SDNV110 – Rotor volumique en rotation autour de son axe, prise en compte de la gyroscopie

Résumé :

Ce test permet de valider le calcul des modes en rotation d'un rotor volumique avec et sans raideur gyroscopique.

Il s'agit d'un modèle de rotor, supporté par deux paliers et en rotation autour de son axe. Cet exemple est tiré des références [1] et [2].

Les résultats des calculs sont comparés avec ceux obtenus avec ANSYS®. Les résultats coïncident parfaitement avec la solution de référence.

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

Table des matières

1 Problème de référence....3
1.1 Géométrie....3
1.2 Propriétés de matériaux....3
1.3 Conditions aux limites et chargements....3
2 Solution de référence....3
3 Modélisation A....4
3.1 Caractéristiques de la modélisation....4
3.2 Caractéristiques du maillage....4
3.3 Résultats : comparaison entre les calculs Code_Aster et ANSYS....4
4 Modélisation B....6
4.1 Caractéristiques de la modélisation....6
4.2 Caractéristiques du maillage....6
4.3 Résultats : comparaison entre les calculs Code_Aster et ANSYS....6
5 Synthèse des résultats....8

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

1 Problème de référence

L'objectif de ce cas test est de valider la modélisation gyroscopique en 3D d'un rotor (options MECA_GYRO et RIGI_ROTA) dans Code_Aster.

On compare les résultats obtenus par la modélisation de Code_Aster avec ceux obtenus dans ANSYS.

1.1 Géométrie

On considère le rotor représenté sur le schéma ci-dessous. Il s'agit d'un arbre de longueur 0.3454 m et de section variable, appuyé sur deux paliers situés respectivement aux positions 0.1651 m (palier 1) et 0.287 m (palier 2). Le rotor comporte un disque de rayon interne 0.0203 m et de rayon externe 0.0495 m (épaisseur 0.028 m).

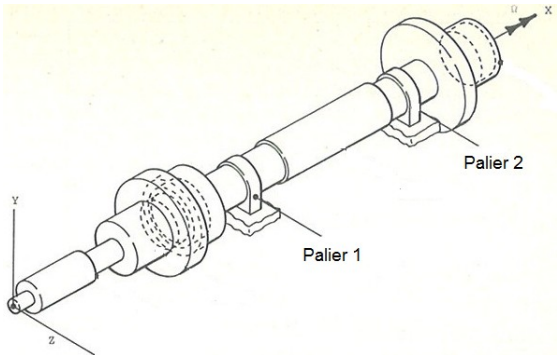


Image 1.1-1: Géométrie du rotor

1.2 Propriétés de matériaux

Le cylindre a une masse volumique de $\rho = 7\,800\, kg/m^3$.
Le module de Young est $E = 207.10^9\, N\, m^{-2}$ et le coefficient de Poisson est $\nu = 0{,}3$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

L'arbre repose sur deux paliers (Palier1 et Palier2) ayant les caractéristiques suivantes en raideur :

- Configuration A : Kxx = Kyy = 4.378x10 ^{7} N/m, Kxy = Kyx = 0
- Configuration B : Kxx = Kyy = 3.503x10 ^{7} N/m, Kxy = Kyx = -8.756 x10 ^{6}

Il est à l'arrêt ou en rotation à la vitesse de 100000 tr/min.

2 Solution de référence

La solution de référence est un calcul 3D effectué avec ANSYS V14.

1. ANSYS V14.
2. H.D. Nelson and J.M. McVaugh, "The dynamics of Rotor-Bearing System using Finite Elements", Journal of Engineering for industry, May 1976, pg: 593-600.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le rotor est modélisé par des éléments volumiques quadratiques (PENTA15 et HEXA20). Il repose sur deux paliers ayant les caractéristiques données par la configuration A ci-dessus.

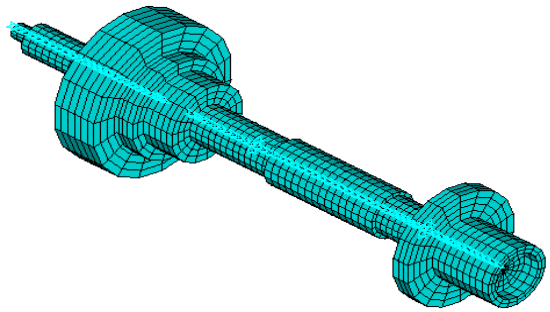


Image 3.1-1: Maillage du rotor

CALC_MODES calcule les modes propres à l'arrêt (ie. sans amortissement gyroscopique) et à plusieurs vitesses de rotation, ie. avec amortissement gyroscopique (option MECA_GYRO), mais en ne tenant pas compte de l'effet d'adoucissement par la raideur centrifuge (option RIGI_ROTA).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXA8	4230
Nombre de mailles PENTA6	1386
Nombre de mailles DIS_T	2

