SDLV132 - Prise en compte, par sous-structuration, d'un massif généralisé dans un calcul modal de ligne d'arbres

Résumé :

Ce test permet de valider la prise en compte, par sous-structuration, d'un massif généralisé pour un calcul de ligne d'arbres.

Dans ce test, on a un modèle de rotor à section circulaire constante reposant sur un massif par l'intermédiaire de paliers considérés comme infiniment rigides. Cet exemple est tiré du manuel de qualification de CADYRO, logiciel éléments finis destiné à modéliser le comportement dynamique de rotors.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est composé d'un rotor de longueur L2 et section circulaire, de deux paliers infiniment rigides et d'un massif de poutres sections circulaires.

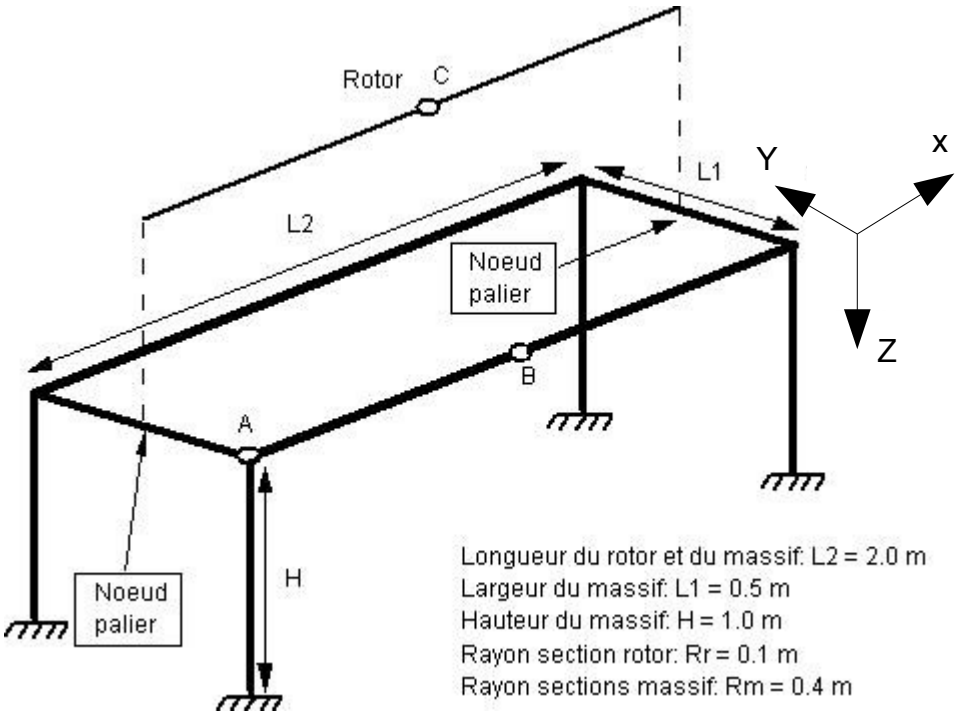


Figure 1.1-a-a : Modèle de rotor avec 2 paliers et un massif

Coordonnées des noeuds dans le repère (X, Y, Z) :

Support : $A(0.0/-0.25/0.0)$
$B(0.0/-0.25/1.0)$
Rotor : $C(0.0/0.0/1.0)$

1.2 Propriétés du matériau

Les caractéristiques géométriques et matériau sont listées dans le tableau suivant.

Matériau	$E=210^{11} N/m^2$	$\rho=7800\,kg/m^3$	$\nu=0.0$
Longueur du rotor	$L=2\,m$		
Rayon du rotor	$Rr=0.1\,m$		
Longueur du massif	$L=2\,m$		
Largeur du massif	$l=0.5\,m$		
Hauteur du massif	$H=1\,m$		
Rayon des poutres du massif	$Rm=0.1\,m$		

Tableau 1.2-1

Les deux noeuds paliers sont situés exactement au milieu de chaque coté du massif.

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

Les coefficients de raideur en translation des paliers sont : $Kzz = Kyy = 1.0\mathrm{E}+12\ kg.s^{-2}$

$$Kzy = Kyz = 0.0\ kg.s-2$$

$$Czz = Cyy = Czy = Cyz = 0.0\ kg.s^{-1}$$

1.3 Conditions aux limites

Les paliers du rotor reposent sur le massif par l'intermédiaire de liaisons considérées comme infiniment rigides. Les quatre pieds du massif sont encastrés. Le rotor et le massif sont donc parfaitement couplés aux nœuds paliers, selon la méthode de CRAIG-BAMPTON.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les paliers infiniment rigides et l'absence de rotation de l'arbre permettent de réaliser un calcul direct avec *Code_Aster* des premiers modes propres de la structure massif-paliers-rotor qui serviront de référence au calcul sous-structuré dans *Code_Aster*.
La validation de la prise en compte, par sous-structuration, d'un massif généralisé dans un calcul de lignes d'arbres dans *Code_Aster* consistera à comparer les fréquences propres obtenues par un calcul direct et par un calcul sous-structuré (sous-structuration de type Craig-Bampton).
On s'attachera aussi à valider chacune des sous-structures rotor-paliers et massif séparément.

