SDLL117 - Poutre soumise à des zones multiples d'excitations fluide-élastiques et aléatoires transverses

Résumé

Ce cas de validation est destiné à calculer par méthode fréquentielle (résorption du logiciel FLUSTRU) la réponse vibratoire linéaire d'une structure tubulaire de type poutre soumise à un écoulement externe transverse.

On calcule les effets du couplage fluide-élastique (variation de la fréquence et de l'amortissement de la structure) en fonction de la vitesse de l'écoulement, puis la réponse vibratoire de la poutre à une excitation fluide turbulente.

L'excitation fluide est répartie sur plusieurs zones et peut être de nature identique ou différente sur chacune de ces zones. Ainsi, ce cas test compare les résultats obtenus avec une seule zone d'excitation (le tube est soumis à une excitation fluide répartie sur toute sa longueur), et avec deux zones d'excitation (le tube est soumis à deux excitations fluides de même nature, réparties sur chaque moitié du tube). Les comparaisons sont effectuées pour différents profils de vitesse et différents coefficients fluide-élastiques.

Pour ce cas test, il n'y a pas à proprement parler de solution de référence. Les résultats obtenus avec deux zones d'excitation du fluide sont comparés aux résultats obtenus avec une seule zone d'excitation. L'objectif du cas test est de vérifier la non régression des structures de données.

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

1 Problème de référence

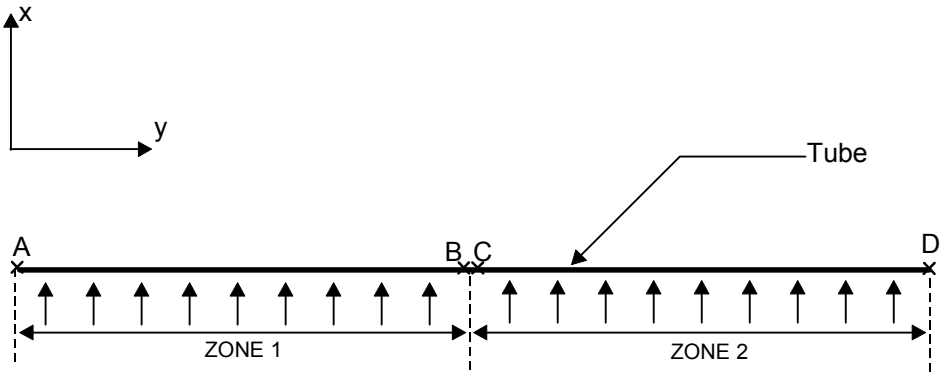
1.1 Géométrie

Les caractéristiques du tube droit de section circulaire creuse sont les suivantes :

diamètre extérieur du tube : $19,05\,mm$,
diamètre intérieur du tube : $16,87\,mm$.

La longueur totale du tube est de $1,00\ m$, avec :

la longueur de la partie AB : $0,4975\,m$,
la longueur de la partie CD $0,4975\,m$.
:



Remarque :

Les vitesses d'écoulement sont données aux noeuds et non aux éléments. Deux zones adjacentes d'excitation doivent être séparées par un élément (BC en l'occurrence). Cependant, la vitesse d'écoulement est bien définie à tous les noeuds et c'est bien le tronçon $[AD]$ dans son ensemble qui est excité.

1.2 Propriétés des matériaux

Les valeurs des grandeurs physiques caractéristiques de chacun des éléments de la structure sont :

Tube en laiton : $E=1,2210^{11}N/m^2$ $\nu=0,3$ $\rho=8320\,kg/m^3$
Fluide interne : eau $\rho_i=1000\,kg/m^3$
Fluide externe : tube immergé dans l'eau sur toute la longueur AD ,
écoulement transverse d'eau sur toute la longueur AD ,
$\rho_e=1000\,kg/m^3$.

Un coefficient de masse ajoutée pour le calcul de la masse volumique équivalente de la structure à étudier est pris en compte. La structure est constituée d'une poutre, d'un fluide interne et d'un fluide externe.

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

La poutre est simplement appuyée aux noeuds A et D .
Un chargement aléatoire est réparti sur la longueur excitée (tronçon $[AD]$ ou tronçons $[AB]$ et $[CD]$) de la poutre. L'excitation turbulente se fait ainsi par un écoulement transverse au tube. Les excitations sont définies à l'aide d'un profil de vitesse le long de la poutre et d'un spectre d'excitation adimensionnel. Chaque zone d'excitation du fluide est implicitement définie par la portion du tube sur laquelle la vitesse d'écoulement n'est pas nulle. Dans le cas d'excitations multiples, les zones d'excitation doivent être disjointes.

1.4 Conditions initiales

Le calcul étant fréquentiel, on n'impose pas de conditions initiales.

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

Les résultats obtenus avec deux zones d'excitation du fluide, de même nature, et répartie sur chaque moitié du tube, sont comparés à ceux obtenus avec une seule zone d'excitation définie sur la totalité du tube.

Pour les forces de couplage fluide-élastique, les comparaisons sont effectuées sur les variations de fréquence et d'amortissement réduit de la structure, en fonction de la vitesse d'écoulement. Plusieurs calculs sont effectués avec des profils de vitesse uniformes sur $[AD]$, ou en escalier (uniforme sur $[AB]$ et uniforme sur $[CD]$), et différents types de réseau (configurations VISCACHE 1 et CLOTAIRE). Les comparaisons ont été réalisées, pour une vitesse d'écoulement de $1,5 m/s$, pour le mode 2.

