

SDLL124 - Poutre en rotation avec 3 disques soumise à la gyroscopie

Résumé :

Ce test permet de valider le calcul des modes en rotation d'un système d'arbres tournant avec la commande `CALC_MODE_ROTATION`.

Dans ce test, il s'agit d'un modèle simple de rotor avec 3 disques, supporté par des paliers hydrodynamiques. Cet exemple est tiré de la référence [bib1].

Les résultats de référence sont issus d'un calcul avec ROTORINSA, [bib2], logiciel éléments finis destiné à prévoir le comportement dynamique de rotors en flexion.

Une bonne concordance est observée entre les résultats de Code_Aster et la solution de référence.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Un modèle simple de rotor supporté par 2 paliers (respectivement premier et dernier nœud du rotor), est composé de 3 disques, la section de l'arbre est de 0.05 m de rayon. Il mesure 1.3 m (cf. figure ci-dessous). Le rotor est en rotation selon l'axe Z.

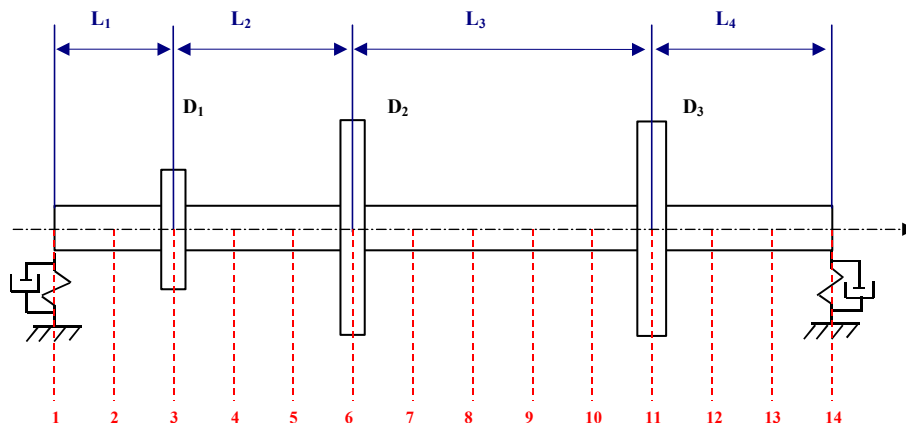


Figure 1.1-a-a : Modèle de rotor avec 3 disques issu de [bib1]

Les longueurs respectives sont :

$$L_1=0.2\text{ m} \quad L_2=0.3\text{ m} \quad L_3=0.5\text{ m} \quad L_4=0.3\text{ m}$$

1.2 Propriétés du matériau

Les caractéristiques du matériau de l'arbre et des disques sont :

- Module de Young $E=2.10^{11}$
- Masse volumique $\rho=7800\text{ kg/m}^3$
- Coefficient de poisson $\nu=0.3$

Les caractéristiques des disques sont :

| Disque | D_1 | D_2 | D_3 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| Epaisseur (m) | 0.05 | 0.05 | 0.06 |
| Rayon intérieur (m) | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Rayon extérieur (m) | 0.12 | 0.20 | 0.20 |

Les caractéristiques des paliers sont :

| | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| $K_{xx}=7.10^7\text{ N/m}$ | $K_y=5.10^7\text{ N/m}$ | $K_{yx}=K_{xy}=0$ |
| $C_{xx}=7.10^2\text{ Ns/m}$ | $C_{yy}=5.10^2\text{ Ns/m}$ | $C_{yx}=C_{xy}=0$ |

1.3 Conditions aux limites

Pour bloquer les mouvements de type corps rigide dans la direction z , on bloque le degré de liberté DZ au nœud du premier palier (premier nœud de l'arbre).

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les résultats de référence sont donnés par ROTORINSA, code aux éléments finis destiné à prévoir le comportement dynamique de rotors en flexion. Les paramètres suivants ont été utilisés pour les résultats de référence :

- Le calcul porte sur un nombre de modes en rotation $NVES = 8 + 4$, dans ROTORINSA.
- La plage de vitesses de rotation est définie de 0 à 30000 tr/mn avec un pas 10000 tr/mn .

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les Résultats de ROTORINSA donnent les fréquences des modes en flexion.

Le calcul des modes en rotation est effectué avec Code_Aster en utilisant la même modélisation que ROTORINSA. Les résultats de Code_Aster donnent à la fois les fréquences des modes de flexion, de torsion et de traction/compression. Le nombre de modes calculés est 20.

2.3 Références bibliographiques

- 1 M. LALANNE, G. FERRARIS, " Rotordynamics Prediction in Engineering ", Second Edition, Wiley, 2001.
- 2 ROTORINSA, logiciel éléments finis destiné à prévoir le comportement dynamique de rotors en flexion, LaMCoS UMR5259, INSA-Lyon.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques du maillage

Le rotor est maillé en 13 éléments finis d'arbre de type `POU_D_T` et de même longueur et comporte 4 éléments discrets de type `DIS_TR` pour la modélisation des disques et des paliers. C'est le même modèle aux éléments finis qui a été choisi pour des calculs par ROTORINSA.

