SDLS04 - Sous-structuration cyclique : Plaque mince annulaire encastrée en son moyeu

Résumé :

Le domaine d'application de ce test concerne la dynamique des structures, et plus particulièrement le calcul modal par sous-structuration dynamique cyclique.

Il s'agit de calculer les modes propres d'une structure axisymétrique (plaque mince annulaire encastrée en son moyeu) en la considérant comme une structure à répétitivité cyclique.

Le modèle est constitué d'un secteur angulaire de $20°$ de l'anneau, maillé en triangles auxquels sont affectés des éléments de type plaque : DKT. Deux méthodes de calcul sont testées :

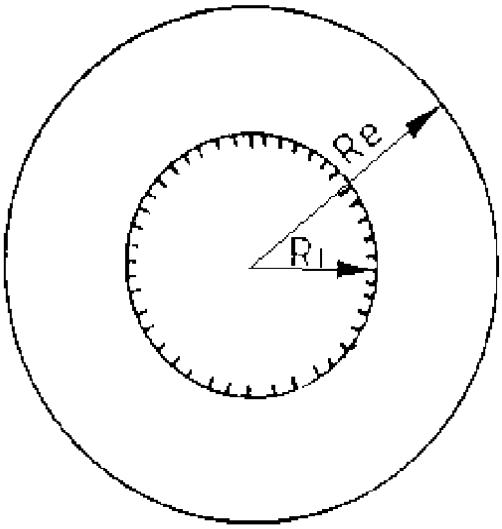
- Sous-structuration dynamique cyclique de Craig-Bampton
- Sous-structuration dynamique cyclique de Mac Neal

Les résultats de référence sont issus d'un calcul analytique. Ils valident les outils de calcul modal par sous-structuration dynamique cyclique implémentés dans *Code_Aster*.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Rayon intérieur : $R_i = 0.1\,m$
Rayon extérieur : $R_e = 0.2\,m$
Epaisseur : $t = 0.001\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 2.10^{11}\,Pa$
$\nu = 0.3$
$\rho = 7\,800 \mathrm{kg}/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Encastrement au moyeu

Pour tout point $r = R_i$, $u = v = w = 0.$ et $\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$.

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 SDLS04/89 du guide VPCS qui présente la solution analytique de la façon suivante :

La solution du déterminant des fréquences établie à partir des fonctions de Bessel conduit à la formule :

$$f_{ij}=\frac{1}{2\pi R_e^2}\lambda_{ij}^2\sqrt{\frac{Et^2}{12\rho(1-\nu^2)}}$$

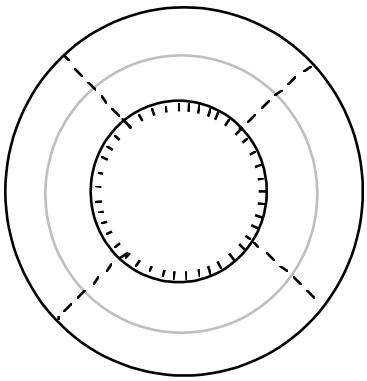
Avec :

- i = nombre de diamètres nodaux
- j = nombre de cercles nodaux

et λ_{ij}^2 tels que :

i / j	0	1	2	3
0	13.0	13.3	14.7	18.5
1	85.1	86.7	91.7	100.

Mode de flexion à 2 diamètres nodaux et 1 cercle nodal : $f_{2,1}=559{,}09\ Hz$



2.2 Résultats de référence

8 modes propres.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

1) A.W. LEISSA, Vibration of plates, Document NASA SP160, 1969, p. 19-30.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette structure à répétitivité cyclique est étudiée à l'aide de la méthode de sous-structuration dynamique cyclique de CRAIG-BAMPTON.

Un secteur de base, constitué par un secteur angulaire de $20°$, est maillé en triangles auxquels sont affectés des éléments de plaque DKT.

La base modale utilisée pour le secteur est composée de 20 modes propres et des **modes contraints** associés aux interfaces.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 66.

Nombre de mailles et types : 100 triangles à 3 nœuds DKT

3.3 Grandeurs testées et résultats

Numéro d'ordre	Nombre de diamètres nodaux i	Nombre de cercles nodaux j	Référence	*Aster*	% différence
1	0	0	79.26	79.58	0.4
8	0	1	518.85	519.54	0.1
2.3	1	0	81.09	81.18	0.1
9.10	1	1	528.61	529.50	0.2
4.5	2	0	89.63	89.72	0.1
11.12	2	1	559.09	559.48	0.07
6.7	3	0	112.79	113.16	0.3
13.14	3	1	609.70	609.75	0.01

3.4 Remarques

Les modes avec plus de 1 diamètre modal sont des modes doubles.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette structure à répétitivité cyclique est étudiée à l'aide de la méthode de sous-structuration dynamique cyclique de MAC-NEAL.

Un secteur de base, constitué par un secteur angulaire de $20°$, est maillé en triangles auxquels sont affectés des éléments de plaque DKT.

La base modale utilisée pour le secteur est composée de 20 modes propres et des **modes d'attache** associés aux interfaces.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 66.

Nombre de mailles et types : 100 triangles à 3 nœuds DKT

4.3 Grandeurs testées et résultats

Numéro d'ordre	Nombre de diamètre nodaux i	Nombre de cercles nodaux j	Référence	*Aster*	% différence
1	0	0	79.26	79.58	0.4
8	0	1	518.85	519.53	0.1
2.3	1	0	81.09	81.18	0.1
9.10	1	1	528.61	529.50	0.2
4.5	2	0	89.63	89.72	0.1
11.12	2	1	559.09	559.48	0.07
6.7	3	0	112.79	113.16	0.3
13.14	3	1	609.70	609.76	0.01

4.4 Remarques

Les modes avec plus de 1 diamètre modal sont des modes doubles.

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

5 Synthèse des résultats

Les fréquences calculées par sous-structuration cyclique, que ce soit par la méthode de Craig-Bampton ou par la méthode de Mac Neal, différent du calcul modal direct de moins de $1\ \%$.
Ce test valide les deux méthodes de sous-structuration.

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