous les nœuds P du côté $Xp=0.$:

```
DDL_IMPO: ( GROUP_NO: COTE  DX:0., DY:0., DZ: 0., DRY: 0. )
```

Nom des nœuds :

Point 1 = $N1$
Point 25 = $N25$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds :	25
Nombre de mailles et types :	32 TRIA3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4.3 Grandeurs testées et résultats

Fréquence (Hz)

Ordre du mode propre	Référence	Test NAFEMS	*Aster*	% différence
	NAFEMS			
1	0.421	0.4174	0.4165	–1.07
2	1.029	1.020	1.0301	0.11
3	2.582	2.564	2.5793	–0.10
4	3.306	3.302	3.2572	–1.47
5	3.753	3.769	3.7397	–0.35
6	6.555	6.805	6.4544	–1.54
	Test 0			
7	7.3756		7.2821	–1.27
8	7.7332		7.6852	–0.62
9	8.5567		8.3764	–2.11
10	11.1199		10.7209	–3.59
11	11.6474		11.2904	–3.06
12	14.3531		13.7573	–4.16

4.4 Remarques

Calculs effectués par :

```
CALC_MODES
              OPTION = 'PLUS_PETITE'
              CALC_FREQ=_F(NMAX_FREQ = 12)
              SOLVEUR_MODAL=_F(METHODE = 'JACOBI')
```

4.5 Contenu du fichier résultats

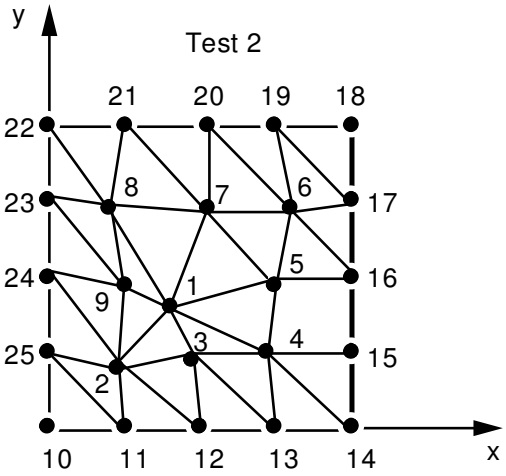
12 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément DKT avec maillage distordu



Élancement de l'élément : entre 50 et 75.

Conditions limites :

en tous les nœuds P du côté $Xp=0.$:

```
DDL_IMPO: ( GROUP_NO: COTE  DX:0., DY:0., DZ: 0., DRY: 0. )
```

Nom des nœuds : Point 1 = $N1$
Point 25 = $N25$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds :	25
Nombre de mailles et types :	32 TRIA3

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5.3 Grandeurs testées et résultats

Fréquence (Hz)

Ordre du mode propre	Référence	Test NAFEMS	*Aster*	% différence
	NAFEMS			
1	0.421	0.4174	0.4163	–1.12
2	1.029	1.020	1.0340	0.49
3	2.582	2.571	2.5644	–0.68
4	3.306	3.317	3.2539	–1.58
5	3.753	3.780	3.7433	–0.26
6	6.555	6.883	6.4898	–0.99
	Test 0			
7	7.3756		7.2119	–2.22
8	7.7332		7.6026	–1.69
9	8.5567		8.3232	–2.73
10	11.1199		10.7735	–3.12
11	11.6474		11.2607	–3.32
12	14.3531		13.3008	–7.34

5.4 Remarques

Calculs effectués par :

```
CALC_MODES
              OPTION = 'PLUS_PETITE'
              CALC_FREQ=_F(NMAX_FREQ = 12)
              SOLVEUR_MODAL=_F(METHODE = 'TRI_DIAG')
```

5.5 Contenu du fichier résultats

12 premières fréquences propres, vecteurs propres et paramètres modaux.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèse des résultats

% différences/référence

Ordre du mode propre	Référence NAFEMS	*Aster* Test 0	*Aster* Test 1	*Aster* Test 2	% diff. Test 0	% diff. Test 1	% diff. Test 2
1	0.421	0.4178	0.4165	0.4163	–0.76	–1.07	–1.12
2	1.029	1.0255	1.0301	1.0340	–0.34	0.11	0.49
3	2.582	2.5669	2.5793	2.5644	–0.58	–0.10	–0.68
4	3.306	3.2733	3.2572	3.2539	–0.99	–1.47	–1.58
5	3.753	3.7347	3.7397	3.7433	–0.49	–0.35	–0.26
6	6.555	6.5236	6.4544	6.4898	–0.48	–1.54	–0.99

% différences/référence

Ordre du mode propre	Référence NAFEMS	*Aster* Test 0	*Aster* Test 1	*Aster* Test 2	% diff. Test 0	% diff. Test 1	% diff. Test 2
7		7.3756	7.2821	7.2119		–1.27	–2.22
8		7.7332	7.6852	7.6026		–0.62	–1.69
9		8.5567	8.3764	8.3232		–2.11	–2.73
10		11.1199	10.7209	10.7735		–3.59	–3.12
11		11.6474	11.2904	11.2607		–3.07	–3.32
12		14.3551	13.7573	13.3008		–4.16	–7.34

- Pour les tests 1 et 2, les quadrangles de la fiche NAFEMS ont été découpés en triangles.
- Les tests 3 et 4 peuvent être effectués par *Aster* (pas d'élément quadratique de coque).
- Jusqu'au 9ème mode, l'erreur sur la fréquence est $\leq 2.5\%$.
- L'effet de distorsion du maillage n'apparaît vraiment que sur les modes 7 et 12.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)