SDLD313 - Système masse ressort à 2 degrés de liberté avec amortissement hystérétique

Résumé :

Ce problème unidirectionnel consiste à effectuer une analyse harmonique d'une structure mécanique composée d'un ensemble de masses-ressorts avec amortissement hystérétique et soumise à une excitation sinusoïdale. Ce test de mécanique des structures correspond à une analyse dynamique d'un modèle discret ayant un comportement linéaire. Il comprend trois modélisations.

Par l'intermédiaire de la modélisation A, on teste les éléments discrets en translation (masse, ressort), les options AMOR_HYST de AFFE_CARA_ELEM.
Par l'intermédiaire de la modélisation B, on teste les éléments de poutre (POU_D_T), les options AMOR_HYST de DEFI_MATERIAU,
Par l'intermédiaire de la modélisation C, on teste le calcul modal (CALC_MODES) complexe.

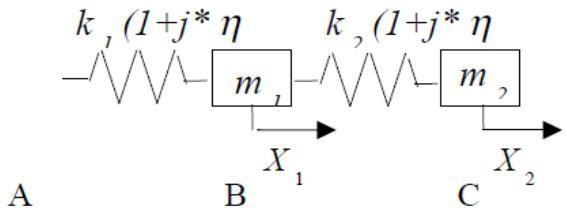
Les résultats obtenus pour les deux premières modélisations (champ de déplacement pour différentes fréquences d'excitation) sont en bon accord avec les résultats du guide VPCS. Les résultats obtenus pour la troisième modélisation sont en bon accord avec les résultats semi-analytiques.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Nous considérons le système représenté par le schéma ci-dessous :



Masses ponctuelles : m_1 et m_2

Raideurs de liaison : k_1 et k_2

Amortissement hystérétique : η_1 et η_2

1.2 Propriétés du matériau

Ressort de translation élastique linéaire

$K_1 = 28000\ N/m$
$K_2 = 28000\ N/m$

Masse ponctuelle

$M_1 = 10\ kg$
$M_2 = 5\ kg$

Amortissement hystérétique

$\eta_1 = 0.1$
$\eta_2 = 0.0$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :
Points A , B , C encastrés en DY et DZ
Points A : encastré $(DX = 0)$.

Chargement : Force concentrée sinusoïdale de fréquence variable au point C

$F_{x_4} = F_0 \sin \Omega t$
$\Omega = 2\pi f \quad 0\ Hz \leq f \leq 21.0543\ Hz$
$F_0 = constante = 100\mathrm{N}$

1.4 Conditions initiales

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

Sans objet pour l'étude du régime harmonique permanent.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Le système d'équations différentielles du second ordre couplées est de la forme :

$$M\,\ddot{u}+K\,u=F$$

avec $M=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & 10 & 0\\ 0 & 0 & 5\end{bmatrix}$ et $K=28000\begin{bmatrix}1+0.1\,j & -1-0.1\,j & 0\\ -1-0.1\,j & 2+0.1\,j & -1\\ 0 & -1 & 1\end{bmatrix}$

La solution ω à une excitation harmonique $\mathbf{F}=\mathbf{F_0}e^{j\,\omega t}\,(j^2=-1)$ est de la forme $u=u_0 e^{j\,\omega t}$, ce qui conduit à : $(\mathbf{K}-\mathbf{M}\,\omega^2)\,u_0=\mathbf{F_0}$

Ce système est résolu pour tout ω .

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacement selon x du point C pour certaines fréquences.
Fréquences propres et amortissement réduits.

2.3 Incertitudes sur la solution

Solution semi-analytique.

2.4 Références bibliographiques

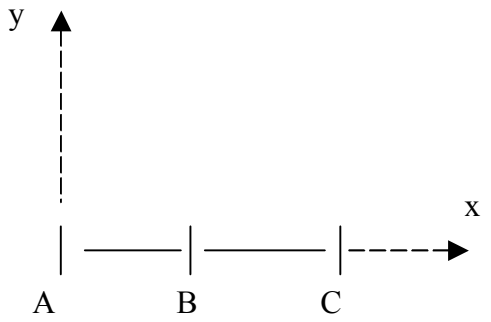
[1] J. PIRANDA : Notice d'utilisation du logiciel d'analyse modale MODAN - Version 0.2 (1990). Laboratoire de Mécanique Appliquée - Université de Franche Comté - Besançon (France).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément discret de rigidité en translation



Caractéristiques des éléments

DISCRET :	avec masses nodales	M_T_D_N
	et matrices de rigidité	K_T_D_L

Conditions aux limites :

en tous les nœuds	DDL_IMPO:	(TOUT:'OUI' DY: 0. , DZ: 0.)
au nœud extrémité A		(GROUP_NO: A DX: 0.)

Noms des nœuds :

Point $A = N1$

Point $B = N2$

Point $C = N3$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3

Nombre de mailles et types : 2 SEG2

3.3 Grandeurs testées et résultats

Parties réelle et imaginaire de la composante DX du déplacement du point C.

