

## 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.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

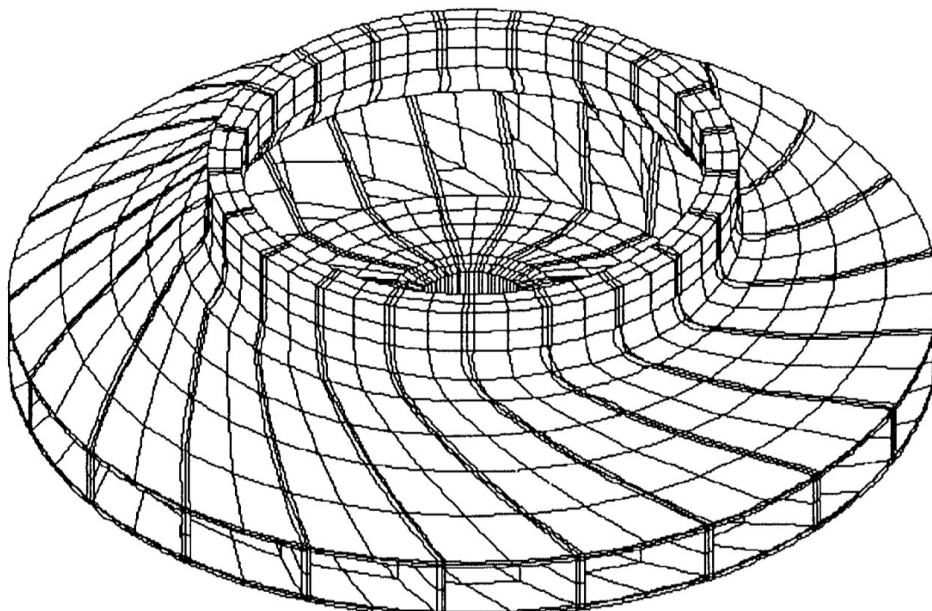


Figure 1.1-1 : Géométrie du problème

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

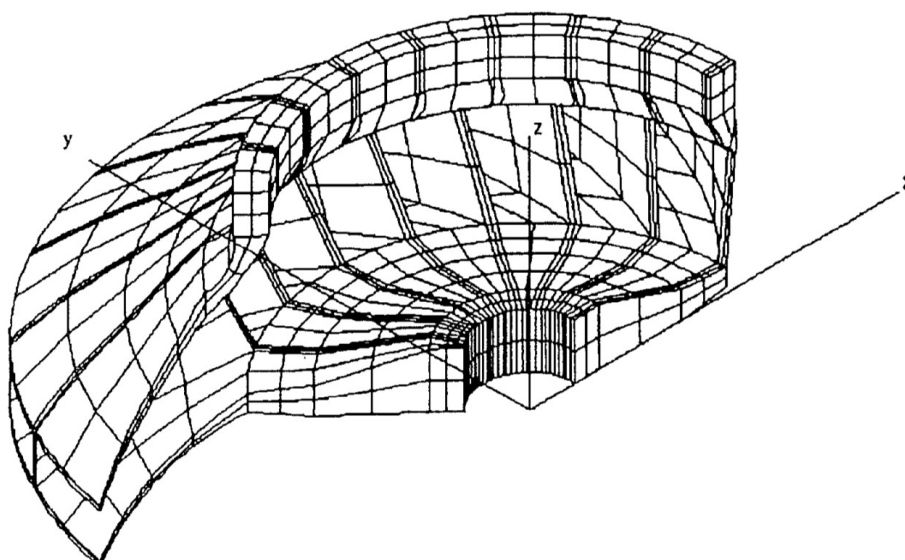


Figure 1.1-2 : Vue détaillée de la géométrie du problème

La figure 1.2 montre une vue de détail comprenant 8 secteurs. Le système d'axes représenté est le système structural  $XYZ$  . 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  $XZ$  .

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  $1/21^{\text{ème}}$  de  $360^\circ$ . 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         | $E = 2.1 \times 10^{11} Pa$ |
| 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 | $\omega = 2000 \text{ rd.s}^{-1}$ |
|-------|-----------------------------------|

## 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 )<br>Vitesse de rotation : 0 rd.s <sup>-1</sup> |              |               |
|-------|---|--------------|---------------|
|       | 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 )<br>Vitesse de rotation : 2000 rd.s <sup>-1</sup> |              |               |
|------------------|--|--------------|---------------|
|                  | 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.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation A

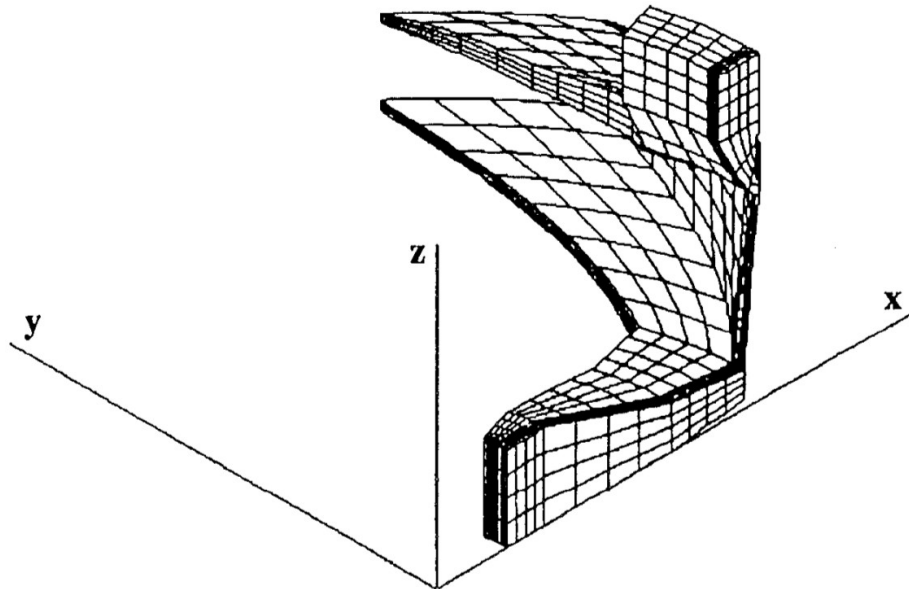


Figure 3.1-1 : Maillage d'un secteur de la géométrie du problème

Un seul secteur est maillé, son ouverture angulaire est de  $1/21^{\text{ème}}$  de  $360^\circ$  (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           |

## 4 Modélisation B

---

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation B

La modélisation est identique à la modélisation A, avec une vitesse de rotation de  $2000 \text{ rd.s}^{-1}$  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           |

## 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.