

Manuel de Validation**Fascicule V2.01 : Dynamique linéaire des systèmes discrets****Document : V2.01.313**

SDLD313 - Système masse ressort à 2 DDL 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 modale (MODE_ITER_SIMULT) complexe.

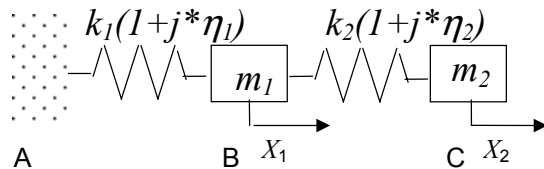
Sur les deux premières modélisations, on teste la définition d'une force d'excitation ponctuelle harmonique et l'opérateur de calcul de réponse harmonique (DYNA_LINE_HARM [U4.54.02]). Par ailleurs, on teste plusieurs opérateurs de post-traitement : RECU_FONCTION [U4.62.03], TEST_FONCTION [U4.72.02], RECU_CHAMP [U4.62.01].

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.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

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



Masses ponctuelles :	m_1 & m_2
Raideurs de liaison :	k_1 & k_2
Amortissement hystérétique :	η_1 & 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

$$\text{Point C} \quad F_{x_4} = F_0 \sin \Omega t \quad \Omega = 2\pi f \quad 0 \text{ Hz} \leq f \leq 21.0543 \text{ Hz}$$

$$F_0 = \text{constante} = 100 \text{ N}$$

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'étude du régime harmonique permanent.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

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

$$M\ddot{u} + Ku = F$$

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

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

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.

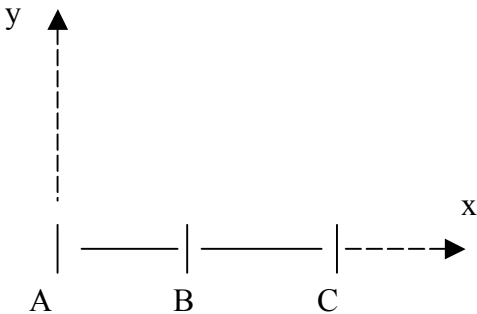
2.4 Références bibliographiques

- [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).

3Modélisation A

3.1Caractéristiques de la modélisation

Elément discret de rigidité en translation



Caractéristiques des éléments

DISCRET :	avec masses nodales et matrices de rigidité	M_T_D_N K_T_D_L
-----------	--	--------------------

Conditions 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

3.2Caractéristiques du maillage

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

3.3Fonctionnalités testées

Commandes			
AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_T_D_L'
		GROUP_MA	AMOR_HYST
			'A_T_D_L'
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	
	FORCE_NODALE	NOEUD	
DEFI_LIST_REEL	DEBUT		
	INTERVALLE		
RECU_FONCTION	LIST_FREQ		

3.4 Grandeurs testées et résultats

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

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

3.5 Remarques

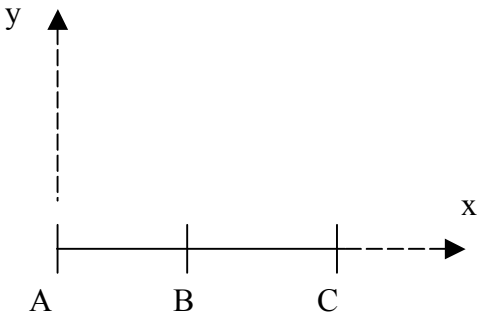
Contenu du fichier résultats :

Les valeurs du déplacement de la composante Δx du point C pour toutes les fréquences de 0 à 2.10543E+01Hz par pas de 3.3687.

4Modélisation B

4.1Caractéristiques de la modélisation

Elément continu de type poutre en traction



Caractéristiques des éléments

DISCRET :

POUTRE :

masses nodales

matrices de rigidité

M_T_D_N

POU_D_T

Conditions limites :

en tous les nœuds

au nœud extrémité A

DDL_IMPO:

(TOUT: 'OUI' DY: 0. , DZ: 0.)

(GROUP_NO: A DX: 0.)

Noms des nœuds :

Point A = N1

Point B = N2

Point C = N3

A = N1

B = N2

C = N3

4.2Caractéristiques du maillage

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

4.3Fonctionnalités testées

Commandes			
AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'M_T_D_L'
DEFI_MATERIEU	ELAS		AMOR_HYST
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'POU_D_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	
	FORCE_NODALE	NOEUD	
CALC_MATR_ELEM	RIGI_MECA_HYST		
DEFI_LIST_REEL	DEBUT		
	INTERVALLE		
RECU_FONCTION	LIST_FREQ		

4.4 Grandeurs testées et résultats

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

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

4.5 Remarques

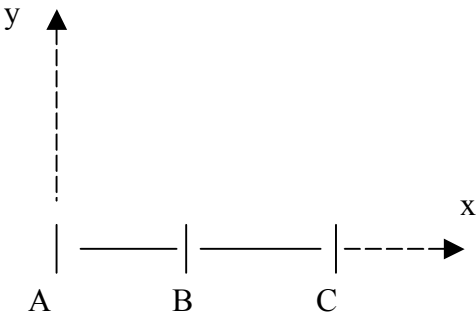
Contenu du fichier résultats :

Les valeurs du déplacement de la composante Δx du point C pour toutes les fréquences de 0 à 2.10543E+01Hz par pas de 3.3687.

5Modélisation C

5.1Caractéristiques de la modélisation

Elément discret de rigidité en translation



Caractéristiques des éléments

DISCRET :

avec masses nodales et matrices de rigidité

M_T_D_N
K_T_D_L

Conditions 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

5.2Caractéristiques du maillage

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

5.3Fonctionnalités testées

Commandes			
AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_T_D_L'
		GROUP_MA	AMOR_HYST
			'A_T_D_L'
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	
	FORCE_NODALE	NOEUD	
MODE_ITER_SIMULT	SORENSEN	'COMPLEXE'	
DEFI_LIST_REEL	DEBUT		
	INTERVALLE		
RECU_FONCTION	LIST_FREQ		

5.4 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

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont excellents.