

Manuel de Validation**Fascicule V2.01 : Dynamique linéaire des systèmes discrets****Document : V2.01.022**

SDLD22 - Transitoire d'un système masse-ressort à 8 ddl avec amortisseur visqueux

Résumé :

La structure mécanique considérée est composée d'un ensemble unidirectionnel linéaire de masses-ressorts avec amortisseurs visqueux et soumise à une excitation transitoire de type créneau.

Deux modélisations sont développées. La première ne retient que le degré de liberté en translation axiale des masses, la deuxième considère la translation axiale et la rotation.

Ce problème permet de tester :

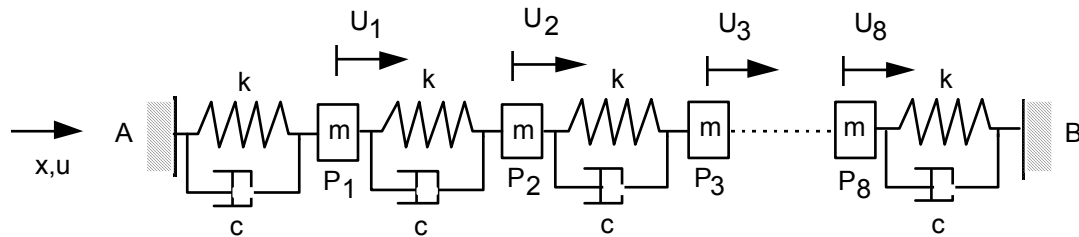
- les éléments discrets (masses, ressorts, amortisseurs) en translation-rotation,
- la définition d'une force d'excitation ponctuelle transitoire,
- l'opérateur de calcul de réponse transitoire par recombinaison modale (DYNA_TRAN_MODAL [U4.53.21]), ainsi que la reprise avec des conditions initiales (modélisation A),
- l'opérateur de calcul de réponse transitoire directe avec le schéma à pas de temps adaptatif (DYNA_LINE_TRAN [U4.53.02]) (modélisation B).

Par ailleurs, on teste plusieurs opérateurs de post-traitement : RECU_FONCTION [U4.32.03], TEST_FONCTION [U4.92.02], RECU_CHAMP [U4.71.01].

Les résultats obtenus (champ de déplacements, vitesses) sont en bon accord avec les résultats du guide VPCS, pris pour solution de référence.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Masses ponctuelles : $m_{P_1} = m_{P_2} = m_{P_3} = \dots = m_{P_8} = m$

Raideurs de liaison : $k_{AP_1} = k_{P_1P_2} = k_{P_2P_3} = \dots = k_{P_8B} = k$

Amortissement visqueux : $C_{AP_1} = C_{P_1P_2} = C_{P_2P_3} = \dots = C_{P_8B} = c$

1.2 Propriétés de matériaux

Ressort de translation élastique linéaire	$k =$	10^5 N/m
Masse ponctuelle	$m =$	10 kg
Amortissement visqueux unidirectionnel	$c =$	50 N/(m/s)

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites : points A et B encastres ($u = 0$).

Chargement : force concentrée au point P_4 en forme de créneau :

$$\text{Point } P_4 \quad F_{x_4} = F(t) \quad \begin{matrix} 0 \leq t \leq 1 \text{ s} & F(t) = 1 \text{ N} \\ t > 1 \text{ s} & F(t) = 0. \end{matrix}$$

$$\text{Autres points } P_i \quad F_{x_i} = 0.$$

1.4 Conditions initiales

Pour $t = 0$, en tout point, $u = 0$ et $\frac{du}{dt} = 0$.

2 Solution de référence

La solution de référence est issue du guide VPCS.

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

L'intégration numérique retenue pour obtenir cette solution repose sur un schéma d'intégration par différences finies, du type méthode β -Newmark améliorée, avec pas de temps de 0.001s [bib2].

$$\left[\frac{1}{\Delta t^2} \mathbf{M} + \frac{1}{2\Delta t} \mathbf{C} + \frac{1}{3} \mathbf{K} \right] \mathbf{u}_{n+2} = \frac{1}{3} (\mathbf{F}_{n+2} + \mathbf{F}_{n+1} + \mathbf{F}_n) + \left[\frac{2}{\Delta t^2} \mathbf{M} - \frac{1}{3} \mathbf{K} \right] \mathbf{u}_{n+1} + \left[-\frac{1}{\Delta t^2} \mathbf{M} + \frac{1}{2\Delta t} \mathbf{C} - \frac{1}{3} \mathbf{K} \right] \mathbf{u}_n$$

Le déplacement du point 4 en fonction du temps a l'allure suivante :

