

**Manuel de Validation****Fascicule V2.03 : Dynamique linéaire des coques et des plaques****Document : V2.03.004**

# **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.

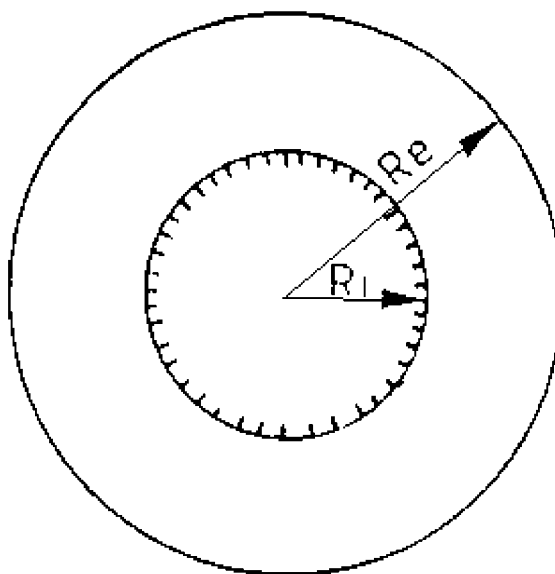
Le modèle est constitué d'un secteur angulaire de 20° de l'anneau, maillé en triangles auxquels sont affectés des éléments de type plaque : DKT. Deux méthodes de calcul sont testées :

- 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 le *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

$$E = 2.10^{11} \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\rho = 7\,800 \text{ kg/m}^3$$

### 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 :

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

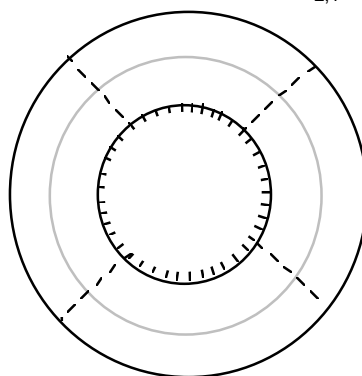
Avec :

- 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°, 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 Fonctionnalités testées

Commandes			Clés
DEFI_INTERF_DYNA	NUME_DDL		[U4.55.03]
	INTERFACE	NOM	
	INTERFACE	TYPE	
	INTERFACE	MASQUE	
DEFI_BASE_MODAL	CLASSIQUE	INTERF_DYNA	[U4.55.04]
	CLASSIQUE	MODE_MECA	
	CLASSIQUE	NMAX_MODE	
MODE_ITER_CYCL	BASE_MODAL		[U4.52.03]
	NB_MODE		
	NB_SECTEUR		
	LIAISON	DROITE	
	LIAISON	GAUCHE	
	CALCUL	NB_DIAM	
	CALCUL	NMAX_FREQ	
REST_BASE_PHYS	RESU_GENE		[U4.64.01]
	SECTEUR		

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Nume ordre	Nb de diamètres nodaux i	Nb 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

### 4.2 Remarques

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

### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.15

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système :

Temps CUP User : UNICOS 8.0  
18.17 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 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.

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 66.

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

### 5.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
DEFI_INTERF_DYNA	NUME_DDL			[U4.55.03]
	INTERFACE	NOM		
	INTERFACE	TYPE	'MNEAL'	
	INTERFACE	DDL_ACTIF		
DEFI_BASE_MODAL	CLASSIQUE	INTERF_DYNA		[U4.55.04]
	CLASSIQUE	MODE_MECA		
	CLASSIQUE	NMAX_MODE		
MODE_ITER_CYCL	BASE_MODAL			[U4.52.03]
	NB_MODE			
	NB_SECTEUR			
	LIAISON	DROITE		
	LIAISON	GAUCHE		
	CALCUL	NB_DIAM		
	CALCUL	FREQ		
	CALCUL	OPTION		
	CALCUL	NMAX_FREQ	'BANDE'	
REST_BASE_PHYS	RESU_GENE			[U4.64.01]
	SECTEUR			

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Nume ordre	Nb de diamètre nodaux i	Nb de cercles nodaux j	Référence	<i>Aster</i>	% 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

### 6.2 Remarques

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

### 6.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.02.15

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Système :

Temps CUP User : UNICOS 8.0  
17.50 secondes

## 7 Synthèse des résultats

---

La qualité des résultats semble pouvoir être améliorée par l'utilisation d'un maillage de secteur plus fin.