SDLV301 – Sous-structuration cyclique : rouet de pompe

Résumé :

Le domaine d'application de ce test est l'analyse modale des structures à répétitivité cyclique. La structure étudiée est un rouet de pompe ; elle est modélisée par des éléments volumes hexaédriques à 20 nœuds (modélisation 3D).
Il s'agit d'un test industriel pour lequel il n'existe pas de solution analytique. La méthode de calcul est la sous-structuration dynamique cyclique de Craig-Bampton.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

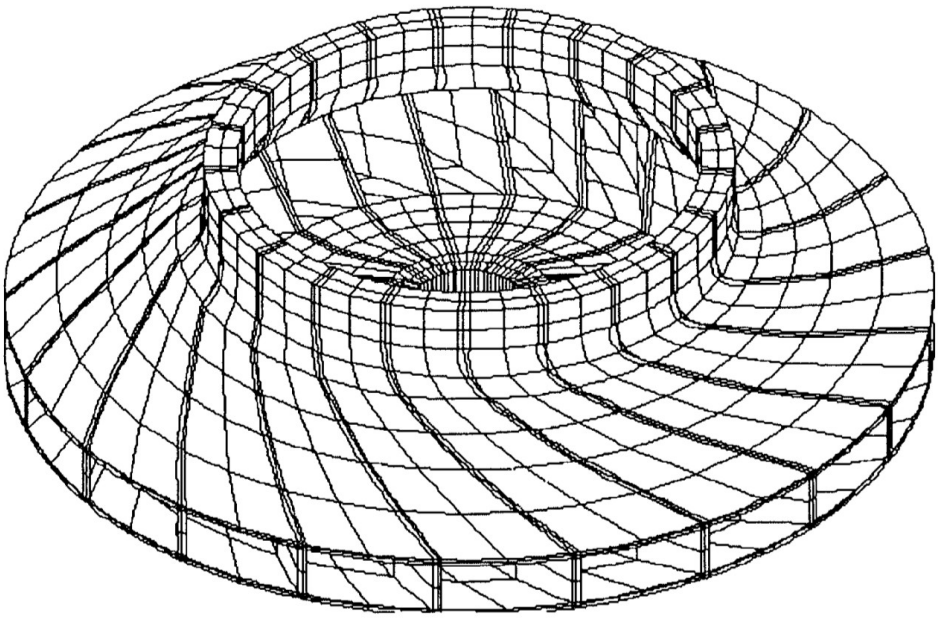


Figure 1.1-1 : Géométrie du problème

La figure 1.1 présente une vue d'ensemble de la structure : elle comporte 21 secteurs. Le diamètre du moyeu est de $60\,mm$, le diamètre extérieur est de $480\,mm$.

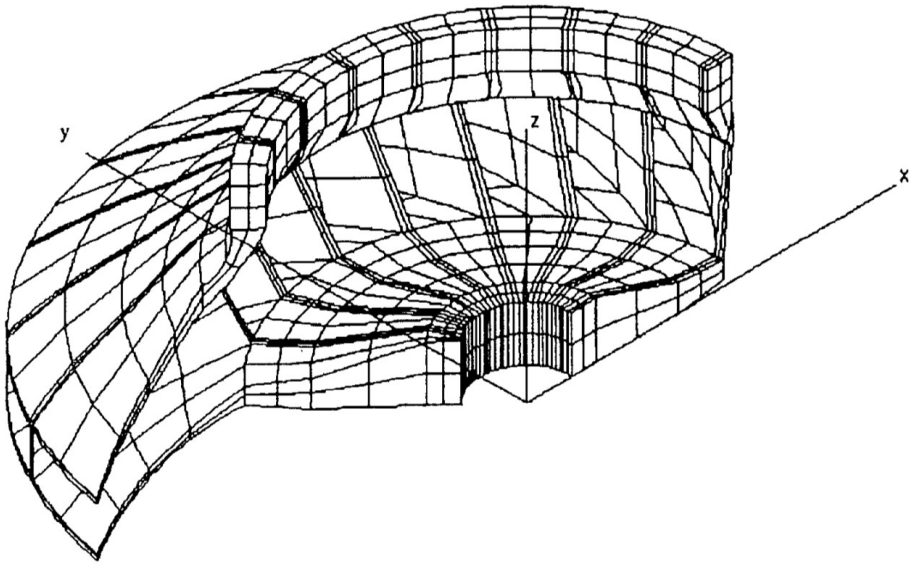


Figure 1.1-2 : Vue détaillée de la géométrie du problème

La figure 1.2 montre une vue de détail comprenant 8 secteurs. Le système d'axes representé est le système structural $X\,Y\,Z$. Chaque point peut être repéré dans ce système ou, de manière équivalente, dans un système d'axes cylindriques. L'axe de révolution du repère cylindrique coïncide avec l'axe Z et la coordonnée azimutale q a son origine dans le plan $X\,Z$.

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

Les frontières droite et gauche du secteur sont définies par les points qui présentent, dans le repère cylindrique, un écart angulaire égale à l'angle d'ouverture du secteur, soit $1/21^{ème}$ de $360°$. Les points des deux frontières vont par paires : le point d'angle q minimum appartient à la frontière droite, celui d'angle q maximum appartient à la frontière gauche.

