ADLV101 - Modes de ballottement d'une cuve remplie d'eau

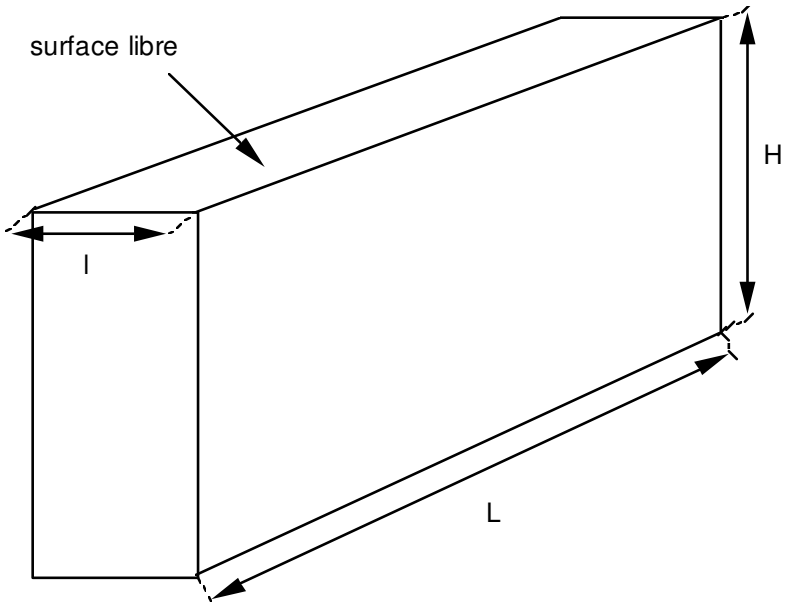
Résumé :

Ce test, du domaine acoustique et fluide, porte sur la recherche des fréquences propres d'une cuve rectangulaire remplie d'un fluide comprenant une surface libre. L'analyse modale détermine ainsi les premiers modes de ballottement de la surface du fluide remplissant la cuve. Les trois premières fréquences propres sont retrouvées à moins de 1% des fréquences calculées analytiquement.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



dimensions de la cuve :

hauteur : $H=0.3\,m$

longueur : $L=0.8\,m$

largeur : $l=0.1\,m$

1.2 Propriétés des matériaux

Le matériau modélisé est le fluide contenu dans la cuve :

masse volumique : $\rho_c=1000\,kg/m^3$

célérité du son : $c=1400\,m/s$

1.3 Conditions aux limites et chargement

On impose le champ de gravité à l'ensemble du modèle fluide

```
charge = AFFE_CHAR_MECA    (  …
                              PESANTEUR = (9.81, 0., 0., -1.));
```


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 référence [bib3] fournit la formule générale des modes de ballottement dans un réservoir parallélépipèdique :

$$f_{ij}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\pi\, g\sqrt{\frac{i^2}{L^2}+\frac{j^2}{l^2}}\,th\left[\pi\, H\sqrt{\frac{i^2}{L^2}+\frac{j^2}{l^2}}\right]}$$

où i et j sont les ordres des modes longitudinaux et transversaux (nombre de lignes nodales dans chaque direction).

Dans le cas particulier ou $-\frac{L}{l}$ est grand, la formule se simplifie pour les modes longitudinaux [bib1], [bib2].

2.2 Résultats de référence

Pour $\frac{L}{l}=8.$ et $h=0.3$ les quatre premiers modes sont aux fréquences 0.898, 1.384, 1.709 et 1.975.

2.3 Références bibliographiques

1) WAECKEL F., LEPOUTERE C. Note interne EDF/DER "Effet de la pesanteur sur la surface libre d'un fluide couplé à une structure", HP-61/93/139.

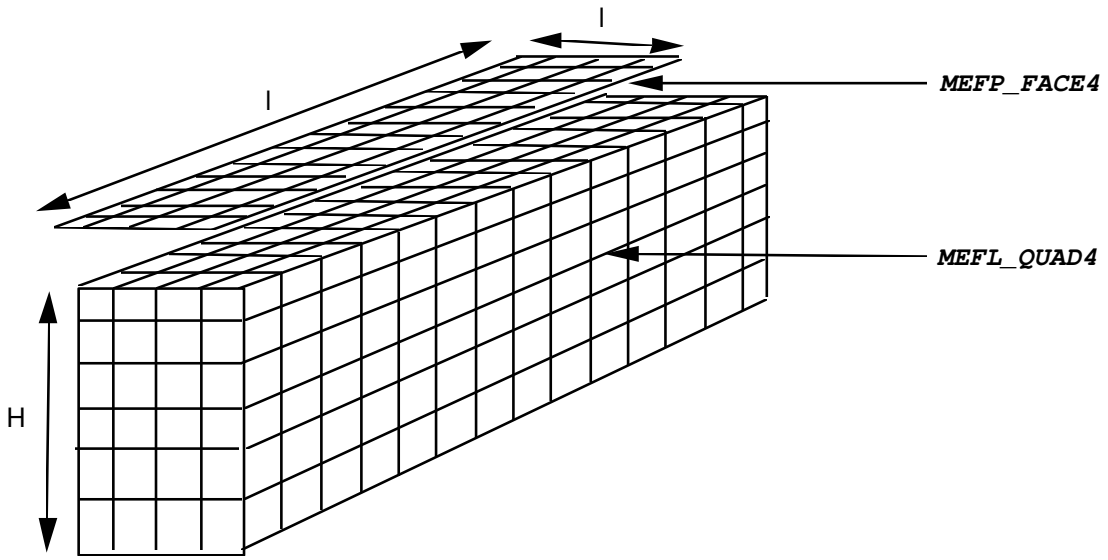
2) MUTO, KASA, NAKAHARA, ISHIDA "Experimental tests on sloshing response of a water pool with submerged blocks" - ASME, vol PVP 98, (1985).