Tableau 3.2-1

3.3 Résultats : comparaison entre les calculs Code_Aster et ANSYS

A titre d'information, on donne ci-dessous les résultats de la machine tournante à l'arrêt.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'EXTERNE'	416,38	4,00%
Mode 2	'EXTERNE'	416,38	4,00%
Mode 3	'EXTERNE'	772,65	1,00%
Mode 4	'EXTERNE'	772,65	1,00%
Mode 5	'EXTERNE'	1344,3	1,00%
Mode 6	'EXTERNE'	1344,3	1,00%

Tableau 3.3-1: Récapitulatif des résultats à l'arrêt

Le tableaux ci-dessous donnent les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des fréquences propres à 100000 tr/min du rotor appuyé sur ses deux paliers.

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

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'EXTERNE'	52,23	7,50%
Mode 2	'EXTERNE'	175,51	1,00%
Mode 3	'EXTERNE'	496,09	2,00%
Mode 4	'EXTERNE'	1032,4	1,00%
Mode 5	'EXTERNE'	1824,8	6,50%
Mode 6	'EXTERNE'	2438,5	3,00%

Tableau 3.3-2: Récapitulatif des résultats testés à la vitesse de 100000 tr/min

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Le rotor est modélisé par des éléments volumiques quadratiques (PENTA15 et HEXA20). Il repose sur deux paliers ayant les caractéristiques données par la configuration B ci-dessus.

CALC_MODES calcule les modes propres à l'arrêt (ie. sans amortissement gyroscopique) et à plusieurs vitesses de rotation, ie. avec amortissement gyroscopique (option MECA_GYRO), mais en ne tenant pas compte de l'effet d'adoucissement par la raideur centrifuge (option RIGI_ROTA).

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXA8	4230
Nombre de mailles PENTA6	1386
Nombre de mailles DIS_T	2

Tableau 4.2-1

4.3 Résultats : comparaison entre les calculs Code_Aster et ANSYS

A titre d'information, on donne ci-dessous les résultats de la machine tournante à l'arrêt.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'SOURCE_EXTERNE'	360,23	3,00%
Mode 2	'SOURCE_EXTERNE'	416,4	4,00%
Mode 3	'SOURCE_EXTERNE'	653,07	1,00%
Mode 4	'SOURCE_EXTERNE'	772,68	1,00%
Mode 5	'SOURCE_EXTERNE'	1191,5	2,00%
Mode 6	'SOURCE_EXTERNE'	1344,4	1,00%

Tableau 4.3-1: Récapitulatif des résultats testés à l'arrêt

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des fréquences propres à 100000 tr/min du rotor appuyé sur ses deux paliers.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'SOURCE_EXTERNE'	45,36	6,50%
Mode 2	'SOURCE_EXTERNE'	148,76	1,00%
Mode 3	'SOURCE_EXTERNE'	446,59	2,00%
Mode 4	'SOURCE_EXTERNE'	1018,9	1,00%
Mode 5	'SOURCE_EXTERNE'	1824,8	6,50%
Mode 6	'SOURCE_EXTERNE'	2394	1,00%

Tableau 4.3-2: Récapitulatif des résultats testés à la vitesse de 100000 tr/min

A titre d'information, les résultats sont également comparés avec ceux donnés par une modélisation 1D de type Poutre de Timoshenko.

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

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'AUTRE_ASTER'	45,36	6,50%
Mode 2	'AUTRE_ASTER'	148,76	1,00%
Mode 3	'AUTRE_ASTER'	446,59	2,00%
Mode 4	'AUTRE_ASTER'	1018,9	1,00%
Mode 5	'AUTRE_ASTER'	1824,8	6,50%
Mode 6	'AUTRE_ASTER'	2394	1,00%

Tableau 4.3-3: Récapitulatif des résultats testés à la vitesse de 100000 tr/min

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

5 Synthèse des résultats

Le cas-test met en œuvre la rotation d'un arbre appuyé sur deux paliers autour de son axe. La modélisation 3D de la gyroscopie programmée dans Code_Aster est ainsi validée par rapport aux résultats obtenus avec le modèle équivalent 3D dans ANSYS.

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