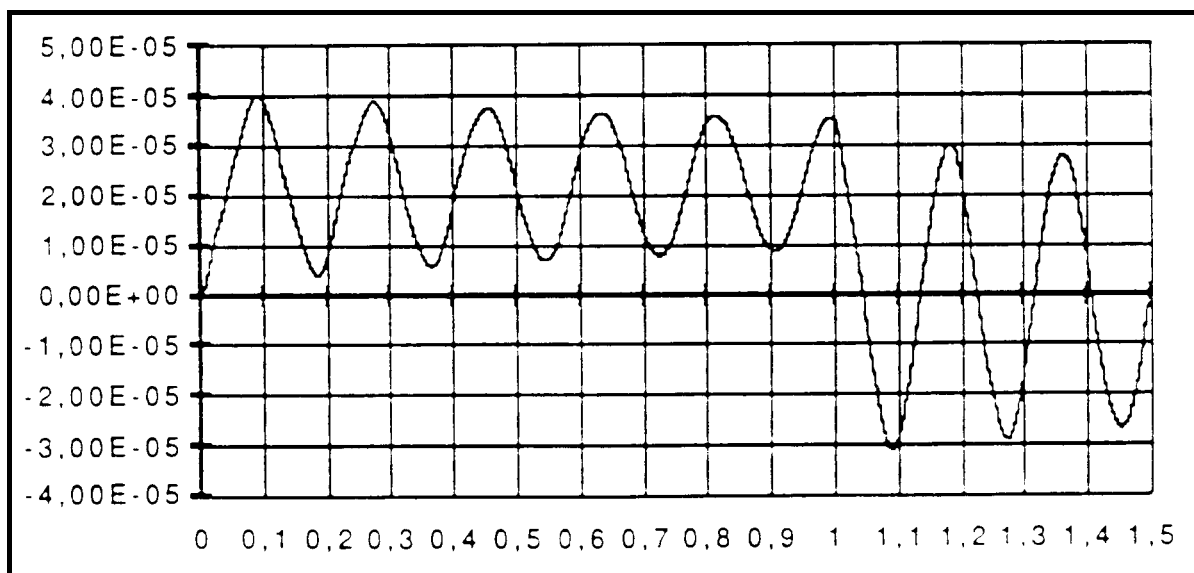


Figure 2.1-a : Point 4 : déplacement en fonction du temps

2.2 Résultats de référence

Déplacement selon x du point P₄.

2.3 Incertitude sur la solution

Précision du schéma de Newmark.

2.4 Références bibliographiques

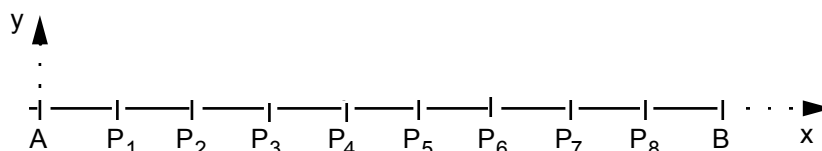
- [1] Fiche SDLD22/90 de la commission VPCS.
- [2] NEWMARK N. M. : "A method of computation for structural dynamics", proceeding ASCE J. Eng. Mech. Div E-3, July 1959, pp 67-94.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation permet la validation de l'intégration par recombinaison modale.

Élément discret de rigidité en translation



Caractéristiques des éléments

DISCRET avec	masses nodales	M_T_D_N	M_T_N
	matrices de rigidité	K_T_D_L	K_T_L
	matrices d'amortissement	A_T_D_L	A_T_L

Blocage des DDL en Y et Z de tous les nœuds

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

Conditions aux limites aux nœuds extrêmes

(GROUP_NO: AB DX: 0.)

Noms des nœuds :

Point A = N1 P₁ = N2
 Point B = N10 P₂ = N3

 P₈ = N9

Recombinaison modale avec tous les modes (soit 8),
 schéma d'EULER, reprise d'un premier calcul à $t = 0.455$ s
 pas de temps utilisé : $\Delta t = 1. E-3$ s.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 10

Nombre de mailles et types : 9 SEG2

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_T_D_L'
		GROUP_MA	'A_T_D_L'
		GROUP_NO	'M_T_D_N'
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	
	FORCE_NODALE	NOEUD	
MODE_ITER_INV	AJUSTE		
DYNA_TRAN_MODAL	MATR_AMOR	EULER	
	PAS	0.001	
DEFI_LIST_REEL	DEBUT		
	INTERVALLE		
RECU_FONCTION	LIST_INST		
REST_BASE_PHYS	INTERPOL	'LIN'	

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Temps	Référence	Aster	% Différence
0.09	4.02 E-5	4.022 E-5	0.05
0.18	4.22 E-6	3.973 E-6	-5.8
0.27	3.89 E-5	3.902 E-5	0.32
0.37	5.98 E-6	5.750 E-6	-3.83
0.46	3.73 E-5	3.746 E-5	0.43
0.54	7.14 E-6	6.977 E-6	-2.27
0.63	3.64 E-5	3.646 E-5	0.16
0.72	8.07 E-6	7.923 E-6	-1.81
0.81	3.58 E-5	3.586 E-5	0.18
0.9	8.76 E-6	8.861 E-6	-1.12
0.99	3.52 E-5	3.531 E-5	0.317
1.08	-3.08 E-5	-3.072 E-5	-0.23
1.18	3.02 E-5	3.014 E-5	-0.17
1.27	-2.88 E-5	-2.878 E-5	0.06
1.36	2.80 E-5	2.791 E-5	0.31
1.45	-2.65 E-5	-2.652 E-5	0.09