Outre la comparaison entre calcul global et calcul sous-structuré dans *Code_Aster*, on valide aussi les résultats par rapport à ceux de CADYRO [1].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les résultats de *Code_Aster* donnent à la fois les fréquences des modes et les déformées modales. Seules les fréquences sont effectivement testées.

2.3 Références

[1] CADYRO, logiciel éléments finis destiné à prévoir le comportement dynamique de rotors en flexion dossier de validation – note HP-61/94/049/B.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3.2 Caractéristiques du maillage

Le rotor est maillé en 40 éléments finis d'arbre de type POU_D_T régulièrement répartis et comporte 2 éléments discrets de type DIS_TR pour la modélisation des paliers.
Nombre de nœuds : 41
Nombre et type d'éléments: 40 SEG2
2 POI1

3.3 Grandeurs testées et résultats

Le critères de tolérance en relatif sont de 1% sur les résultats de type 'SOURCE_EXTERNE' et de 5e-3% sur les résultats de type 'NON_REGRESSION'.
Les valeurs des 6 premières fréquences propres du rotor sont les suivantes.

N° Fréq	Rotor ASTER	Calcul CADYRO
	F (Hz)	F (Hz)
1	1.00860E+02	1.0090E+02
2	1.00860E+02	1.0090E+02
3	3.92529E+02	3.9305E+02
4	3.92529E+02	3.9305E+02
5	8.50239E+02	8.5242E+02
6	8.50239E+02	8.5242E+02

Tableau 3.3-1 : Fréquences propres du rotor

Les valeurs des 10 premières fréquences propres du massif sont les suivantes.

N° Fréq	Rotor ASTER	Calcul CADYRO
	F (Hz)	F (Hz)
1	2.19224E+02	2.21045E+02
2	2.56714E+02	2.59147E+02
3	3.44965E+02	3.47706E+02
4	4.17655E+02	4.20215E+02
5	4.88441E+02	4.92291E+02
6	5.17576E+02	5.21767E+02
7	6.19092E+02	6.24727E+02
8	6.41466E+02	6.45547E+02
9	7.32139E+02	7.36375E+02
10	7.76297E+02	7.78041E+02

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

Tableau 3.3-2 : Fréquences propres du massif

Les valeurs des 7 premières fréquences à l'arrêt, pour les deux méthodes de calcul (direct et sous-structuré), sont présentées dans le tableau ci-dessous.

N° Fréq	Rotor ASTER calcul direct	Calcul ASTER calcul sous-structuré	Calcul CADYRO
	F (Hz)	F (Hz)	F (Hz)
1	1.00675E+02	1.00675E+02	1.00717E+02
2	1.00827E+02	1.00827E+02	1.00866E+02
3	2.19250E+02	2.19933E+02	2.21064E+02
4	2.56711E+02	2.56822E+02	2.59143E+02
5	3.40422E+02	3.48884E+02	3.42981E+02
6	3.91994E+02	3.92003E+02	3.92524E+02
7	3.96857E+02	3.98334E+02	3.97556E+02

Tableau 3.3-3 : Fréquences propres obtenues par les calculs direct et sous-structuré

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Identiques à la modélisation A, mais utilisation des opérateurs CREA_ELEM_SSD et ASSE_ELEM_SSD. Le calcul modal du modèle direct (non sous-structuré) n'a pas été repris.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs des 7 premières fréquences à l'arrêt sont présentées dans le tableau ci-dessous.

N° Fréq	Calcul ASTER calcul sous-structuré	Calcul CADYRO
	F (Hz)	F (Hz)
1	1.00712E+02	1.00717E+02
2	1.00861E+02	1.00866E+02
3	2.21761E+02	2.21064E+02
4	2.59264E+02	2.59143E+02
5	3.51439E+02	3.42981E+02
6	3.92474E+02	3.92524E+02
7	3.99088E+02	3.97556E+02

Tableau 4.2-1 : Fréquences propres obtenues par sous-structuration dynamique

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

5 Synthèse des résultats

Ce cas-test permet de valider numériquement la prise en compte d'un massif généralisé de ligne d'arbres par un calcul sous-structuré. Les résultats obtenus sont en bon accord avec les valeurs de référence, issues du manuel de qualification du code de lignes d'arbres CADYRO.

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