

SSLS110 - Stabilité d'une plaque carrée comprimée

Résumé :

Une plaque carrée élastique linéaire isotrope homogène simplement appuyée sur ses quatre côtés est soumise à une force linéique de compression agissant sur deux de ses côtés.

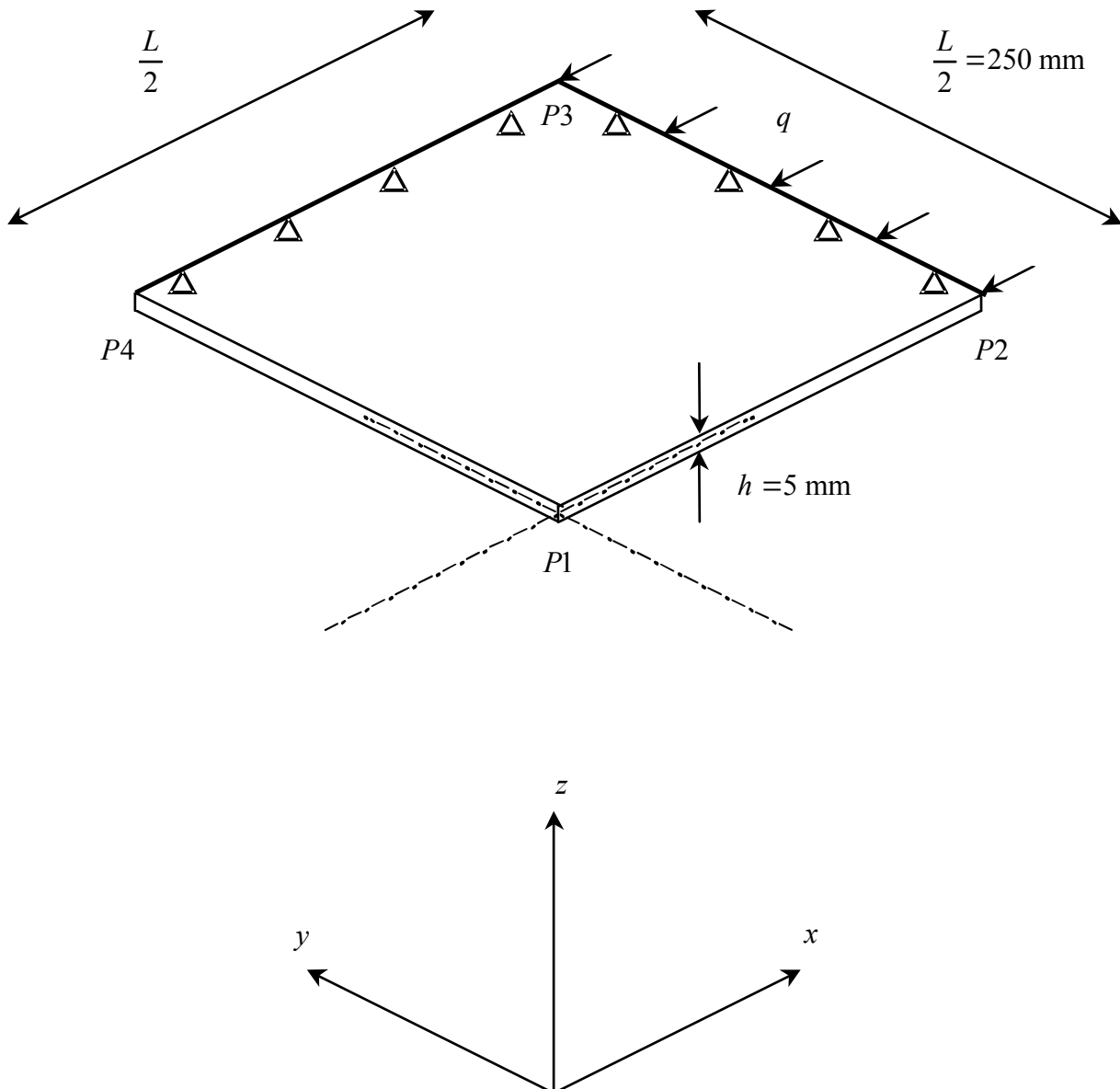
On calcule les charges critiques conduisant au flambement élastique de la plaque. La matrice de rigidité géométrique utilisée dans la résolution du problème aux valeurs propres est celle qui est due aux contraintes initiales.

- mécanique élastique linéaire,
- flambement d'une coque,
- intérêt du test : calcul de la matrice de rigidité géométrique des éléments `DKT`, `DKTG` et `COQUE_3D`,
- 6 modélisations.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

En raison de la symétrie géométrique et physique du problème, seul le quart de la plaque est modélisé. En prenant compte les conditions de symétrie, on ne peut capter que les seuls modes de flambement symétriques.



