

Manuel de Validation**Fascicule V5.01 : Dynamique non linéaire des systèmes discrets****Document V5.01.120**

SDND120 - Réponse transitoire d'un dispositif anti-sismique

Résumé

Un dispositif anti-sismique a été testé sur une table vibrante. Ce cas test a pour objectif de reproduire numériquement cet essai. Le dispositif est modélisé par deux systèmes masse-ressort non amortis, séparés par une non linéarité de type dispositif anti-sismique.

On teste l'élément discret en traction-compression, le calcul des modes propres, des modes statiques et le calcul de la réponse transitoire par recombinaison modale non linéaire de la structure soumise à un accélérogramme. La non linéarité est de type ANTI_SISM.

Le résultat de référence est un programme MATLAB.

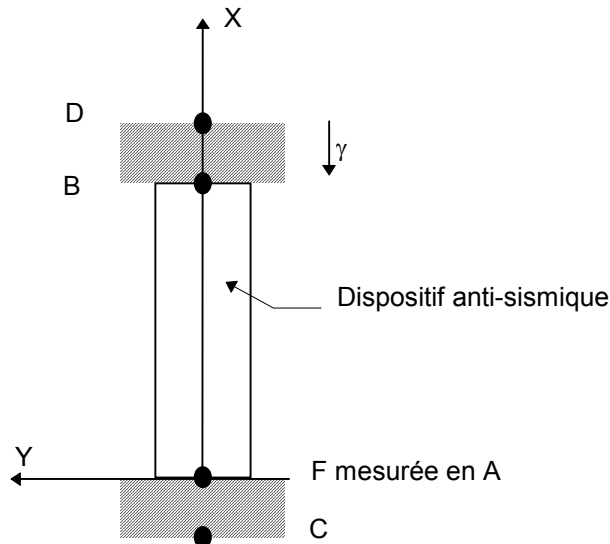
Les résultats obtenus sont en très bon accord avec les résultats de référence.

On compare également les résultats calculés aux efforts et déplacements mesurés sur un dispositif expérimental (comparaison qualitative uniquement).

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Un dispositif anti-sismique est placé entre deux mâchoires (rectangles hachurés sur la figure suivante) elles-mêmes posées sur une table vibrante soumise à une accélération imposée dans la direction X. Il est modélisé par une non linéarité de type « dispositif anti-sismique » placée de part et d'autre d'un système masse-ressort.



1.2 Propriétés de matériaux

Les mâchoires qui insèrent le dispositif sont modélisées chacune par un système masse-ressort :

raideur de liaison : $k = 10^{10}$ N/m ;
masse ponctuelle : $m = 25$ kg.

Le dispositif testé est un dispositif anti-sismique de type JARRET. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- $K1 = 6 \cdot 10^6$ N/m (RIGI_K1),
- $K2 = 0,53 \cdot 10^6$ N/m (RIGI_K2),
- $P_y = 1200$ (SEUIL_FX),
- $C = 0,07 \cdot 10^5$ (C),
- $\alpha = 0,2$ (PUIS_ALPHA),
- $x_{\max} = 0,03$ m (DX_MAX).

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites

Les seuls déplacements autorisés sont les translations selon l'axe X. Les points C et D sont encastres : $dx = dy = dz = 0$. Les autres points sont libres en translation selon $dx : dy = dz = 0$.

Chargement

Le point D est soumis à une accélération transversale dans la direction x $\gamma_1(t) = 0,66 \sin(\omega t)$ m/s² avec $\omega = 2 \pi$, le point C est fixe.

1.4 Conditions initiales

A l'instant initial, le dispositif est au repos : à $t = 0$, $dx(0) = 0$, $dx/dt(0) = 0$ en tout point.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

On compare les valeurs numériques aux relevés expérimentaux et à la solution prise pour référence obtenue grâce à un script matlab.

