SDLS104 - Coques coaxiales sous écoulement annulaire

Résumé

On considère une configuration matérielle constituée de deux coques cylindriques coaxiales, en interaction avec un fluide s'écoulant dans l'espace annulaire séparant les coques.

Le but de ce cas-test est de valider le modèle de couplage fluide-structure développé dans l'opérateur CALC_FLUI_STRU pour ce type de configurations.

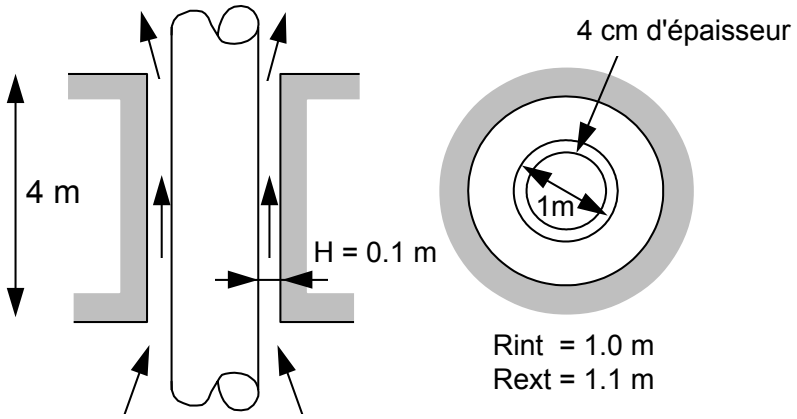
On s'intéresse ici plus particulièrement à l'évolution des paramètres modaux (fréquence et amortissement réduit) en fonction de la vitesse d'écoulement du fluide. La solution de référence est fournie par un calcul réalisé avec le code MOCCA (MOdèle de Couplage en Confinement Annulaire).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La configuration étudiée est constituée de deux coques cylindriques coaxiales de $4\,m$ de hauteur



La coque interne a un rayon moyen R_1 de $0{,}98\,m$ et une épaisseur e_1 de $4\,cm$.

La coque externe a un rayon moyen R_2 de $1{,}105\,m$ et une épaisseur e_2 de $1\,cm$.

Remarque :

L'épaisseur et le rayon moyen de l'espace annulaire entre les deux coques sont donnés par

$$H = R_{ext} - R_{int} = 0{,}1\,m \qquad R = \frac{R_{int} + R_{ext}}{2} = 1{,}05\,m$$

avec

$$R_{int} = R1 + \frac{e_1}{2} = 1\,m \qquad R_{ext} = R_2 - \frac{e_2}{2} = 1{,}1\,m$$

1.2 Propriétés du matériau

Le matériau constituant les deux coques est de l'acier. Ses caractéristiques physiques sont

$$\rho = 7800\,kg/m^3 \qquad E = 2.10^{11}\,Pa \qquad \nu = 0{,}3$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La coque externe est supposée rigide : tous les nœuds sont encastrés.

Concernant la coque interne, les conditions de supportage sont les suivantes : extrémité encastrée en partie inférieure ($z = 0$) et libre en partie supérieure ($z = 4\mathrm{m}$).

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est obtenue par un calcul réalisé au moyen du code MOCCA (Modèle de Couplage en Confinement Annulaire) [bib1], [bib2]. Ce dernier a été validé sur plusieurs configurations expérimentales dont les maquettes TAXI du CEA [bib2] et GRAPPE2 d'EDF [bib3].

Les caractéristiques modales de la structure hors écoulement étant renseignées, le code MOCCA permet de calculer les évolutions des fréquences et des amortissements réduits de chaque mode de la structure en fonction de la vitesse de l'écoulement. Cette résolution est effectuée numériquement par une méthode du type différences finies.

Les évolutions des paramètres modaux associés au premier mode d'ordre de coque égal à 1 constituent, dans le cas présent, la solution de référence.

2.2 Résultats de référence

On considère le cinquième mode de la structure, premier mode d'ordre 1 en coque. La fréquence propre de ce mode hors écoulement est de $90{,}4\ Hz$.

Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)	Fréquence propre (Hz)	Amortissement réduit modal (%)
0.	31,8794	0,0353905
5.	31,8806	1,27602
10.	31,8842	2,50164
15.	31,8900	3,74046
20.	31,8982	4,97402
25.	31,9087	6,20616
30.	31,9217	7,43705
35.	31,9372	8,66394
40.	31,9546	9,89269

2.3 Incertitude sur la solution

Le modèle de couplage fluide-structure MOCCA_COQUE [bib4] résorbé dans l'opérateur CALC_FLUI_STRU a été développé dans l'optique de structures coques. Il permet de prendre en compte des modes de coques d'ordre quelconque mais se limite à des jeux annulaires uniformes.

