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.

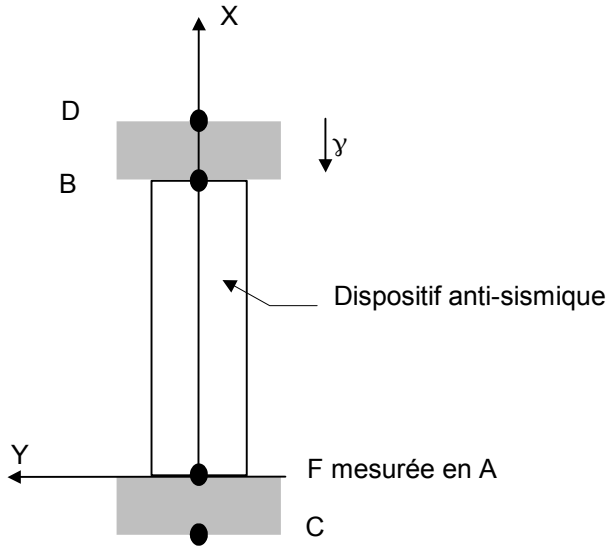
On compare également les résultats calculés aux efforts et déplacements mesurés sur un dispositif expérimental (comparaison qualitative uniquement).

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

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 :

- $K1 = 6.10^{6} N/m$ (RIGI_K1),
- $K2 = 0{,}53\,10^{6} N/m$ (RIGI_K2),
- $Py = 1200$ (SEUIL_FX),
- $C = 0{,}07\,10^{5}$ (C),
- $alpha = 0{,}2$ (PUIS_ALPHA),
- $xmax = 0{,}03\,m$ (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 encastrés : $dx = dy = dz = 0$. 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 $\gamma_1(t) = 0{,}66 \sin(\omega t)\, m/s^2$ 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.

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

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] :