L'expression de la force de dissipation dans un tel dispositif est fournie par la formule suivante [Peckan] :

$$F_D = K_2 x + \frac{(K_1 - K_2) x}{\sqrt{1 + \left(\frac{K_1 x}{P_y} \right)^2}} + C \operatorname{sign}(\dot{x}) \left| \dot{x} \frac{x}{x_{\max}} \right|^\alpha.$$

script matlab :

```
%cas test pour dispositif anti-sismique
clear;
close all;
%----calcul direct----
%initialisation des parametres de calcul
t0 = 0;
tfinal = 1.;
pas = 0.01 ;
tspan = t0 : pas : tfinal ;
y0 = [0 0 0 0];
y0 = y0';
options = [] ;
%integration directe
[t,y]
ode23('fonctsism1',tspan,y0,options);
depl1 = y(:,1:1);
depl2 = y(:,2:2);
vit1 = y(:,3:3);
vit2 = y(:,4:4);

kk1 = 6.e6;
kk2 = 0.53e6;
py = 1200;
c = 0.07e5;
xmax = 0.03;
alpha = 0.2;

for tt = 1:length(tspan)
    depl21 = depl2(tt)-depl1(tt);
    vit21 = vit2(tt)-vit1(tt);
    g1n = (kk1-kk2)*depl21;
    g1d = sqrt(1+((kk1/py)*depl21)^2);
    g1 = g1n/g1d;
    g2
    c*sign(vit21)*(abs(vit21*depl21/xmax))^
    alpha;
    g0 = kk2*depl21;
    f(tt) = g0 + g1 + g2;
end
f = f';
depl = depl2 - depl1 ;

function yp = fonctsism1(t,y,flag)
% initialisation provisoire
m1 = 25.;
m2 = 25.;
k1 = 1.e10;
k2 = 1.e10;
kk1 = 6.e6;
kk2 = 0.53e6;
py = 1200;
c = 0.07e5;
xmax = 0.03;
alpha = 0.2;
omega = 2*pi;
%
%----resolution directe----
x0 = (0.66*sin(omega*t))/(omega*omega);
depl21 = y(2)-y(1);
vit21 = y(4)-y(3);
g1n = (kk1-kk2)*depl21;
g1d = sqrt(1+((kk1/py)*depl21)^2);
g1 = g1n/g1d;
g2
c*sign(vit21)*(abs(vit21*depl21/xmax))^
alpha;
g0 = kk2*depl21;
gg = g0 + g1 + g2;

%creation des matrices d etat
u = [1 0 0 0 ;
      0 1 0 0 ;
      0 0 m1 0 ;
      0 0 0 m2];
a = [0 0 -1 0 ;
      0 0 0 -1 ;
      k1 0 0 0 ;
      0 k2 0 0 ];
g = [0 ;
      0 ;
      gg + k1*x0;
      -gg ];
%
%calcul de la derivee
yp = -inv(u)*a*y + inv(u)*g;
```

2.2 Résultats de référence

Valeurs maximale et RMS des déplacements relatifs et absolus en B, et de l'effort dû au dispositif anti-sismique.

2.3 Incertitude sur la solution

L'excitation imposée au système masse-ressort est une approximation du déplacement imposé au dispositif expérimental.

L'incertitude sur la solution de référence MATLAB est faible.

2.4 Références bibliographiques

- [1] G. PEKCAN, J.B. MANDER, M. EERI : The seismic response of a 1 : 3 scale model R.C. structure with elastomeric spring dampers. - Earthquake Spexctra, vol. 11, N°2, p.249-267 - mai 1995

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

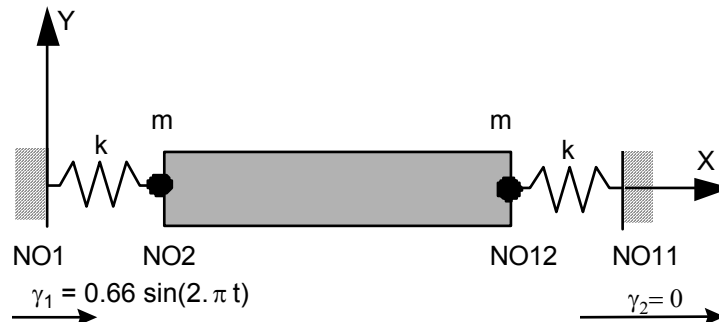


Figure 3.1-a : Modélisation du dispositif anti sismique

Les mâchoires qui insèrent le dispositif sont modélisées chacune par un élément discret à 3 degrés de liberté `DIS_T`.

Le dispositif anti-sismique est simulé par l'intermédiaire du mot clé facteur `ANTI_SISM` de l'opérateur `DYNA_TRAN_MODAL`.

Le nœud NO1 est soumis à une accélération imposée $\gamma_1(t)$, le nœud NO11 à $\gamma_2(t) = 0$. On calcule le déplacement relatif du nœud NO2 et son déplacement absolu.

L'intégration temporelle est réalisée avec l'algorithme d'Euler et un pas de temps de $1,25 \cdot 10^{-5}$ seconde. Les calculs sont archivés tous les 80 pas de temps.