3) BLEVINS R.D. Formulas for natural frequency and mode shape. Ed Krieger

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



- la surface libre est modélisée par 57 éléments MEFP_FACE4 (modélisation 2D_FLUI_PESA) quadrangle à 4 nœuds,
- le volume fluide est modélisé par 513 éléments de fluide (modélisation 3D_FLUIDE) cubiques à 8 nœuds.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient : 513 HEXA8
57 QUAD4

3.3 Valeurs testées

Identification	Référence
mode1	8.98250e-01
mode 2	1.38452e+00
mode 3	1.70952e+00
mode 4	1.97551e+00

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation ne diffère de la modélisation A que par le type d'élément de surface libre et par le type d'élément de fluide :

- la surface libre est modélisée par 57 éléments MEFP_FACE8 (modélisation 2D_FLUI_PESA) quadrangle à 8 nœuds,
- le volume fluide est modélisé par 513 éléments de fluide (modélisation 3D_FLUIDE) cubiques à 20 nœuds.

4.2 Caractéristiques du maillage

le maillage contient : 513 HEXA20
57 QUAD8

4.3 Valeurs testées

Identification	Référence
mode1	8.98250e-01
mode 2	1.38452e+00
mode 3	1.70952e+00
mode 4	1.97551e+00

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation ne diffère de la modélisation A que par le type d'élément de surface libre et par le type d'élément de fluide :

- la surface libre est modélisée par 57 éléments MEFP_FACE9 (modélisation 2D_FLUI_PESA) quadrangle à 9 nœuds,
- le volume fluide est modélisé par 513 éléments de fluide (modélisation 3D_FLUIDE) cubiques à 27 nœuds.

5.2 Caractéristiques du maillage

le maillage contient : 513 HEXA27
57 QUAD9

5.3 Valeurs testées

Identification	Référence
mode1	8.98250e-01
mode 2	1.38452e+00
mode 3	1.70952e+00
mode 4	1.97551e+00

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation diffère de la modélisation A par le type d'élément utilisé. Chaque maille de la modélisation A est coupée en deux par un plan vertical.

- la surface libre est modélisée par 114 éléments MEFP_FACE3 (modélisation 2D_FLUI_PESA) triangle à 3 noeuds,
- le volume fluide est modélisé par 1026 éléments de fluide (modélisation 3D_FLUIDE) pentaédriques à 6 nœuds.

6.2 Caractéristiques du maillage

le maillage contient : 1026 PENTA6
114 TRIA3

6.3 Valeurs testées

Identification	Référence
mode 1	8.98250e-01
mode 2	1.38452e+00
mode 3	1.70952e+00
mode 4	1.97551e+00

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

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation diffère de la modélisation B par le type d'élément utilisé. Chaque maille de la modélisation B est coupée par un plan vertical.

- la surface libre est modélisée par 114 éléments MEFP_FACE6 (modélisation 2D_FLUI_PESA) triangle à 6 nœuds,
- le volume fluide est modélisé par 1026 éléments de fluide (modélisation 3D_FLUIDE) pentaédriques à 15 nœuds.

7.2 Caractéristiques du maillage

le maillage contient : 1026 PENTA15
114 TRIA6

7.3 Valeurs testées

Identification	Référence
mode 1	8.98250e-01
mode 2	1.38452e+00
mode 3	1.70952e+00
mode 4	1.97551e+00

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

8 Synthèse des résultats

La modélisation A met en œuvre des éléments de fluide de type HEXA8 et des éléments de surface libre de type QUAD4. Le résultat obtenu fait apparaître une erreur maximale de 1.52% par rapport à la solution analytique.

La modélisation B fait intervenir des éléments de fluide de type HEXA20 et des éléments de surface libre de type QUAD8. Les résultats corrèlent parfaitement avec la solution analytique.

Des éléments fluide de type HEXA27 et de fluide pesant de type QUAD9 sont utilisés pour la modélisation C. Les résultats obtenus sont identiques à la solution de référence.

La modélisation D permet de valider des éléments fluide de type PENTA6 et des éléments de surface libre de type TRIA3. Les résultats obtenus font apparaître une erreur relative de 1.479% par rapport à la solution de référence.

La modélisation E permet de valider les éléments de surface libre de type TRIA6. Ils sont connectés à des éléments de fluide de type PENTA15. Il y a parfaite coïncidence des résultats avec la solution analytique.

D'une manière générale, on observe que les résultats obtenus par des éléments à interpolation quadratique (HEXA20, HEXA27) sont en excellent accord avec les résultats analytiques. Néanmoins les éléments à interpolation linéaire ont une précision acceptable sur les résultats.

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