1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ Mpa} .$$

$$\nu = 0.3$$

Le coefficient de cisaillement transverse pour la plaque vaut $A_{CS} = 5/6$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :	$P2P3$:	$DZ = 0.$		
	$P3P4$:	$DZ = 0.$		
Symétrie	$P1P2$:	$DY = 0.$	$DRX = 0 .$	$DRZ = 0.$
	$P4P1$:	$DX = 0.$	$DRY = 0 .$	$DRZ = 0.$

Chargement :

Force linéique de compression q sur $P2P3$

1.4 Remarques

Il n'est pas possible de résoudre le problème de déformation de compression sans introduire les conditions de symétrie. En effet, imposer des conditions aux limites de symétrie pour un quart de plaque revient à éliminer les modes de corps rigide pour la plaque complète.

2 Solution de référence

2.1 Solution de référence

- Charges critiques

La solution analytique obtenue avec une théorie de plaque mince en élasticité linéaire homogène isotrope [bib1] sans prise en compte de l'énergie de cisaillement transverse détermine la i ème charge critique :

$$q_{cr i} = \frac{D\pi^2}{L^2} \left(i + \frac{1}{i}\right)^2$$

avec :

$$D = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)} : \text{le coefficient de rigidité de flexion de la coque}$$

h : l'épaisseur

L : la longueur du côté de la plaque carrée.

- Déformation de membrane

L'expression analytique de la déformation de membrane suivant l'axe X est la suivante :

$$e_{.xx} = \frac{q \times L}{(h \times L \times E)}$$

Le résultat de référence a été calculé avec $q = 1. N/mm$

2.2 Résultats de référence

Certains modes correspondant aux charges critiques de la solution analytique ne sont pas symétriques et ne peuvent pas être captés avec les conditions de symétrie pour un quart de plaque. Les Valeurs des charges critiques obtenues correspondent donc aux 3 premiers modes symétriques de flambement :

- Mode 1 du quart de la plaque = Mode 1 de toute la plaque
- Mode 2 du quart de la plaque = Mode 3 de toute la plaque
- Mode 3 du quart de la plaque = Mode 5 de toute la plaque

2.3 Incertitude sur la solution

Solution exacte pour une théorie de plaque sans cisaillement transverse.

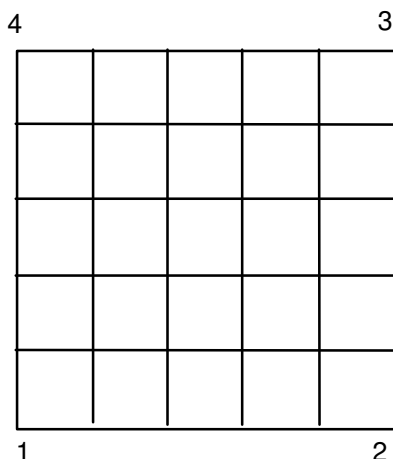
2.4 Références bibliographiques

- 1) J. G. EISLEY "Mechanics of Elastic Structures : Classical and Finite Element Methods". Prentice Hall, Englewood Cliffs N.J. 07632 (19XX).
- 2) "Stability of Square Plate Under Biaxial Loading". The SAMCEF User's Manuals V7.1. (1998).

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

MEC3QU9H (COQUE_3D)



modélisation COQUE_3D

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121

Nombre de mailles et types : 25 QUAD9

3.3 Valeurs testées

- Charges critiques

Identification	Type de référence	Référence	Tolérance %
mode 1	'ANALYTIQUE'	3.79600E+02	1.0
mode 2	'ANALYTIQUE'	1.05444E+03	0.6
mode 3	'ANALYTIQUE'	2.56609E+03	0.4

- Déformation de membrane

Identification			Type de référence	Référence	Tolérance %
Valeur	Maille	Nœud			
EXX	MA000045	NC000003	'ANALYTIQUE'	-9.5238095E-07	1.e-4

Identification			Type de référence	Référence	Tolérance %
Valeur	Maille	Point			
EXX	MA000045	1	'ANALYTIQUE'	-9.5238095E-07	1.e-4

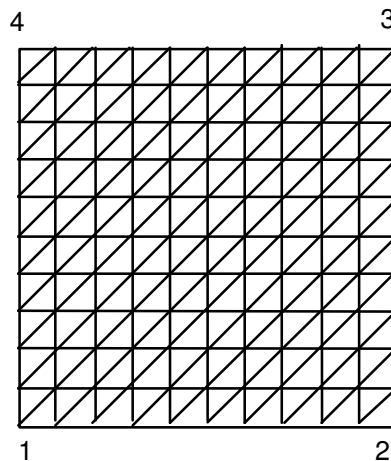
3.4 Remarques

L'énergie due au cisaillement transverse n'est pas négligée.

