

## SDNV108 – Cylindre volumique creux 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 modèle volumique avec et sans raideur gyroscopique.

Il s'agit d'un modèle simple de cylindre creux, libre-libre en rotation autour de son axe. Cet exemple est tiré de la référence [1].

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

## 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 de 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 de Code_Aster et ANSYS.....	6
5	Modélisation C.....	8
5.1	Caractéristiques de la modélisation.....	8
5.2	Caractéristiques du maillage.....	8
5.3	Résultats : comparaison entre les calculs de Code_Aster et ANSYS.....	8
6	Synthèse des résultats.....	10

## 1 Problème de référence

---

L'objectif de ce cas test est de valider la modélisation gyroscopique en 3D d'un cylindre plein (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 un cylindre creux de longueur  $L=0,254m$ , de rayon  $R=0,09525m$  et d'épaisseur  $Ep=0,03810m$ .

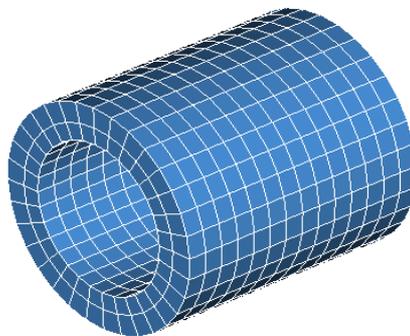


Image 1.1-1: Géométrie du cylindre creux

### 1.2 Propriétés de matériaux

Le cylindre a une masse volumique de  $\rho=7860kg/m^3$ .

Le module d'Young est  $E=207.10^9Nm^{-2}$  et le coefficient de Poisson est  $\nu=0,28$ .

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Le cylindre est en configuration libre-libre. Il est à l'arrêt ou en rotation à 1000, 2000 et 3000 tr/min.

## 2 Solution de référence

---

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

1. ANSYS V14.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le rotor est modélisé par des éléments volumiques linéaires (modélisation '3D', MECA\_HEXA8).

CALC\_MODES calcule les modes propres à l'arrêt (ie. sans amortissement gyroscopique) et en rotation, ie. avec amortissement gyroscopique (option MECA\_GYRO), mais en tenant compte ou pas de l'effet d'adoucissement par la raideur centrifuge (option RIGI\_ROTA).

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXA8 896

Tableau 3.2-1

### 3.3 Résultats : comparaison entre les calculs de Code\_Aster et ANSYS

Le tableau 3.3-1 donne les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des fréquences propres du cylindre en configuration libre-libre à l'arrêt et à 3000 tr/min.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'EXTERNE'	2627.2	6.00%
Mode 2	'EXTERNE'	2627.6	6.00%
Mode 3	'EXTERNE'	3017.1	4.00%
Mode 4	'EXTERNE'	3017.3	4.00%
Mode 5	'EXTERNE'	6276.1	1.00%
Mode 6	'EXTERNE'	6276.1	1.00%
Mode 7	'EXTERNE'	6327	1.00%
Mode 8	'EXTERNE'	6487.5	2.00%
Mode 9	'EXTERNE'	6487.6	2.00%
Mode 10	'EXTERNE'	6937.8	4.00%
Mode 11	'EXTERNE'	6938.8	4.00%
Mode 12	'EXTERNE'	7090.9	3.00%
Mode 13	'EXTERNE'	7091	3.00%
Mode 14	'EXTERNE'	7410.5	4.00%

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

L'écart à l'arrêt entre les deux modèles semble important (jusqu'à 6%). L'explication réside dans le fait que le code ANSYS sous-intègre les éléments volumiques linéaires. Code\_Aster ne permettant pas la sous-intégration des éléments HEXA8, nous avons utilisé une intégration exacte. On ne peut donc vérifier si l'écart diminue avec ces éléments. Par contre, Code\_Aster permet la sous-intégration pour les éléments HEXA20 (cf. modélisations B et C).