On considère un amortissement réduit ξ_i nul pour l'ensemble des deux modes calculés.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué de 4 noeuds et de 4 mailles de type `DIS_T`.

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

<code>AFFE_MODELE</code>	<code>GROUP_MA</code>	<code>'MECANIQUE'</code>	<code>'DIS_T'</code>
<code>AFFE_CARA_ELEM</code>	<code>DISCRET</code>	<code>GROUP_NO</code>	<code>M_T_D_N</code>
		<code>GROUP_MA</code>	<code>K_T_D_L</code>
<code>AFFE_CHAR_MECA</code>	<code>DDL_IMPO</code>	<code>GROUP_NO</code>	
<code>MACRO_MATR_ASSE</code>			
<code>MODE_ITER_SIMULT</code>	<code>METHODE</code>	<code>JACOBI</code>	
	<code>CALC_FREQ</code>	<code>BANDE</code>	
<code>MODE_STATIQUE</code>	<code>DDL_IMPO</code>		
<code>FORMULE</code>			
<code>CALC_FONC_INTERP</code>			
<code>CALC_CHAR_SEISME</code>	<code>MODE_STAT</code>		
<code>MACRO_PROJ_BASE</code>			
<code>DYNA_TRAN_MODAL</code>	<code>EXCIT</code>	<code>MULT_APPUI</code>	<code>'OUI'</code>
	<code>METHODE</code>	<code>EULER</code>	
	<code>ANTI_SISM</code>		
<code>RECU_FONCTION</code>	<code>RESU_GENE</code>	<code>'OUI'</code>	
	<code>MULT_APPUI</code>	<code>'NON'</code>	
<code>CALC_FONCTION</code>	<code>MAX</code>		
	<code>RMS</code>		

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées de la modélisation A

On calcule le déplacement absolu du nœud NO2 : NO2_DX_A et l'effort dans le dispositif anti-sismique. On compare les valeurs à celles calculées par une fonction MATLAB.

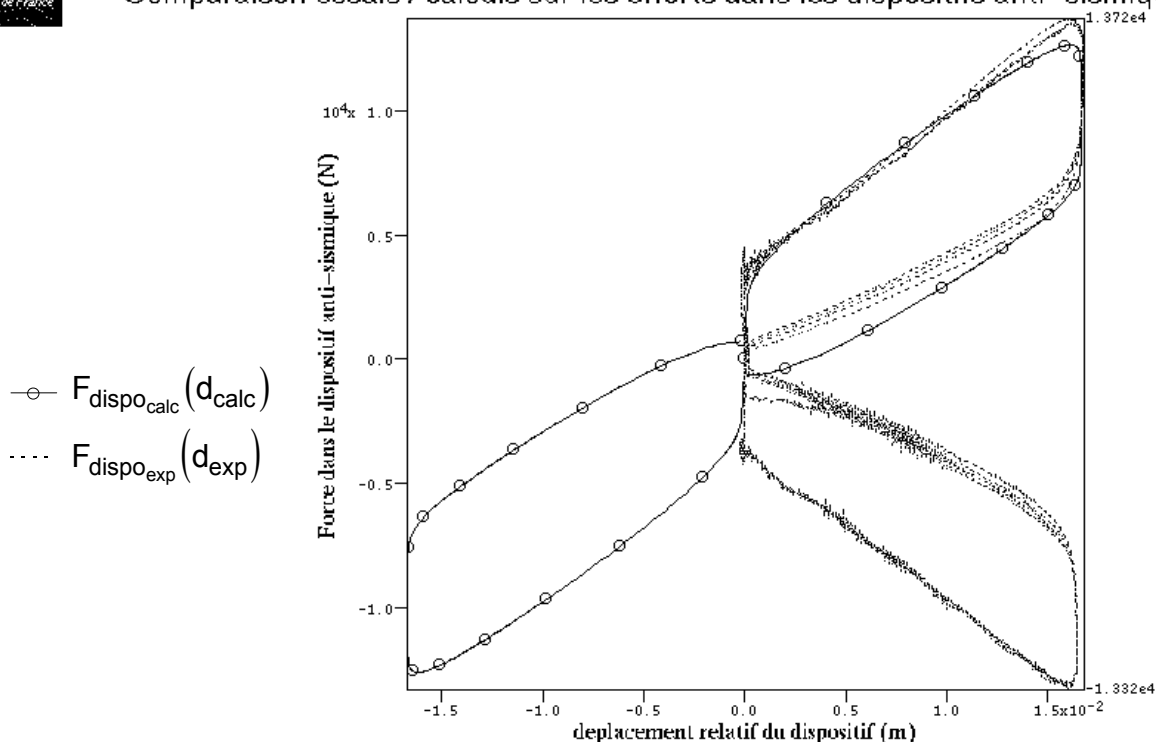
	Référence	Code_Aster	Erreur absolue (%)
Effort max (N)	1,266E+04	1,266E+04	-0,003
Effort - RMS	7,912E+03	7,894E+03	-0,232
NO2_DX_A max (m)	1,670E-02	1,672E-02	0,101
NO2_DX_A - RMS	1,180E-02	1,183E-02	0,276
NO2_DX_R max (m)	1,266E-06	1,264E-06	-0,129
NO2_DX_R - RMS	7,798E-07	7,894E-07	1,239