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young	$E=2.1\times10^{11}\ Pa$
Coefficient de Poisson	$\nu=0.3$
Masse volumique	$\rho=7800.0\ kg.m^{-3}$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacement imposé :

Encastrement du moyeu du rouet	$DX=0$, $DY=0$, $DZ=0$

Rotation imposée :

Rouet	$\omega=2000\ \mathrm{rd.s^{-1}}$

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

On s'intéresse spécifiquement aux modes propres en flexion. Les fréquences sont comparées à celles obtenues numériquement au moyen du logiciel SAMCEF. La technique de calcul utilisée est une méthode de symétrie cyclique directe, sans recours à une base modale.

2.2 Résultats de référence

L'analyse modale a été réalisée avec trois maillages de finesses différentes. Le tableau ci-dessous fournit les quatre premières fréquences doubles correspondant à chacun des trois maillages pour différentes vitesses de rotation.

Modes	Fréquences propres (Hz) Vitesse de rotation : $0\,\mathrm{rd.s^{-1}}$		
	160 éléments	540 éléments	1280 éléments
1,2	442.1	440.3	438.6
3,4	1452.	1436.	1428.
5,6	3342.	3311.	3297.
7,8	4855.	4828.	4812.

Numéro des modes	Fréquences propres (Hz) Vitesse de rotation : $2000\,\mathrm{rd.s^{-1}}$		
	160 éléments	540 éléments	1280 éléments
1,2	409	406.8	404.9
3,4	1431.	1414.	1407.
5,6	3335.	3304.	3290.
7,8	4852.	4824.	4809.

Les résultats de références utilisés dans les modélisations de ce test sont ceux du maillage à 160 éléments.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution numérique obtenue par un logiciel externe.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

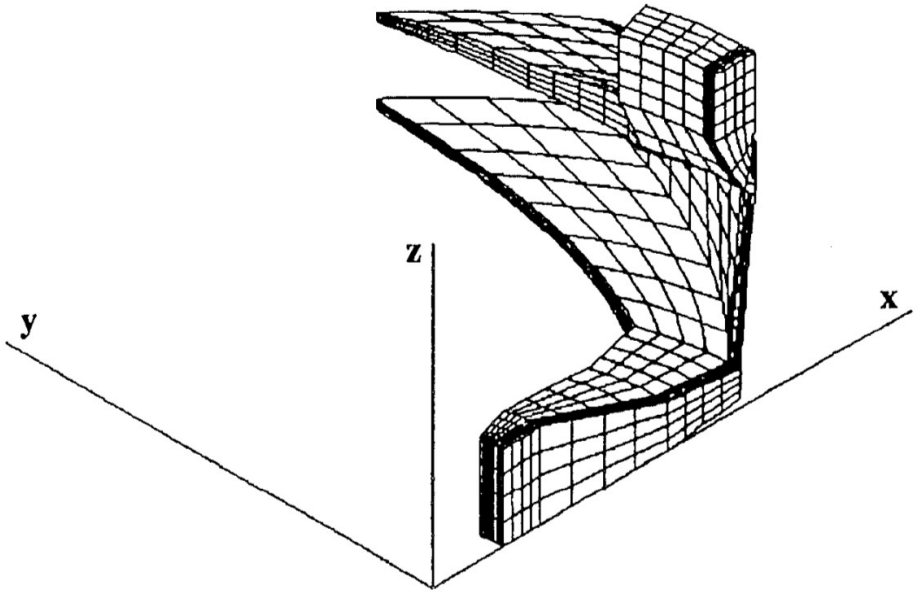


Figure 3.1-1 : Maillage d'un secteur de la géométrie du problème

Un seul secteur est maillé, son ouverture angulaire est de $1/21^{ème}$ de $360°$ (modélisation 3D).
Le calcul ne prend pas en compte la rotation de la structure.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1077
Nombre de mailles et types : 160 HEXA20

3.3 Grandeurs testées et résultats

Modes	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
1,2	442.1	'SOURCE_EXTERNE'	3.0
3,4	1452.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0
5,6	3342.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0
7,8	4855.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation B

La modélisation est identique à la modélisation A, avec une vitesse de rotation de $2000\,\mathrm{rd.s^{-1}}$ autour de l'axe Z .

4.2 Caractéristiques du maillage

Voir modélisation A.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Modes	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
1,2	409.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0
3,4	1431.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0
5,6	3335.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0
7,8	4852.0	'SOURCE_EXTERNE'	3.0

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

5 Synthèse des résultats

La modélisation A de ce test industriel permet de valider la commande MODE_ITER_CYCL pour une interface de type Craig Bampton sur une structure dont $1/21^{ème}$ est représenté par 160 éléments. Les résultats, comparés à un autre logiciel de calcul, sont satisfaisants.

La modélisation B permet de valider la commande MODE_ITER_CYCL avec prise en compte de raideur centrifuge. Les résultats obtenus sont satisfaisants.

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