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

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 = 1:1: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;
```


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

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

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

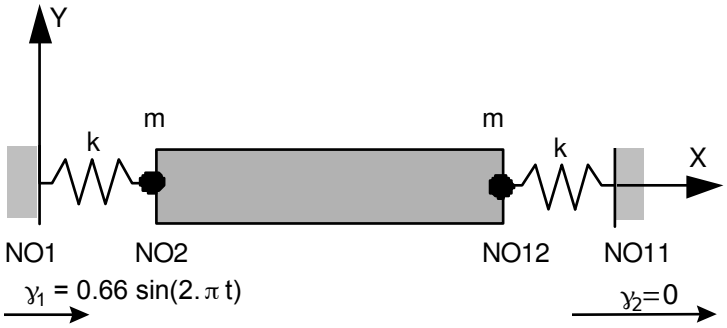


Figure 3.1-a : Modélisation du dispositif anti sismique

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_VIBRA.

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 $1{,}25.10^{-5}$ 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 nœuds et de 4 mailles de type DIS_T.

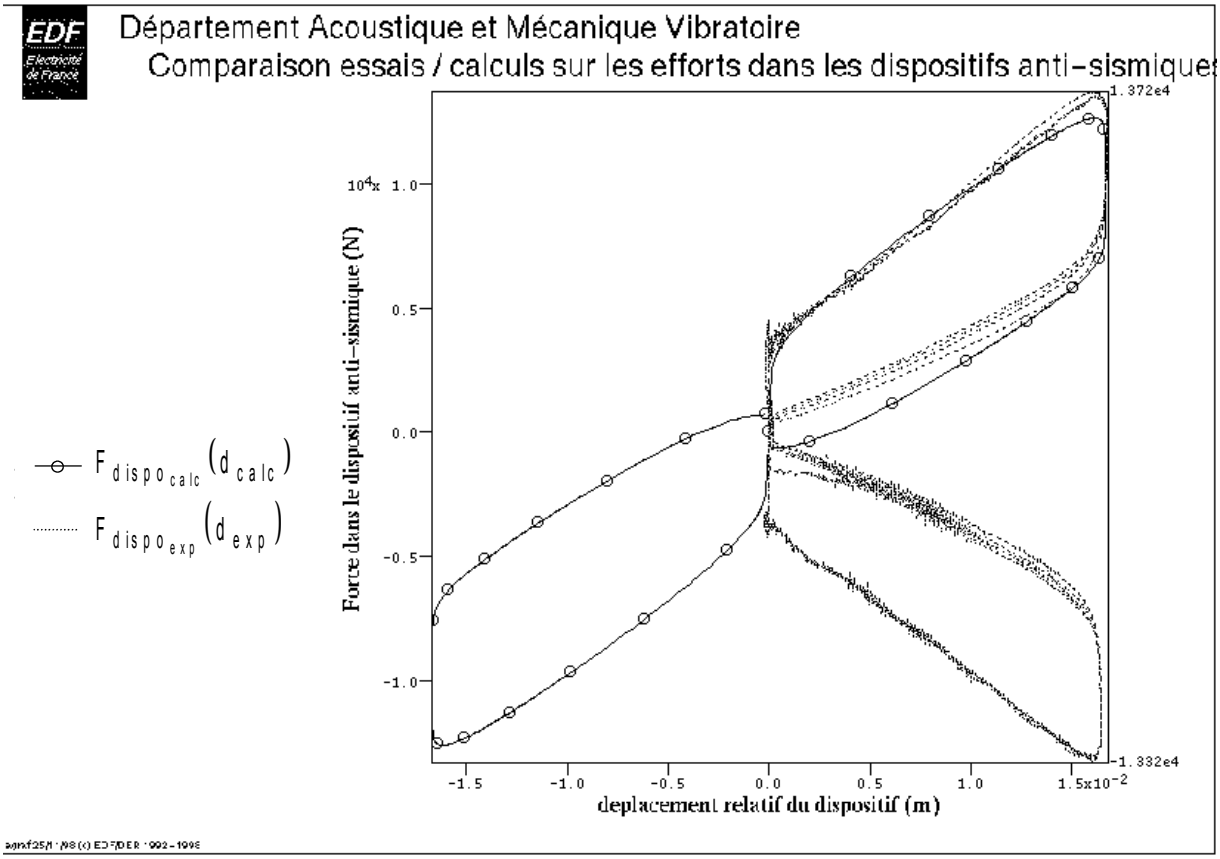
3.3 Grandeurs testées et résultats

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
Effort max (N)	1,266E+04
Effort – RMS	7,912E+03
NO2_DX_A max (m)	1,670E–02
NO2_DX_A – RMS	1,180E–02
NO2_DX_R max (m)	1,266E–06
NO2_DX_R – RMS	7,798E–07

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

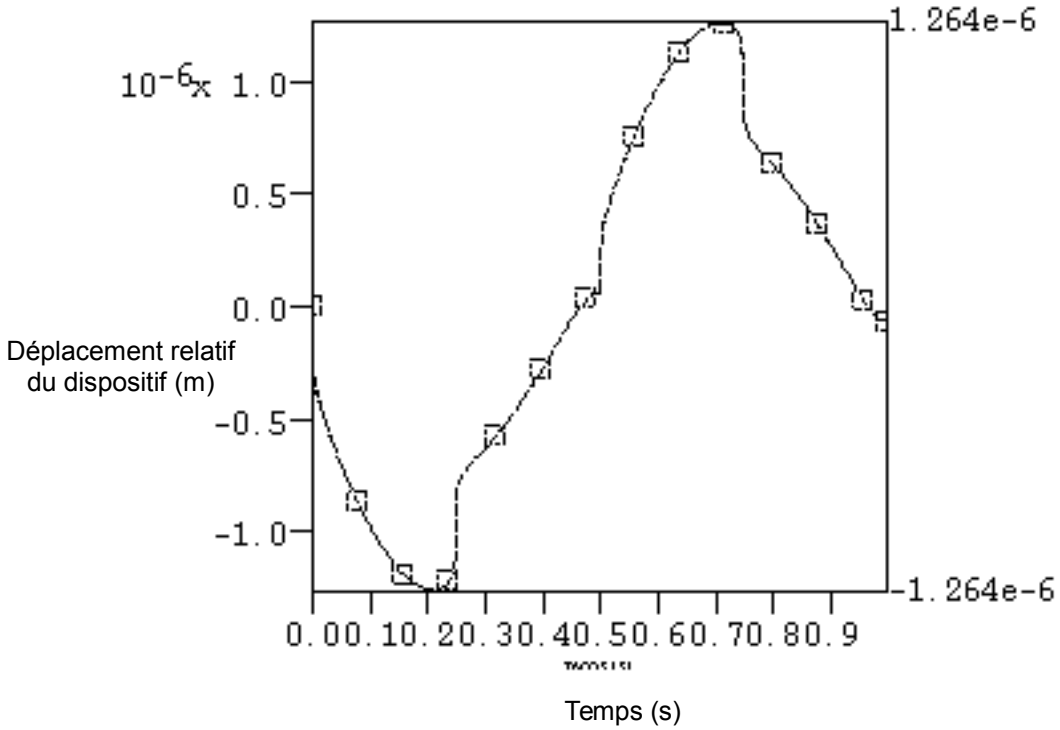
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)



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

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

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



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

4 Synthèse des résultats

Les résultats, en terme d'efforts et de déplacements, obtenus avec *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.

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