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	' EXTERNE '	53.42	1.00%
Mode 2	' EXTERNE '	100	1.00%
Mode 3	' EXTERNE '	2588.8	6.00%
Mode 4	' EXTERNE '	2666.6	6.00%
Mode 5	' EXTERNE '	2982.4	4.00%
Mode 6	' EXTERNE '	3052.4	4.00%
Mode 7	' EXTERNE '	6256.1	1.00%
Mode 8	' EXTERNE '	6296.5	1.00%
Mode 9	' EXTERNE '	6326.2	1.00%
Mode 10	' EXTERNE '	6455.1	2.00%
Mode 11	' EXTERNE '	6520.1	2.00%

**Tableau 3.3-2: Récapitulatif des résultats testés en rotation sans adoucissement centrifuge**

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	' EXTERNE '	26.63	1.00%
Mode 2	' EXTERNE '	26.63	1.00%
Mode 3	' EXTERNE '	50	1.00%
Mode 4	' EXTERNE '	50	1.00%
Mode 5	' EXTERNE '	2588.4	6.00%
Mode 6	' EXTERNE '	2666.1	6.00%
Mode 7	' EXTERNE '	2982.1	4.00%
Mode 8	' EXTERNE '	3052	4.00%
Mode 9	' EXTERNE '	6255.8	1.00%
Mode 10	' EXTERNE '	6296.2	1.00%
Mode 11	' EXTERNE '	6326	1.00%
Mode 12	' EXTERNE '	6455	2.00%
Mode 13	' EXTERNE '	6519.9	2.00%

**Tableau 3.3-3: Récapitulatif des résultats testés en rotation avec adoucissement centrifuge**

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Le rotor est modélisé par des éléments volumiques quadratiques (modélisation '3D', MECA\_HEX20).

CALC\_MODES calcule les modes propres à l'arrêt (ie. sans amortissement gyroscopique) et en rotation, ie. avec amortissement gyroscopique (option MECA\_GYRO), mais en tenant compte ou pas de l'effet d'adoucissement par la raideur centrifuge (option RIGI\_ROTA).

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXA20 112

Tableau 4.2-1

### 4.3 Résultats : comparaison entre les calculs de Code\_Aster et ANSYS

Le tableau 4.3-1 donne les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des fréquences propres du cylindre en configuration libre-libre à l'arrêt et à 3000 tr/min.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'EXTERNE'	2562.08	3.00%
Mode 2	'EXTERNE'	2562.08	3.00%
Mode 3	'EXTERNE'	2962.72	2.00%
Mode 4	'EXTERNE'	2962.72	2.00%
Mode 5	'EXTERNE'	6231.34	1.00%
Mode 6	'EXTERNE'	6231.34	1.00%
Mode 7	'EXTERNE'	6313.73	1.00%
Mode 8	'EXTERNE'	6420.42	1.00%
Mode 9	'EXTERNE'	6420.42	1.00%
Mode 10	'EXTERNE'	6658.75	3.00%
Mode 11	'EXTERNE'	6658.75	3.00%
Mode 12	'EXTERNE'	7040.85	1.00%
Mode 13	'EXTERNE'	7040.85	1.00%
Mode 14	'EXTERNE'	7159.02	3.00%

Tableau 4.3-1: Récapitulatif des résultats testés à l'arrêt (éléments HEXA20)

L'écart à l'arrêt entre les deux modèles semble important (écart maximal de 3%). L'explication réside dans le fait que le code ANSYS sous-intègre les éléments volumiques quadratiques (cf. modélisation C) alors que cette modélisation utilise des éléments avec une intégration exacte.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	' EXTERNE '	53.26	2.00%
Mode 2	' EXTERNE '	100	1.00%
Mode 3	' EXTERNE '	2524.2	3.00%
Mode 4	' EXTERNE '	2601.5	3.00%
Mode 5	' EXTERNE '	2928.5	2.00%
Mode 6	' EXTERNE '	2998.1	2.00%
Mode 7	' EXTERNE '	6211.4	1.00%
Mode 8	' EXTERNE '	6251.8	1.00%
Mode 9	' EXTERNE '	6313	1.00%
Mode 10	' EXTERNE '	6388.2	1.00%