En ce qui concerne les excitations turbulentes, ce sont les écarts types du déplacement calculés à partir des spectres de réponse vibratoire qui ont été comparés. Ces comparaisons ont aussi été effectuées pour des structures où les profils de vitesses étaient uniformes sur $[AD]$, ou en escalier (uniforme sur $[AB]$ et uniforme sur $[CD]$). Elles ont été réalisées à l'un des deux noeuds situés au milieu du tube (noeud 100), où les différences sont maximales.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'éléments de poutre droite de Timoshenko : POU_D_T.

Découpage en 199 éléments uniformément répartis sur l'ensemble du tube :

Tronçon $[AB]$: 99 éléments
Tronçon $[BC]$: 1 élément
Tronçon $[CD]$: 99 éléments

Les noeuds A et D sont bloqués suivants les directions :

X , Y et Z en translation
Y en rotation

3.2 Caractéristiques du maillage

Le nombre total de noeuds utilisé pour ce maillage est de 200.
Les mailles (de type SEG2) sont au nombre de 199.
Le fichier de maillage est au format ASTER.

3.3 Etapes de calcul

Le profil de vitesse d'écoulement fluide et les paramètres prenant en compte le couplage fluide-structure sont définis par les opérateurs DEFI_FONC_FLUI et DEFI_FLUI_STRU.
On calcule alors les paramètres modaux de notre structure en prenant en compte les forces fluide-élastiques avec CALC_FLUI_SRU.
La définition des zones multiples d'excitation est effectuée par un appel à l'opérateur DEFI_SPEC_TURB, qui permet d'établir le lien entre matrice interspectrale et fonctions de forme. Les excitations sont ensuite projetées sur la base modale à l'aide de l'opérateur PROJ_SPEC_BASE et les interspectres de réponse modale sont calculés par l'opérateur DYNA_SPEC_MODAL.
Enfin, on en déduit les autospectres de contraintes aux noeuds par un appel à REST_SPEC_PHYS.
On ne peut faire le calcul de réponse spectrale que pour une vitesse de l'écoulement à la fois, ainsi ces trois dernières étapes (PROJ_SPEC_BASE, DYNA_SPEC_MODAL, REST_SPEC_PHYS) sont réalisées dans une boucle, dans le fichier de commande, où on parcourt la liste des vitesses de l'écoulement.

3.4 Valeurs testées

Identification	Référence *1 zone*	Calcul *2 zones d'excitation*	% différence
Fréquence Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse uniforme ($1 m/s$) Coefficients Viscache 1	32,28018 Hz	32,28018 Hz	0,0

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

Amortissement réduit Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse uniforme ($1 m/s$) Coefficients Viscache 1	8,960594E–01 %	8,960594E–01 %	0,0
Fréquence Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse en escalier ($0,5$ et $1 m/s$) Coefficients Viscache 1	31,39222 Hz	31,39222 Hz	0,0
Amortissement réduit Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse en escalier ($0,5$ et $1 m/s$) Coefficients Viscache 1	9,170868E–01 %	9,170842E–01 %	0,0
Fréquence Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse en escalier ($0,5$ et $1 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	32,19244 Hz	32,19244 Hz	0,0
Amortissement réduit Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse en escalier ($0,5$ et $1 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	5,947656E–01 %	5,947633E–01 %	0,0
Fréquence Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse uniforme ($0,5 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	32,28018 Hz	32,28018 Hz	0,0
Amortissement réduit Mode 2 Couplage fluide–élastique (vitesse $1,5 m/s$) Profil de vitesse uniforme ($0,5 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	6,071243E–01 %	6,071211E–01 %	0,0
Valeur de la **RMS de déplacement** pour la vitesse d'écoulement $0,7 m/s$ Profil de vitesse uniforme ($0,5 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	1,20960E–06 m	1,20953E–06 m	–0,005
Valeur de la **RMS de déplacement** pour la vitesse d'écoulement $1,1 m/s$ Profil de vitesse uniforme ($0,5 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	8,46330E–06 m	8,46290E–06 m	–0,005
Valeur de la **RMS de déplacement** pour la vitesse d'écoulement $1,5 m/s$ Profil de vitesse uniforme ($0,5 m/s$) Coefficients Clotaire uniforme	3,91328E–05 m	3,91308 E–05 m	–0,005
Valeur de la **RMS de déplacement** pour la vitesse d'écoulement $0,7 m/s$ Profil de vitesse uniforme ($1,0 m/s$) Coefficients Viscache 1	2,83236E–06 m	2,83221E–06 m	–0,005

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

Valeur de la **RMS de déplacement** pour la vitesse d'écoulement $1,1 m/s$ Profil de vitesse uniforme ($1,0 m/s$) Coefficients Viscache 1	1,36880E–05 m	1,36783E–05 m	–0,005
Valeur de la **RMS de déplacement** pour la vitesse d'écoulement $1,5 m/s$ Profil de vitesse uniforme ($1,0 m/s$) Coefficients Viscache 1	3,24409E–05 m	3,24393E–05 m	–0,005

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

4 Synthèse des résultats

Ce cas test permet de vérifier le comportement des différents opérateurs de calcul de couplage fluide-structure, dans le cas de zones d'excitation multiples. C'est un cas test de non régression des opérateurs concernés, et en particulier, des structures de données.

Dans le cas des forces fluide-élastiques (opérateurs DEFI_FLUI_STRU et CALC_FLUI_STRU), lorsque plusieurs zones d'excitation du fluide sont définies avec des caractéristiques identiques, on obtient bien des résultats rigoureusement équivalents au cas où il n'y a qu'une seule zone.

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