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

MEC3TR7H (COQUE_3D)



modélisation COQUE_3D

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 641

Nombre de mailles et types : 200 TRIA7

4.3 Valeurs testées

- Charges critiques

Identification	Type de référence	Référence	Tolérance %
mode 1	'ANALYTIQUE'	3.79600E+02	0.6
mode 2	'ANALYTIQUE'	1.05444E+03	0.3
mode 3	'ANALYTIQUE'	2.56609E+03	0.7

- Déformation de membrane

Identification			Type de référence	Référence	Tolérance %
Valeur	Maille	Nœud			
EXX	MA000240	NC000003	'ANALYTIQUE'	-9.5238095E-07	1.e-4

Identification			Type de référence	Référence	Tolérance %
Valeur	Maille	Point			
EXX	MA000240	1	'ANALYTIQUE'	-9.5238095E-07	1.e-4

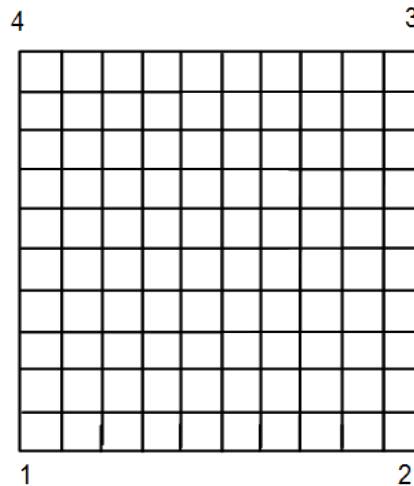
4.4 Remarques

L'énergie due au cisaillement transverse n'est pas négligée.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

MEDKQU4 (modélisation DKT)



5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121

Nombre de mailles et types : 100 QUAD4

5.3 Valeurs testées

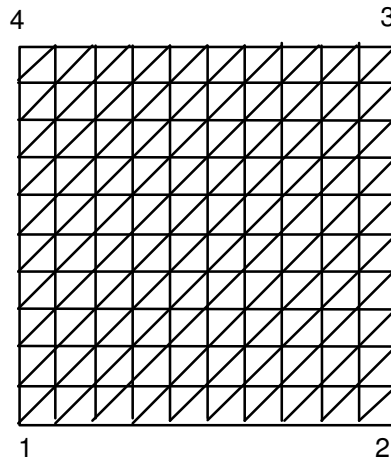
Charges critiques

Identification	Type de référence	Référence	Tolérance %
mode 1	'ANALYTIQUE'	3.79600E+02	3.0
mode 2	'ANALYTIQUE'	1.05444E+03	2.0
mode 3	'ANALYTIQUE'	2.56609E+03	5.5

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

MEDKTR3 (modélisation DKT)



6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121

Nombre de mailles et types : 200 TRIA3

6.3 Valeurs testées

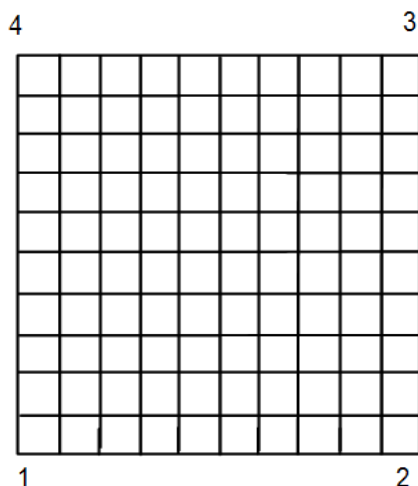
Charges critiques

Identification	Type de référence	Référence	Tolérance %
mode 1	'ANALYTIQUE'	3.79600E+02	0.01
mode 2	'ANALYTIQUE'	1.05444E+03	2.0
mode 3	'ANALYTIQUE'	2.56609E+03	5.0

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

MEDKQU4 (modélisation DKTG)



7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121

Nombre de mailles et types : 100 QUAD4

7.3 Valeurs testées

Charges critiques

Identification	Type de référence	Référence	Tolérance %
mode 1	'ANALYTIQUE'	3.79600E+02	3.0
mode 2	'ANALYTIQUE'	1.05444E+03	2.0
mode 3	'ANALYTIQUE'	2.56609E+03	5.5

8 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus :

- Modélisation `COQUE_3D` : sont très satisfaisants pour les deux types d'éléments, `QUAD9` et `TRIA7`, même s'il est nécessaire d'employer un plus grand nombre d'éléments triangles.
- Modélisations `DKT` et `DKTG` : sauf pour le mode 1 (mailles `TRIA3`), sont moins bons que la modélisation `COQUE_3D` mais sont néanmoins satisfaisants pour les deux types d'éléments, `QUAD4` et `TRIA3`.