**Tableau 4.3-2: Récapitulatif des résultats testés en rotation sans adoucissement centrifuge**

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	' EXTERNE '	26.63	2.00%
Mode 2	' EXTERNE '	26.63	2.00%
Mode 3	' EXTERNE '	50	1.00%
Mode 4	' EXTERNE '	50	1.00%
Mode 5	' EXTERNE '	2523.74	3.00%
Mode 6	' EXTERNE '	2600.99	3.00%
Mode 7	' EXTERNE '	2928.09	2.00%
Mode 8	' EXTERNE '	2997.72	2.00%
Mode 9	' EXTERNE '	6211.33	1.00%
Mode 10	' EXTERNE '	6251.73	1.00%
Mode 11	' EXTERNE '	6312.84	1.00%
Mode 12	' EXTERNE '	6388.03	1.00%

**Tableau 4.3-3: Récapitulatif des résultats testés en rotation avec adoucissement centrifuge**

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Le rotor est modélisé par des éléments volumiques quadratiques (modélisation '3D\_SI', MECA\_HEXS20).

CALC\_MODES calcule les modes propres à l'arrêt (ie. sans amortissement gyroscopique) et en rotation, ie. avec amortissement gyroscopique (option MECA\_GYRO), mais en tenant compte ou pas de l'effet d'adoucissement par la raideur centrifuge (option RIGI\_ROTA).

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles HEXS20 112

Tableau 5.2-1

### 5.3 Résultats : comparaison entre les calculs de Code\_Aster et ANSYS

Le tableau 5.3-3 donne les valeurs numériques testées dans ce cas-test. Il s'agit des fréquences propres du cylindre en configuration libre-libre à l'arrêt et à 3000 tr/min.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	'EXTERNE'	2562.08	2.00%
Mode 2	'EXTERNE'	2562.08	2.00%
Mode 3	'EXTERNE'	2962.72	1.00%
Mode 4	'EXTERNE'	2962.72	1.00%
Mode 5	'EXTERNE'	6231.34	1.00%
Mode 6	'EXTERNE'	6231.34	1.00%
Mode 7	'EXTERNE'	6313.73	1.00%
Mode 8	'EXTERNE'	6420.42	1.00%
Mode 9	'EXTERNE'	6420.42	1.00%
Mode 10	'EXTERNE'	6658.75	2.00%
Mode 11	'EXTERNE'	6658.75	2.00%
Mode 12	'EXTERNE'	7040.85	1.00%
Mode 13	'EXTERNE'	7040.85	1.00%
Mode 14	'EXTERNE'	7159.02	2.00%

Tableau 5.3-1: Récapitulatif des résultats testés à l'arrêt (éléments HEXS20)

Avec la sous-intégration, on constate effectivement que l'écart entre Code\_Aster et ANSYS diminue de 3% à 1,5% au maximum.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	' EXTERNE '	53.26	2.00%
Mode 2	' EXTERNE '	100	1.00%
Mode 3	' EXTERNE '	2524.2	2.00%
Mode 4	' EXTERNE '	2601.5	2.00%
Mode 5	' EXTERNE '	2928.5	2.00%
Mode 6	' EXTERNE '	2998.1	2.00%
Mode 7	' EXTERNE '	6211.4	1.00%
Mode 8	' EXTERNE '	6251.8	1.00%
Mode 9	' EXTERNE '	6313	1.00%
Mode 10	' EXTERNE '	6388.2	1.00%

**Tableau 5.3-2: Récapitulatif des résultats testés en rotation sans adoucissement centrifuge**

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Mode 1	' EXTERNE '	26.63	2.00%
Mode 2	' EXTERNE '	26.63	2.00%
Mode 3	' EXTERNE '	50	1.00%
Mode 4	' EXTERNE '	50	1.00%
Mode 5	' EXTERNE '	2523.74	2.00%
Mode 6	' EXTERNE '	2600.99	2.00%
Mode 7	' EXTERNE '	2928.09	2.00%
Mode 8	' EXTERNE '	2997.72	2.00%
Mode 9	' EXTERNE '	6211.33	1.00%
Mode 10	' EXTERNE '	6251.73	1.00%
Mode 11	' EXTERNE '	6312.84	1.00%
Mode 12	' EXTERNE '	6388.03	1.00%

**Tableau 5.3-3 : Récapitulatif des résultats testés en rotation avec adoucissement centrifuge**

## 6 Synthèse des résultats

---

Le cas-test met en œuvre la rotation d'un cylindre creux 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.