

**Manuel de Validation****Fascicule V5.01 : Dynamique non linéaire des systèmes discrets****Document V5.01.103**

# **SDND103 - Poteau soumis à une sollicitation dynamique axiale**

---

**Résumé**

Il s'agit de calculer la réponse d'un poteau soumis à un chargement sismique quelconque. Le poteau est modélisé par un système masse-ressort non amorti, sa liaison avec le sol par une non-linéarité de type effort-déplacement.

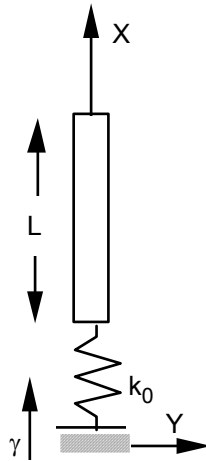
On teste l'élément discret en traction-compression, le calcul des modes propres et le calcul de la réponse transitoire par recombinaison modale avec prise en compte d'une non-linéarité de type effort-déplacement. La vitesse initiale est prise non nulle et le chargement est de type accélération imposée au sol.

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

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

Le système est constitué d'un poteau reposant sur le sol et soumis à une sollicitation sismique. Il est modélisé par une masse, sa liaison avec le sol par un ressort  $k_0$  dont la relation de comportement traduit une non-linéarité de type effort-déplacement.



Caractéristiques du poteau :

longueur :  $L = 2 \text{ m}$  ;  
section :  $S = 0,3 \text{ m}^2$ .

### 1.2 Propriétés des matériaux

Masse du poteau :  $m = 450 \text{ kg}$ .  
Raideur du ressort de liaison :  $k_0 = 10^5 \text{ N/m}$ .

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

#### Conditions aux limites

Les seuls déplacements autorisés sont les translations selon l'axe X :  $dy = dz = 0$ .

La force corrective  $F_c$  due à la non linéarité du sol est définie par la relation suivante :

$$F_c(x) = \frac{f(x_{\text{seuil}})}{x_{\text{seuil}}} - f(x) \text{ avec, si } x > x_{\text{seuil}}, f(x) = k_0 \left( 1 - \frac{|x|}{x_0} \right) \cdot x.$$

On prend  $x_{\text{seuil}} = 10^{-6} \text{ m}$ ,  $k_0 = 10^5 \text{ N/m}$  et  $x_0 = 0,1 \text{ m}$ .

On impose donc sous le mot clé RELA\_EFFO\_DEPL de l'opérateur DYNA\_TRAN\_MODAL la

$$\text{fonction : } F_c(x) = \frac{k_0}{x_0} x \cdot [|x| - x_{\text{seuil}}].$$

#### Chargement

Le sol est soumis à une accélération  $\gamma(t)$  dans la direction x, construite de telle sorte que le déplacement du système masse-ressort soit sinusoïdal  $x = a \cdot \sin(\omega t)$  avec  $a = 0,01$  et  $\omega = \pi/4$ .

### 1.4 Conditions initiales

A l'état initial, le système est lâché de sa position d'équilibre avec une vitesse  $v_0$  : à  $t = 0$ ,  $dx(0) = 0$ ,  $v_0 = dx/dt(0) = a \cdot \omega$ .

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Ce test est développé en détail dans la référence [bib1].

L'équation fondamentale de la dynamique, en mouvement relatif du système masse-ressort par rapport au sol s'écrit :  $\ddot{x} + \frac{k(x)}{m} x = \gamma(t)$ .

Pour un déplacement de la forme  $x = a \sin(\omega t)$  et  $\ddot{x} = -a\omega^2 \sin(\omega t)$ , on obtient à partir de l'équation du mouvement la forme de l'accélérogramme :

$$\gamma(t) = a \sin(\omega t) \left[ -\omega^2 + \frac{k_0}{m} \left( 1 - \frac{|a \sin(\omega t)|}{x_0} \right) \right].$$

La fréquence fondamentale  $f_0$  de l'oscillateur non amorti vaut  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_0}{m}}$ .

