SDLS139 - Identification d'efforts fluides sur une structure filaire

Résumé :

Ce cas-test sert de validation à la macro-commande **CALC_ESSAI**, qui est un opérateur interactif d'identification d'efforts sur structure filaire. Plusieurs méthodes sont proposées par l'opérateur, et testées ici :

[1] expansion de données expérimentales sur un modèle numérique,

[2] identification d'efforts turbulents par décomposition sur base modale,

Le cas-test simule les données nécessaires à l'utilisation de la macro :

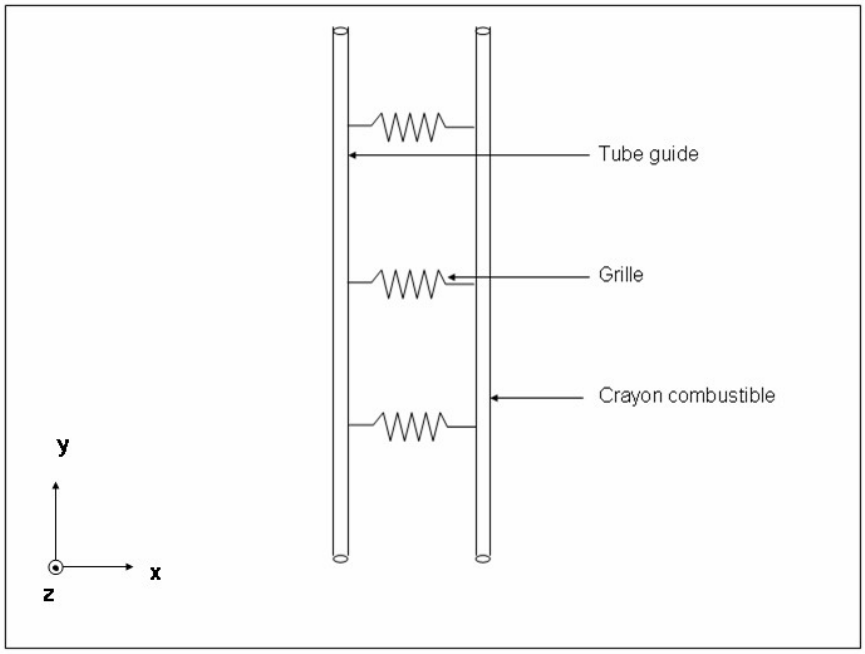
- un maillage de crayon combustible, raidi par un tube guide,
- une base modale associée à cette structure,
- simulation d'efforts fluide-élastiques, au repos, et en écoulement,
- simulation d'un inter-spectre d'efforts turbulent, selon un modèle de CORCOS,
- simulation des déplacements du crayon induits par cet effort, restitution sur 19 « capteurs »,
- création de modèles d'observabilité (maillage à 19 capteurs) et de commande (maillage à 3 noeuds).

Ensuite, la macro-commande utilise ces données en entrée pour identifier les efforts simulés (efforts fluide-élastiques et efforts turbulents).
La macro est normalement utilisée en mode **INTERACTIF**. Lorsque ce n'est pas le cas, comme dans ce cas-test, l'exécution de la commande se fait dans le code source de celle-ci, qui exécute, à la place de l'utilisateur, les fonctions d'identification.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La géométrie est un crayon combustible de hauteur $4,5\,m$, d'épaisseur $0,5\,mm$ et de diamètre $0,9\,cm$, régulièrement rattaché, par l'intermédiaire des grilles de maintien, à un tube guide, plus rigide, d'épaisseur $0,5\,mm$ et de diamètre $1,245\,cm$.

1.2 Propriétés du matériau

Le matériau est homogène, isotrope, élastique linéaire. Les coefficients élastiques sont :

1) $E=98\,400\,MPa$, $\nu=0.3$, et $\rho=6526\,kg.m^{-3}$ pour le guide,
2) $E=98\,400\,MPa$, $\nu=0.3$, et $\rho=6526\,kg.m^{-3}$ pour le crayon.

1.3 Modélisation mécanique

Les grilles sont des éléments de raideur de type DIS_TR, les crayons sont des éléments POU_D_T de Timoshenko.

1.4 Conditions aux limites et chargements

Le crayon est encastré à ses extrémités, et seuls les déplacements selon DX sont autorisés.

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

2 Simulation des données

2.1 Base en air

La base modale, dite « en air », est calculée avec CALC_MODES. Les modes sont ensuite normalisés par rapport à la masse. On récupère de cette simulation une *sd_resultat mode_meca* appelée MODEAIR.

2.2 Efforts turbulents

L'effort est appliqué sur deux nœuds, selon un inter-spectre à deux composantes. Chaque spectre appliqué a la forme d'une gaussienne. Les deux excitations sont décorrélées (l'inter-spectre $(1,2)$ est une fonction nulle).
L'opérateur **DYNA_ALEA_MODAL** calcule les déplacements modaux à partir de cet effort pour la base **MODEAIR**, et **REST_SPEC_PHYS** restitue ces déplacements sur base physique, sur 19 points uniquement, qui simulent la mesure expérimentale. Ce résultat s'appelle **SPECTR19**.

2.3 Modèles d'efforts et de commandabilité

L'utilisateur doit définir le maillage expérimental utilisé lors de l'expérience, ainsi que les positions des points ponctuels sur lesquels il souhaite projeter les efforts identifiés (commandabilité), avec les degrés de liberté associés :

1) translation si on ne souhaite identifier que des efforts ponctuels,
2) translation et rotation si on souhaite identifier des efforts et des moments ponctuels.