On trace l'évolution de la force qui s'exerce dans le dispositif en fonction du déplacement absolu du noeud NO2. On compare aux grandeurs mesurées.



Département Acoustique et Mécanique Vibratoire

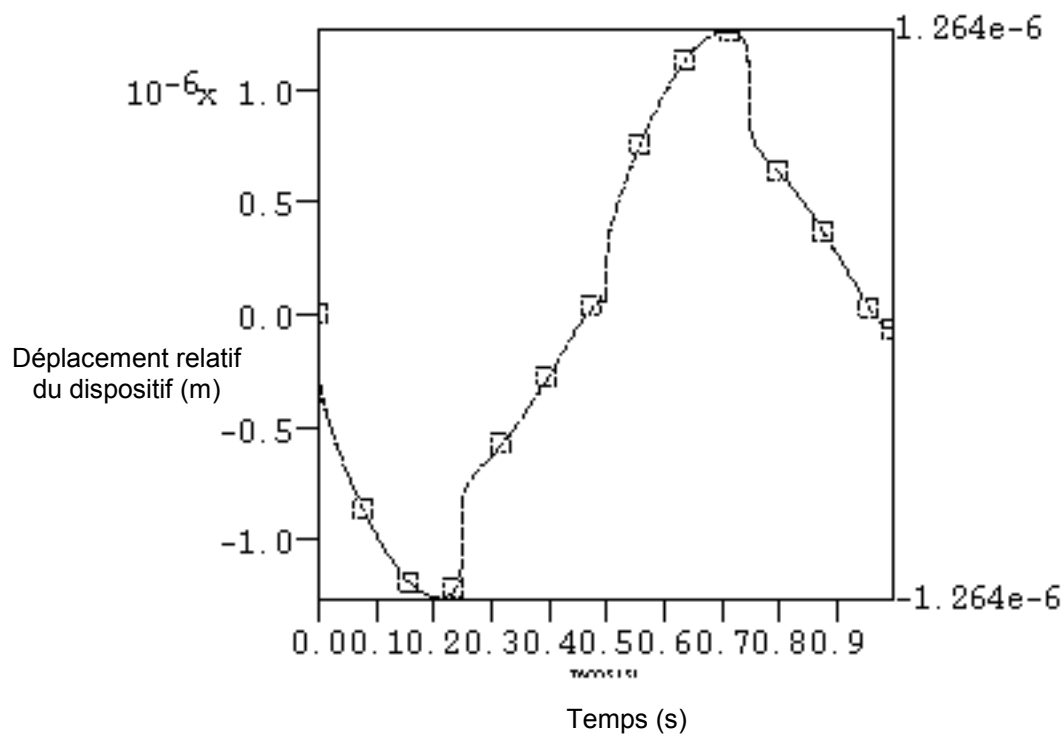
Comparaison essais / calculs sur les efforts dans les dispositifs anti-sismiques



a09xf25/1 / 08 (1) ED-70 DER - 002 - 1098

Compte tenu de l'approximation de l'excitation imposée à la table vibrante en un sinus, le modèle implanté dans le Code_Aster est représentatif du dispositif testé.

On trace également l'évolution temporelle du déplacement du dispositif :



4.2 Paramètres d'exécution

Version : STA5.02
Machine : SGI ORIGIN2000
Temps CPU User : 100,4 secondes

5 Synthèse des résultats

Les résultats, en terme d'efforts et de déplacements, obtenus avec le *Code_Aster* sont comparables à ceux calculés par un script MATLAB. Les différences relevées entre les grandeurs calculées et les grandeurs expérimentales sont liées à l'approximation réalisée sur l'excitation.