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

Fréquence	Référence	*Aster*	% Différence
0.00	7.1075E-03 –3.5360E-04	7.1074964639321E-03 –3.5360678925035E-04	1.08E-04
3.36870E+00	9.388216E-03 –7.31196E-04	9.3882649899583E-03 –7.3120610001073E-04	5.31E-04
6.48480E+00	–5.0269E-03 –7.07103E-02	–5.0349198344062E-03 –7.0708581052416E-02	0.012
8.00060E+00	–9.54931E-03 –2.2154E-03	–9.5490053525137E-03 –2.2153458282190E-03	0.003
1.18746E+01	–4.23259E-05 –3.57193E-04	–4.2266734408325E-05 –3.5719325443817E-04	0.016
1.34747E+01	2.35524E-03 –5.01765E-04	2.3552527130123E-03 –5.0176685846530E-04	5.34E-04
1.55802E+01	–1.6395374E-02 –6.871471E-02	–1.6420641488151E-02 –6.8704047854161E-02	0.039
2.10543E+01	–1.88977E-03 –5.53314E-06	–1.8897660707219E-03 –5.5328629109043E-06	2.08E-04

3.4 Remarques

Contenu du fichier résultats :

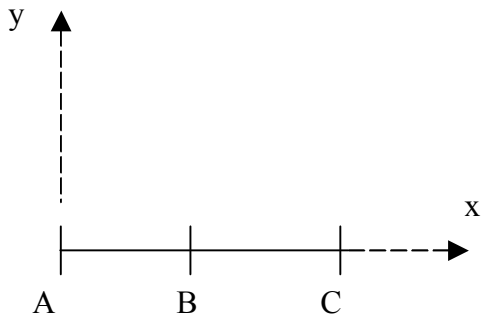
Les valeurs du déplacement de la composante DX du point C pour toutes les fréquences de 0 à $2.10543\mathrm{E}+01\mathrm{Hz}$ par pas de 3.3687 .

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément continu de type poutre en traction



Caractéristiques des éléments

DISCRET :	masses nodales	M_T_D_N
POUTRE :	matrices de rigidité	POU_D_T

Conditions aux limites :

en tous les nœuds DDL_IMPO: (TOUT:'OUI' DY: 0. , DZ: 0.)

au nœud extrémité A (GROUP_NO: A DX: 0.)

Noms des nœuds :

Point $A = N1$

Point $B = N2$

Point $C = N3$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3

Nombre de mailles et types : 2 SEG2

4.3 Grandeurs testées et résultats

Parties réelle et imaginaire de la composante DX du déplacement du point C.

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

Fréquence	Référence	*Aster*	% Différence
0.00	7.1075E-03 –3.5360E-04	7.1074964639321E-03 –3.5360678925035E-04	1.08E-04
3.36870E+00	9.388216E-03 –7.31196E-04	9.3882649899583E-03 –7.3120610001073E-04	5.31E-04
6.48480E+00	–5.0269E-03 –7.07103E-02	–5.0349198344064E-03 –7.0708581052416E-02	0.012
8.00060E+00	–9.54931E-03 –2.2154E-03	–9.5490053525137E-03 –2.2153458282190E-03	0.003
1.18746E+01	–4.23259E-05 –3.57193E-04	–4.2266734408325E-05 –3.5719325443817E-04	0.016
1.34747E+01	2.35524E-03 –5.01765E-04	2.3552527130123E-03 –5.0176685846530E-04	5.34E-04
1.55802E+01	–1.6395374E-02 –6.871471E-02	–1.6420641488152E-02 –6.8704047854161E-02	0.039
2.10543E+01	–1.88977E-03 –5.53314E-06	–1.8897660707219E-03 –5.5328629109043E-06	2.08E-04

4.4 Remarques

Contenu du fichier résultats :

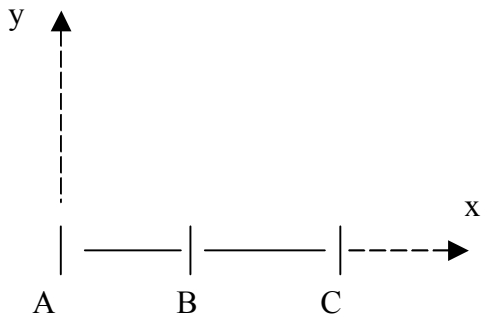
Les valeurs du déplacement de la composante DX du point C pour toutes les fréquences de 0 à $2.10543\mathrm{E}+01\mathrm{Hz}$ par pas de 3.3687 .

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Élément discret de rigidité en translation



Caractéristiques des éléments

DISCRET :	avec masses nodales	M_T_D_N
	et matrices de rigidité	K_T_D_L

Conditions aux limites :

en tous les nœuds	DDL_IMPO:	(TOUT:'OUI' DY: 0. , DZ: 0.)
au nœud extrémité A		(GROUP_NO: A DX: 0.)

Noms des nœuds :

$Point\ A = N1$	$A = N1$
$Point\ B = N2$	$B = N2$
$Point\ C = N3$	$C = N3$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3
Nombre de mailles et types : 2 SEG2

5.3 Grandeurs testées et résultats

Fréquences propres et amortissements réduits.

Fréquences propres :

Numéro d'ordre	Référence	*Aster*	% Différence
1	6.4537	6.44568	–0.124
2	15.5806	1.55612	–0.124

Amortissements réduits :

Numéro d'ordre	Référence	*Aster*	% Différence
1	0.05	0.05	–1.39E-14
2	0.05	0.05	2.78E-14

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

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont excellents.

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