### 2.2 Résultats de référence

Fréquence fondamentale  $f_0$  de l'oscillateur non amorti.

Déplacements relatifs aux instants 2, 6, 10, 14 et 18 secondes.

### 2.3 Incertitude sur la solution

Aucune si l'on calcule l'intégrale de Duhamel analytiquement [bib2].

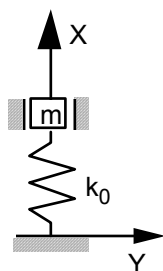
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] P. LALUQUE, P. LABBE, S. PETETIN et A. TIXIER : Réponse sismique d'un bâtiment réacteur PWR1300 en tenant compte du décollement entre la fondation et le sol. Note SEPTEN TA83.06 (mai 1984).
- [2] J.S. PRZEMIENIECKI : Theorie of matrix structural analysis. New York, Mac Graw-Hill, 1968, p. 351-357.

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le système masse-ressort est modélisé par un élément discret DIS\_T.



Données numériques :

pour le système masse-ressort :  $m = 450 \text{ kg}$   
 pour le sol :  $k_0 = 10^5 \text{ N/m}$   
 pour la non-linéarité :  $x_0 = 0,1 \text{ m}$  ;  $a = 0,01$  et  $\omega = \pi/4$ .

L'intégration temporelle est réalisée avec l'algorithme d'Euler ou l'algorithme de Devogelaere et un pas de temps de 0,02 seconde. Les calculs sont archivés tous les pas de temps.

On considère un amortissement réduit  $\xi_i$  nul pour l'ensemble des modes calculés.

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué d'un noeud et d'une maille de type POI1.

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés doc V5
FORMULE				[U4.31.05]
CALC_FONC_INTERP				[U4.32.01]
AFFE_MODELE	GROUP_MA	'MECANIQUE'	'DIS_T'	[U4.41.01]
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO			[U4.44.01]
AFFE_CARA_ELEM	DISCRET	MAILLE	M_T_D_N	[U4.42.01]
		GROUP_MA	K_T_D_L	
MODE_ITER_SIMULT	CALC_FREQ	PLUS_PETITE		[U4.52.03]
CALC_CHAR_SEISME	MONO_APPUI			[U4.63.01]
MACRO_PROJ_BASE				[U4.63.11]
DYNA_TRAN_MODAL	ETAT_INIT			[U4.53.21]
	RELA_EFFO_DEPL			
POST_DYNA_MODAL_T	RESU_GENE			[U4.84.02]
	RELA_EFFO_DEPL			
REST_BASE_PHYS				[U4.63.21]

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

On vérifie la fréquence propre de l'oscillateur ainsi que les déplacements relatifs du nœud NO1 à différents instants (pour l'algorithme d'intégration EULER).

Fréquence (Hz)	Référence	Code_Aster	Erreur (%)
	2,37254	2,37254	0

Déplacement relatif du nœud NO1 avec l'algorithme d'intégration numérique d'Euler :

Temps (s)	Référence	Code_Aster	Erreur (%)
2	0,01	9,99988E-03	0,001
6	-0,01	-9,99985E-03	0,002
10	0,01	9,99990E-03	0,001
14	-0,01	-9,99985E-03	0,001
18	0,01	9,99987E-03	0,001

Déplacement relatif du nœud NO1 avec l'algorithme d'intégration numérique de Devogelaere :

Temps (s)	Référence	Code_Aster	Erreur (%)
2	0,01	9,99991E-03	8,88E-06
6	-0,01	-9,99981E-03	-0,002
10	0,01	9,99992E-03	7,72E-06
14	-0,01	-9,99988E-03	-0,001
18	0,01	9,99982E-03	-0,002

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : STA5.02

Machine : SGI Origin 2000

Temps CPU user : 3,6 secondes

---

## 5 Synthèse des résultats

---

On constate un très bon accord avec la solution analytique (erreur inférieure à 0,01%).