Le code MOCCA a pour sa part été développé dans l'optique de mouvements de type poutre, sous l'effet d'écoulements annulaires d'épaisseur variable. On établira donc des comparaisons pour des modes d'ordre de coque égal à 1, en présence d'écoulements annulaires uniformes.

Le modèle MOCCA_COQUE est purement analytique, tandis que le code MOCCA s'appuie sur une méthode de résolution numérique du problème fluide. Des écarts entre la solution de référence et les résultats du *Code_Aster* sont donc à attendre.

2.4 Références bibliographiques

1. L. PEROTIN, S. GRANGER, "A numerical model for fluid-structure coupling of a confined cylinder submitted to an axial annular flow", proceedings fifth international symposium on flow-induced vibration and noise, Anaheim, CA, 1992, Vol. 5, pp. 1-16.

2. L. PEROTIN, S. GRANGER, "A linearized unsteady model for computing the dynamics of cylindrical structures subjected to non-uniform annular flows at high Reynolds numbers", proceedings sixth international conference on flow-induced vibration, London, April 1995 "Journal of Fluids and Structures" (1997) 11,183-205.

3. L. PEROTIN, S. GRANGER, "Simulation numérique du comportement hydroélastique de la maquette GRAPPE2, à l'aide du code MOCCA", HT-32/93/017/A.

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

4. L. PEROTIN, "Note de principe du modèle MOCCA_COQUE", HT-32/95/021/A.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La géométrie des structures et les caractéristiques du matériau constituant les coques ont été présentées auparavant.

Concernant la rugosité absolue de paroi des structures, on prend une valeur de $10^{-5} m$.

Le fluide environnant est de l'eau. Les valeurs prises pour la masse volumique et la viscosité cinématique sont respectivement

$$\rho_f = 1000\, kg/m^3 \qquad \nu_f = 10^{-6}\, m^2/s$$

On considère l'écoulement non confiné en amont et en aval des structures.

Le modèle de résolution utilisé est le modèle analytique MOCCA_COQUE résorbé dans le *Code_Aster* (opérateur CALC_FLUI_STRU). On sélectionne le cinquième mode en air de la structure puis on résout pour ce mode le problème de couplage. Les vitesses moyennes d'écoulement varient de 0 à $40\, m/s$ par pas de $5\, m/s$. On obtient ainsi pour ce mode les évolutions de la fréquence propre et de l'amortissement réduit en fonction de la vitesse d'écoulement.

3.2 Caractéristiques du maillage

Les deux coques sont maillées de manière identique. Afin de les rendre solidaires l'une de l'autre, on rajoute un groupe de mailles connectant les nœuds au niveau de l'encastrement.

On a : 17 nœuds sur une génératrice verticale
60 nœuds sur une couronne

960 mailles QUAD4 sur chaque coque
60 mailles QUAD4 pour solidariser les deux coques (base encastrée)

3.3 Fonctionnalités testées

Opérateur DEFI_FLUI_STRU : définition des caractéristiques d'une configuration matérielle constituée de deux coques cylindriques coaxiales pour un calcul de couplage fluide-structure ; mot-clé facteur COQUE_COAX.

Opérateur CALC_FLUI_STRU : résolution du couplage fluide-structure pour une configuration du type "coques coaxiales" ; calcul des évolutions des paramètres modaux (fréquences et amortissements réduits) en fonction de la vitesse d'écoulement du fluide.

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

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Évolutions de la fréquence propre et de l'amortissement réduit du cinquième mode en air de la structure, en fonction de la vitesse moyenne de l'écoulement.

Vitesse d'écoulement (m/s)	Fréquence MOCCA (Hz)	Fréquence *Aster* (Hz)	écart (%)	Amor. réduit MOCCA (%)	Amor. réduit *Aster* (%)	écart (%)
0.	31,8794	32,5315	2,046	0,0353905	0,0359752	1,652
5.	31,8806	32,5327	2,045	1,27602	1,24509	–2,114
10.	31,8842	32,5361	2,045	2,50164	2,43947	–2,485
15.	31,8900	32,5419	2,044	3,74046	3,64669	–2,507
20.	31,8982	32,5500	2,043	4,97402	4,84884	–2,517
25.	31,9087	32,5603	2,042	6,20616	6,04989	–2,518
30.	31,9217	32,5731	2,041	7,43705	7,24936	–2,524
35.	31,9372	32,5880	2,038	8,66394	8,44513	–2,526
40.	31,9546	32,6054	2,037	9,89269	9,64298	–2,524

4.2 Remarques

Les résultats sont conformes à ce que l'on pouvait attendre.

Un écart de l'ordre de 2% sur la fréquence et l'amortissement réduit apparaît, imputable aux différences entre les modèles et les méthodes de résolution. Cet écart est raisonnable compte tenu de la fréquence initiale de la structure hors écoulement ($90,4\,Hz$).

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