

## 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  $20^\circ$  de l'anneau, maillé en triangles auxquels sont affectés des éléments de type plaque : DKT. Deux méthodes de calcul sont testées :

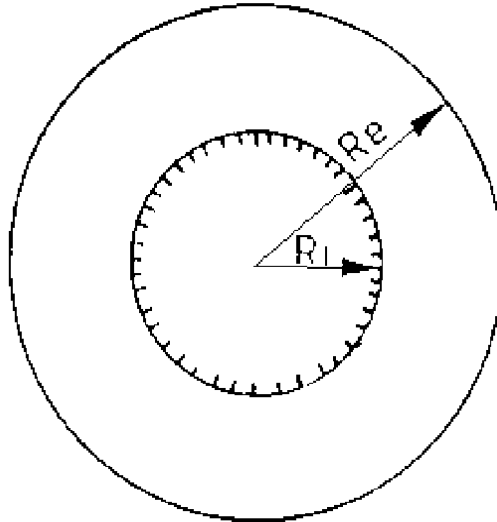
- Sous-structuration dynamique cyclique de Craig-Bampton
- Sous-structuration dynamique cyclique de Mac Neal

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*.

## 1 Problème de référence

---

### 1.1 Géométrie



Rayon intérieur :  $R_i = 0.1 \text{ m}$   
Rayon extérieur :  $R_e = 0.2 \text{ m}$   
Epaisseur :  $t = 0.001 \text{ m}$

### 1.2 Propriétés de matériaux

$E = 2.10^{11} \text{ Pa}$   
 $\nu = 0.3$   
 $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

### 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.

## 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 :

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

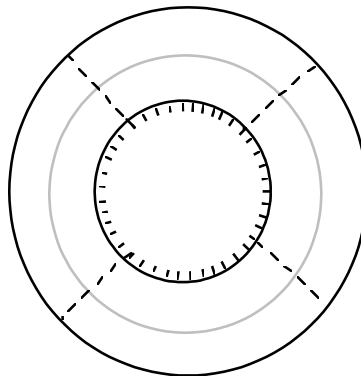
Avec :

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

et  $\lambda_{ij}^2$  tels que :

	i	0	1	2	3
j					
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 :  $f_{2,1} = 559,09 \text{ Hz}$



### 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.

## 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  $20^\circ$ , 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>i</i>	Nombre de cercles nodaux <i>j</i>	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.

## 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  $20^\circ$ , 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>i</i>	Nombre de cercles nodaux <i>j</i>	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.

## 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, diffèrent du calcul modal direct de moins de 1 % .  
Ce test valide les deux méthodes de sous-structuration.