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.

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

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.

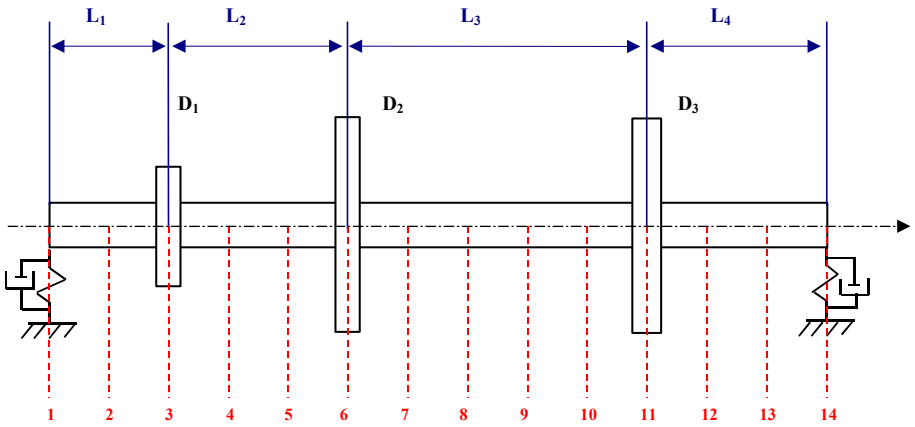


Figure 1.1-a-a : Modèle de rotor avec 3 disques issu de [bib1]

Les longueurs respectives sont :
$L_1=0.2\,m \quad L_2=0.3\,m \quad L_3=0.5\,m \quad L_4=0.3\,m$

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 $\rho=7800\,kg/m^3$
- 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 :

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

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

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).

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

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.

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

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

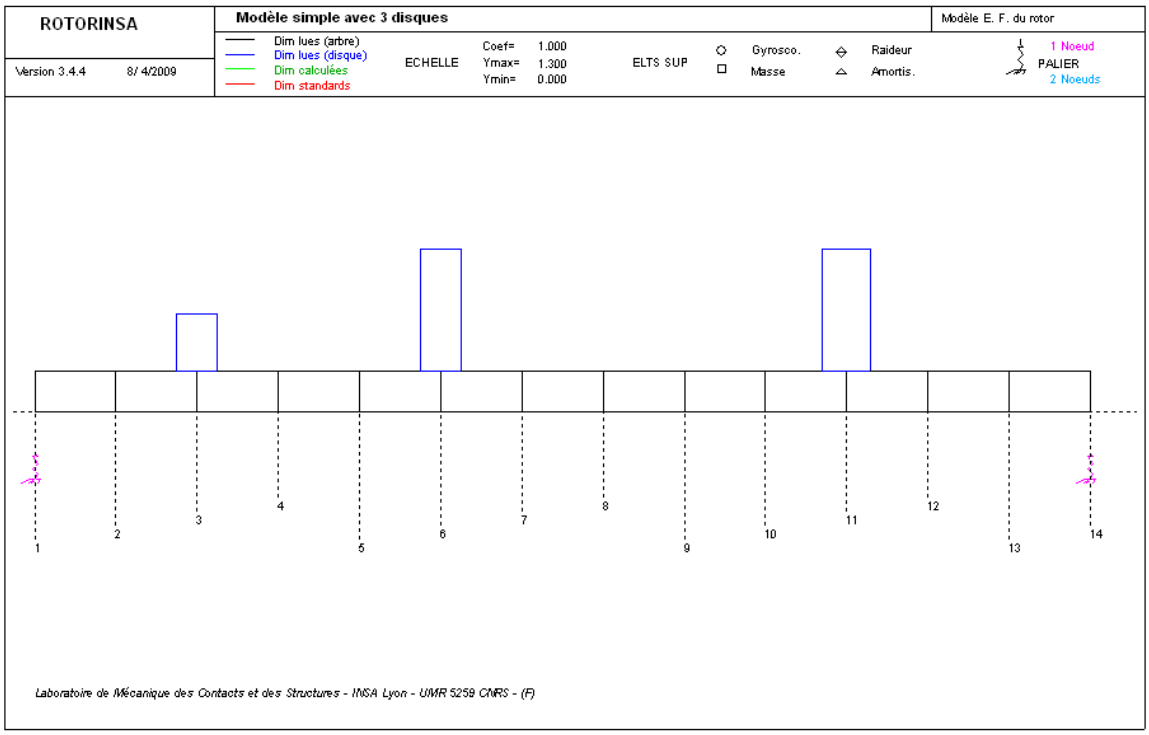


Figure 1-b : Caractéristique du modèle éléments finis sous ROTORINSA.

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

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.

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

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.

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