Nombre de nœuds : 14
Nombre et type d'éléments : 13 SEG2
5 POI1

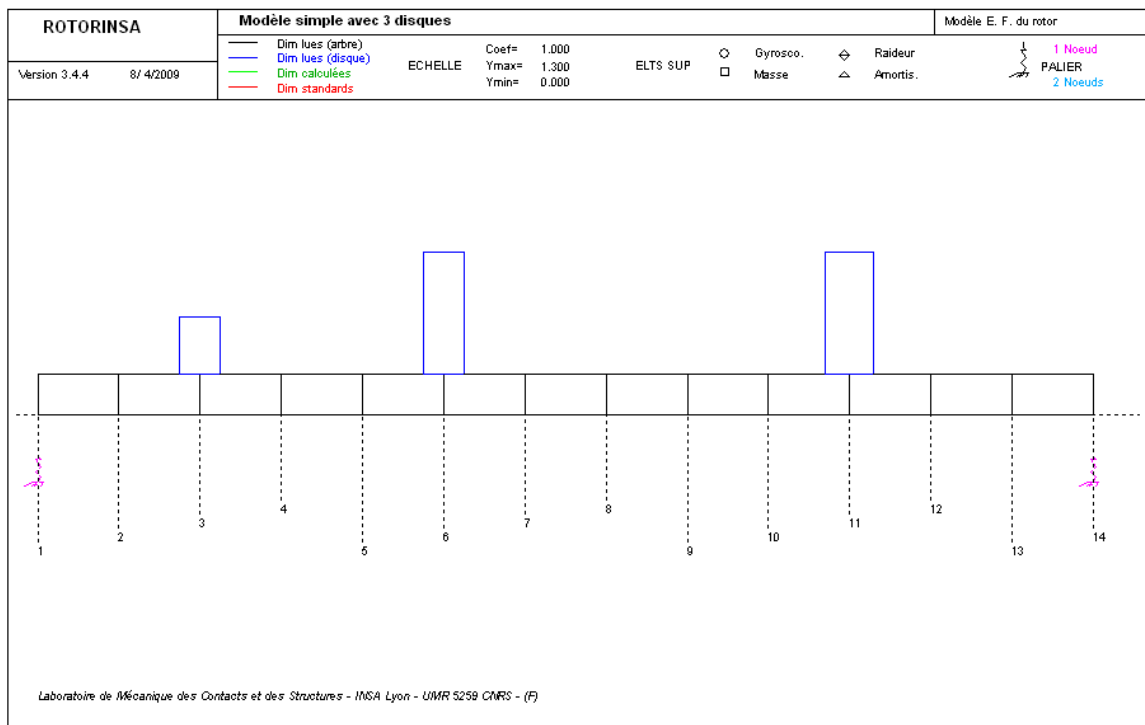


Figure 1-b : Caractéristique du modèle éléments finis sous ROTORINSA.

3.2 Grandeurs testées et résultats

3.2.1 Fréquences propres en fonction de la vitesse de rotation

Les valeurs des 8 premières fréquences de flexion pour les vitesses 0 tr/mn et 30000 tr/mn , pour les deux logiciels, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

| N° Fréq en flexion | Vitesse de rotation (tr/mn) | ROTORINSA | | Code_Aster | |
|--------------------|--|-------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | | F (Hz) | Facteur d'amortissement | Tolérance de F (Hz) | Tolérance de l'amortissement réduit |
| 1 | 0 | 6.06148E+01 | 5.03277E-04 | 1E-03 | 1.E-03 |
| | 30000 | 5.41119E+01 | 2.66235E-04 | 1.E-03 | 1.4E-03 |
| 2 | 0 | 6.30255E+01 | 3.98814E-04 | 1.E-03 | 1.E-03 |
| | 30000 | 6.81221E+01 | 6.52538E-04 | 1.E-03 | 6.E-03 |
| 3 | 0 | 1.69496E+02 | 3.12313E-03 | 1.E-03 | 2.E-03 |
| | 30000 | 1.54652E+02 | 3.04410E-03 | 3.E-03 | 17.E-03 |
| 4 | 0 | 1.85563E+02 | 2.85327E-03 | 1.E-03 | 2.E-03 |
| | 30000 | 1.96002E+02 | 2.76113E-03 | 2.E-03 | 20.E-03 |

Tableau 2-a : Fréquences propres de type flexion pour Code_Aster et ROTORINSA

Les fréquences obtenues sont en adéquation parfaite avec celles de ROTORINSA.

Dans Code_Aster, on observe aussi des fréquences et des modes de torsion et de modes de traction/compression. Ces modes ne sont pas calculés par ROTORINSA, car il modélise uniquement le comportement en flexion. Les valeurs de ces fréquences sont testées en `NON_REGRESSION`.

4 Synthèse des résultats

Ce cas-test permet de valider la fonctionnalité permettant d'utiliser les éléments discrets non symétriques puisqu'on retrouve les mêmes résultats par Code_Aster et par ROTORINSA.