3 Lancement de CALC_ESSAI

La commande utilisée pour le lancement de la macro est la suivante :

```
CALC_ESSAI( INTERACTIF = 'NON',
       EXPANSION = _F(CALCUL = MODEAIR,
                      NUME_MODE_CALCUL = (1,2,3,4,5,6,7,8,),
                      MESURE = MODCRA,
                      NUME_MODE_MESURE = (1,2,3,4,5,6,7,8,)),
       IDENTIFICATION   = _F(ALPHA = 0.0,EPS = 0.0,
                             INTE_SPEC = SPECTR19,
                             OBSERVABILITE  = OBS,
                             COMMANDABILITE = COM,
                             BASE = MODEAIR),
       RESU_IDENTIFICATION = (_F(TABLE = CO("EFFORTS")),
                              _F(TABLE = CO("DEPL_PHY")),
                              _F(TABLE = CO("DEPL_SYN")),),
           );
```


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

3.1 Signification des mots-clé

3.1.1 Module « EXPANSION »

Le module « **EXPANSION** » permet de lancer la macro **MACRO_EXPANS,** qui effectue l'expansion modale de données expérimentales sur un modèle numérique. Elle utilise les opérateurs **EXTR_MODE**, **PROJ_MESU_MODAL**, **REST_GENE_PHYS** et **PROJ_CHAMP**.
Dans le présent cas-test, on étend les modes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de **MODCRA** en utilisant comme base d'expansion les modes 1, 3, 4, 5, 6, 7 de la base **MODEAIR**.

On crée en suite les nouveaux concepts aster **RESU_NX, RESU_EX, RESU_ET** et **RESU_RD** dans la macro-commande. En interactif, le nommage peut se faire de manière interactive.

Enfin, on prépare les MACS entre modes les concepts créés (opérateur **MAC_MODE**) et la visualisation des déformées avec gmsh (opérateur **IMPR_RESU, FORMAT='GMSH'**).

3.1.2 Module « FLUDELA »

Le module fludela a été supprimé en version 9 de Code_Aster. Il s'agissait d'une fonctionnalité permettant d'identifier les coefficients de masse, raideur et amortissement ajoutés par comparaison entre elles des bases modales des structures identifiées en air, en eau et en écoulement.
NB : à la fin du fichier de commande, on montre comment simuler la mise en eau et sous écoulement de la base de mode calculée,avec les opérateurs **DEFI_FLUI_STRU** et **CALC_FLUI_STRU** (hypothèse d'écoulement axial).

3.1.3 Module « IDENTIFICATION »

Le principe de l'onglet « **IDENTIFICATION** » est d'identifier un inter-spectre d'efforts à partir de la donnée de l'inter-spectre de déplacements mesurés sur une structure.

- inter-spectre : mot-clé **INTE_SPEC**, on prend **SPEC19**,
- base modale : mot-clé **BASE**, on prend **RESU_ET**, obtenu dans l'onglet « corrélation »,
- maillage d'observabilité : mot-clé **MODELE_MESURE**, on prend **MODPROJ1**,
- maillage de commandabilité : mot-clé **MODELE_COMMANDE**, on prend **MODPROJ2**,
- paramètres de régularisation : ils sont nuls dans le cadre de ce cas-test, mais ont vocation à être ajustés lorsqu'on utilise des données de mesures réelles (bruitées).

En mode non intéractif, la sortie du module d'identification est par défaut :

- l'inter-spectre des efforts identifiés (appelé « **EFFORTS** »),
- l'inter-spectre des déplacements en entrée (appelé « **DEPL_PHY** »),
- l'inter-spectre des déplacements re-synthétisés (appelé « **DEPL_SYNTH** », à comparer au précédent).

Les inter-spectres sont des structures de données **sd_table_fonction**. Attention : cette structure de données est réservée pour les inter-spectres de petite taille, idéalement pour des données mesurées (de l'ordre de quelques dizaines de points de mesure max). Elles ne sont pas adaptées aux données numériques de grande taille. Les matrices inter-spectrales sont en effet des matrices pleines carrées de taille nb_{ddl}^2 .

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

4 Vérification de la qualité des résultats

On vérifie la qualité de l'identification réalisée en calculant la valeur RMS de la différence entre les déplacements mesurés et les déplacements re-synthétisés.
La valeur de référence à atteindre est zéro, avec une précision de 10^{-3}, à comparer à la valeur de la RMS du déplacement mesuré (de l'ordre de 10^{1}).

Cette vérification peut être réalisée dans le cas réel où l'on ne connait pas les efforts appliqués (puisqu'on souhaite les identifier), et que le seul critère de qualité du résultat de problème inverse, est la capacité des efforts à retrouver les déplacements mesurés. Mais il ne faut pas oublier que plusieurs inputs différents peuvent conduire au même déplacement mesuré. Le choix de la localisation a priori des efforts est important. On rappelle que pour que le problème inverse soit sur-déterminé, il faut respecter la double-inégalité $nb_{mes} > nb_{modes} > nb_{act}$, ou nb_{mes} est le nombre de points de mesure, nb_{modes} est le nombre de modes utilisé dans la décomposition modale, et nb_{act} est le nombre de points de localisation des efforts choisi a priori.
Dans le cas où l'on cherche à identifier un effort fluide appliqué sur une structure linéique, on se contente en général d'identifier un effort « équivalent » appliqué sur un point de la structure.

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