ADLV312 – Réservoir cylindrique souple rempli d'eau

Résumé :

Ce test concerne l'analyse modale d'un réservoir rempli d'eau. Le volume fluide possède une surface libre. Le réservoir est modélisé par des éléments de plaque DKT et le fluide par des éléments vibro-acoustique 3D.

Il s'agit de calculer les modes propres hydro-élastiques ; on ne s'intéresse pas particulièrement aux modes de ballottement dont l'énergie de déformation est faible vis-à-vis de celle des modes hydro-élastiques.
Afin d'améliorer l'identification de ces modes, on calcule les masses généralisées après avoir imposé la norme sur un degré de liberté donné.
Les valeurs de référence des fréquences propres sont obtenues numériquement à partir de modélisations 3D et de Fourier dans le logiciel SAMCEF.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

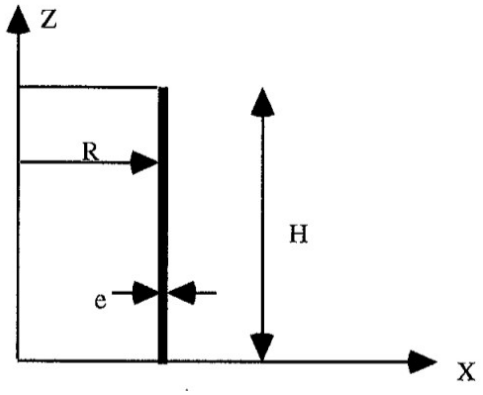


Figure 1.1 Géométrie du problème

Dimensions du réservoir :

- hauteur : $\mathrm{H}=0.3048\ \mathrm{m}$
- rayon moyen : $\mathrm{R}=0.076073\ \mathrm{m}$
- épaisseur de coque : $\mathrm{e}=0.254\times10^{-3}\ \mathrm{m}$

La surfacel ibre se situe à l'ordonnée $Z=\mathrm{H}$. Elle est perpendiculaire à l'axe Z .

1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés du fluide remplissant la cavité sont les suivantes :

Vitesse du son	$c_F=1400\,\mathrm{m.s}^{-1}$
Densité	$\rho_F=1000\,\mathrm{kg.m}^{-3}$

Les propriétés de la coque sont les suivantes :

Module d'Young	$E=2.06\times10^{11}\mathrm{Pa}$
Coefficient de Poisson	$\nu=0.3$
Masse volumique	$\rho_S=7850.0\,\mathrm{kg.m}^{-3}$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Encastrement à la base :

En tout point tel que $Z=0$	$DX=0$, $DY=0$, $DZ=0$, $DRX=0$, $DRY=0$, $DRZ=0$

Fluide soumis à un champ de gravité :

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

En tout point du fluide	Pesanteur $g=9.81\,\mathrm{m/s^2}$ suivant Z

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Les valeurs de référence des fréquences propres sont obtenues numériquement : on réalise la moyenne des résultats provenant d'une analyse de Fourier et de deux analyses 3D. La formulation pour le fluide est la même dans les trois cas : il s'agit d'un fluide incompressible, discrétisé par un potentiel de déplacement. La coque de Fourier est de type Reissner, les modèles de coques 3D sont respectivement de type Mindlin (3D-1) et hybride (3D-2). Les analyses ont été réalisées au moyen du logiciel SAMCEF. Dans chaque cas, les maillages sont raffinés jusqu'à obtention d'une solution stable.

Afin d'améliorer l'identification de ces modes, on repère dans SAMCEF le degré de liberté normé et on impose le même dans les tests. On pourra ainsi comparer les masses généralisées.

2.2 Résultats de référence

Le tableau ci-dessous fournit les valeurs de référence pour le premier mode des harmoniques 2 à 7 (l'harmonique « n » est en $\cos(n\theta)$). L'écart relatif est calculé par rapport au résultat numérique le plus éloigné de la référence.

Harmonique	Fourier (Hz)	Modèle 3D-1 (Hz)	Modèle 3D-2 (Hz)	Référence (Hz)	Écart (%)
4	71.2	71.5	70.8	71.2	1.0
3	77.5	77.7	77.0	77.4	0.9
5	98.8	99.6	98.3	98.9	1.3
2	133.6	133.6	132.9	133.4	0.5
6	147.3	149.4	146.6	147.8	1.9
7	211.4	216.0	210.4	212.6	2.7

2.3 Incertitude sur la solution

L'incertitude varie d'une fréquence à l'autre. L'écart relatif le plus grand est inférieur à 3 % (voir tableau ci-dessus).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

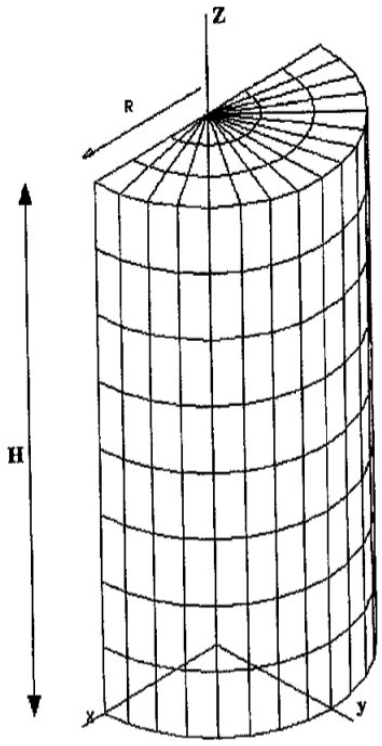


Figure 3.1. Maillage de la modélisation A

Seule une moitié de réservoir est maillée. Ce modèle ne peut-être utilisé pour calculer les modes de torsion autour de l'axe Z .
Le réservoir est maillé régulièrement par des éléments de plaque quadrangulaire (modélisation DKT). Le fluide est maillé par des éléments volumiques de fluide (modélisation 3D_FLUIDE), la partie supérieure est recouverte d'une couche d'éléments de surface libre (modélisation 2D_FLUI_PESA). L'interface fluide-structure est tapissée d'éléments de couplage quadrangulaires (modélisation FLUI_STRU).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2822
Nombre de mailles et types : 64 TRIA3, 1280 QUAD4, 512 PENTA6 et 2048 HEXA8

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance (%)
Mode 1	71.2	'SOURCE_EXTERNE'	4.6

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

Mode 2	77.4	'SOURCE_EXTERNE'	3.5
Mode 3	98.8	'SOURCE_EXTERNE'	5.4
Mode 4	133.4	'SOURCE_EXTERNE'	2.0
Mode 5	147.8	'SOURCE_EXTERNE'	6.5
Mode 6	212.6	'SOURCE_EXTERNE'	7.7

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

4 Synthèse des résultats

Dans ce test, seules les fréquences de structure sont testées ; on ne s'intéresse pas aux fréquences de la surface libre.
Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux obtenus par SAMCEF puisque l'écart maximal avec la solution de référence atteint 7.5 %.
Il faut noter qu'un maillage relativement fin a également été utilisé afin d'obtenir des résultats proches de la solution de référence (5 mailles suivant le rayon, 16 mailles sur la hauteur et 32 sur la circonférence).

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