# 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

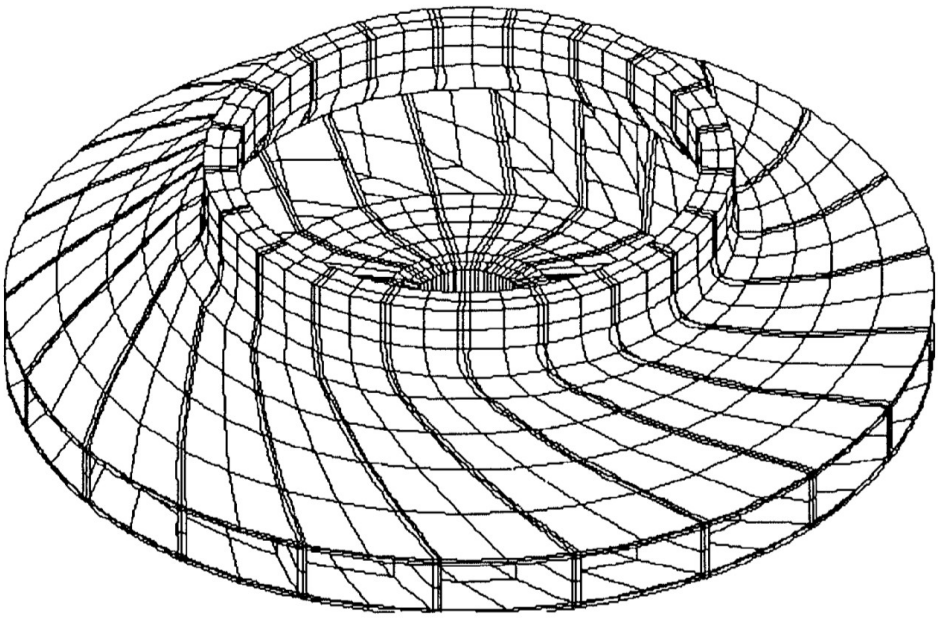


**Figure 1.1-1 : Géométrie du problème**

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 $480\,mm$ .

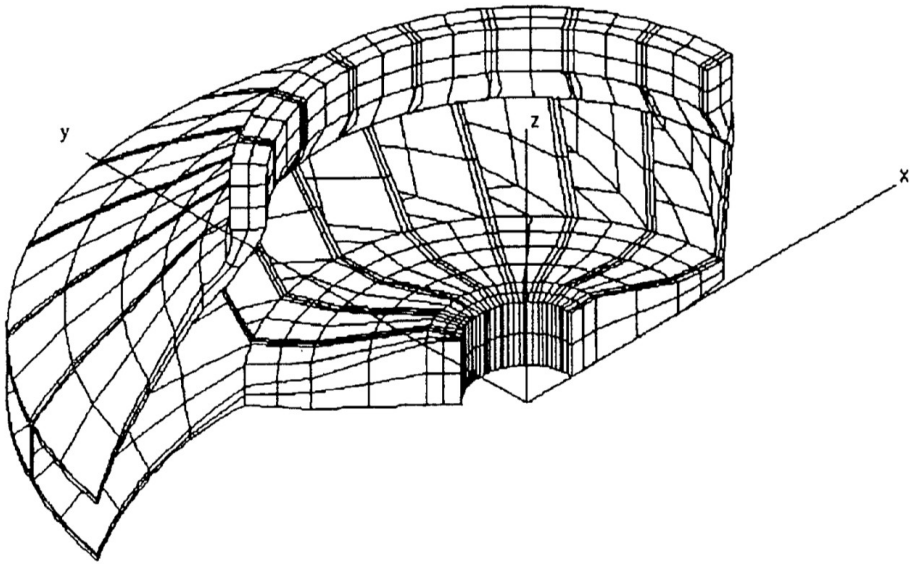



**Figure 1.1-2 : Vue détaillée de la géométrie du problème**

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

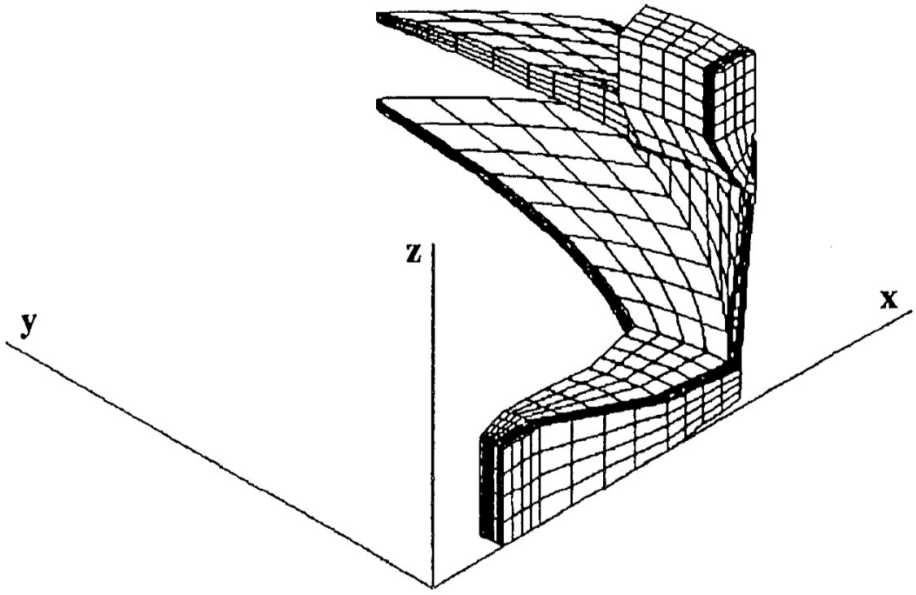



**Figure 3.1-1 : Maillage d'un secteur de la géométrie du problème**

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)