4.2 Remarques

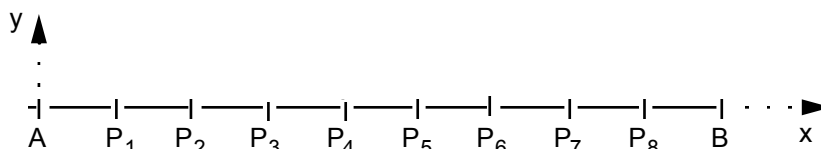
Les minima relatifs ($t = 0.18, 0.54, \dots$) n'ont pas une très bonne précision pendant la phase d'excitation avec un pas $\Delta t = 0.001$.

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation permet, outre une nouvelle utilisation de la recombinaison modale, la validation de l'intégration directe à pas adaptatif.

Elément discret de rigidité en translation et rotation



Caractéristiques des éléments :

DISCRET :	avec masses nodales	M_TR_D_N	M_TR_N
	et matrices de rigidité	K_TR_D_L	K_TR_L
	et matrices d'amortissement	A_TR_D_L	A_TR_L

Conditions aux limites et directions bloquées :

en tous les nœuds	DDL_IMPO :	(TOUT : 'OUI' DY : 0. , DZ : 0.)
		(TOUT : 'OUI' DRX : 0. DRY : 0 DRZ : 0)
aux nœuds extrémités		(GROUP_NO : AB DX : 0.)

Intégration directe par DYNA_LINE_TRAN, algorithme ADAPT, pas de temps max 10^{-3} s.

Intégration par recombinaison modale sur tous les modes, schéma d'Euler.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 10

Nombre de mailles et types : 9 SEG2

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	GROUP_MA	'K_TR_D_L'
		GROUP_MA	'A_TR_D_L'
		GROUP_MA	'M_TR_D_N'
AFFE_MODELE	TOUT	'MECANIQUE'	'DIS_T'
	GROUP_NO		'DIS_T'
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	GROUP_NO	
	FORCE_NODALE	NOEUD	
CALC_MATR_ELEM	OPTION	'MASS_MECA_DIAG'	
MODE_ITER_INV	AJUSTE		
DYNA_TRAN_MODAL	MATR_AMOR		
	PAS	0.001	
RECU_FONCTION	LIST_INST		
REST_BASE_PHYS	INTERPOL	'LIN'	
DYNA_LINE_TRAN	ADAPT		

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Transitoire par recombinaison modale

Temps	Référence	Aster	% Différence
0.09	4.02 E-5	4.022 E-5	0.05
0.18	4.22 E-6	3.973 E-6	-5.8
0.27	3.89 E-5	3.902 E-5	0.32
0.37	5.98 E-6	5.750 E-6	-3.83
0.46	3.73 E-5	3.746 E-5	0.43
0.54	7.14 E-6	6.977 E-6	-2.27
0.63	3.64 E-5	3.646 E-5	0.16
0.72	8.07 E-6	7.923 E-6	-1.81
0.81	3.58 E-5	3.586 E-5	0.18
0.9	8.76 E-6	8.861 E-6	-1.12
0.99	3.52 E-5	3.531 E-5	0.317
1.08	-3.08 E-5	-3.072 E-5	-0.23
1.18	3.02 E-5	3.014 E-5	-0.17
1.27	-2.88 E-5	-2.878 E-5	0.06
1.36	2.80 E-5	2.791 E-5	0.31
1.45	-2.65 E-5	-2.652 E-5	0.09

Transitoire direct

Temps	Référence	Aster	% Différence
0.09	4.02 E-5	4.022 E-5	0.06
0.18	4.22 E-6	4.000 E-6	-5.19
0.27	3.89 E-5	3.900 E-5	0.27
0.37	5.98 E-6	5.764 E-5	-3.60
0.46	3.73 E-5	3.743 E-5	0.36
0.54	7.14 E-6	6.990 E-6	-2.10
0.63	3.64 E-5	3.645 E-5	0.14
0.72	8.07 E-6	7.936 E-6	-1.64
0.81	3.58 E-5	3.586 E-5	0.17
0.9	8.76 E-6	8.663 E-6	-1.09
0.99	3.52 E-5	3.531 E-5	0.32
1.08	-3.08 E-5	-3.078 E-5	-0.04
1.18	3.02 E-5	3.023 E-5	0.11
1.27	-2.88 E-5	-2.884 E-5	0.15
1.36	2.80 E-5	2.798 E-5	-0.03
1.45	-2.65 E-5	-2.657 E-5	0.28

6.2 Remarques

Les modélisations A et B conduisent aux mêmes résultats.

Les minimums relatifs ($t = 0.18, 0.54, \dots$) n'ont pas une très bonne précision pendant la phase d'excitation avec un pas $\Delta t = 0.001$.

7 Synthèse des résultats

Ce test est à compléter en utilisant :

- un pas de temps $\Delta t = 1. E - 4$,
- d'autres schémas d'intégration.