

SDLL112 – Analyse sismique d'une poutre multi-supportée (réponse spectrale)

Résumé

Ce test concerne l'analyse sismique par la méthode spectrale d'une poutre verticale, encastrée à sa base et articulée en deux points d'altitude différente. La structure est soumise à une excitation fournie sous la forme d'un spectre d'oscillateurs en pseudo-accélération.

Par l'intermédiaire de ce problème, on teste les combinaisons modales SRSS et CQC de l'opérateur `COMB_SISM_MODAL` [U4.84.01], avec prise en compte ou non des modes négligés.

Par ailleurs, on teste les opérateurs `CALC_MODES` [U4.52.02], `NORM_MODE` [U4.52.11], `MODE_STATIQUE` [U4.52.14], `DEFI_FONCTION` [U4.31.02] et `DEFI_NAPPE` [U4.31.03].

La validation consiste à :

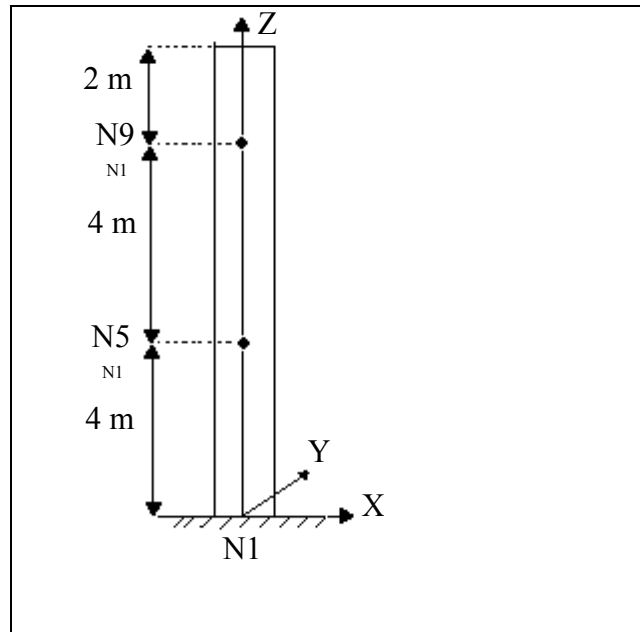
- comparer les résultats avec ceux obtenus à l'aide de CASTEM 2000 (modélisation A (3D) : mono-appui combinaison CQC, multi-appui excitation identique aux appuis combinaison CQC) ;
- retrouver la réponse mono-appui par le chemin multi-appui, dans le cas d'excitations identiques aux appuis (modélisations A (3D) et B (2D), combinaison CQC) ;
- vérifier la non-régression de la réponse dans le cas où il n'existe pas de données de référence (excitations différentes aux appuis).

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux issus de CASTEM 2000. Dans le cas d'excitations égales aux appuis, la réponse calculée en multi-appui via l'option '`CORRELE`' est identique à la réponse calculée en mono-appui.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La cheminée est une poutre verticale de longueur 10 m , encastrée à sa base et articulée en deux points d'altitude 4 m et 8 m .



Section transversale de la poutre :

Aire : $A = 3.4390 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
 Moments d'inertie : $I_y = 1.3770 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
 $I_z = 1.3770 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
 $J_x = 2.7540 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

1.2 Propriétés de matériaux

Poutre	module d'Young	$E = 1.658 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$
	masse volumique	$\rho = 1.3404106 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$
	coefficient de Poisson	$\nu = 0,3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Modélisation A (3D)

Point *N1* encastré : $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$

Points *N5* et *N9* attachés : $DX = DY = 0$

Spectres d'oscillateurs horizontaux en accélération appliqués aux points *N1*, *N5* et *N9* dans les directions (*x*) et (*x* et *y*).

Modélisation B (2D plan *XZ*)

Problème plan *XZ* : $DY = DRX = DRZ = 0$

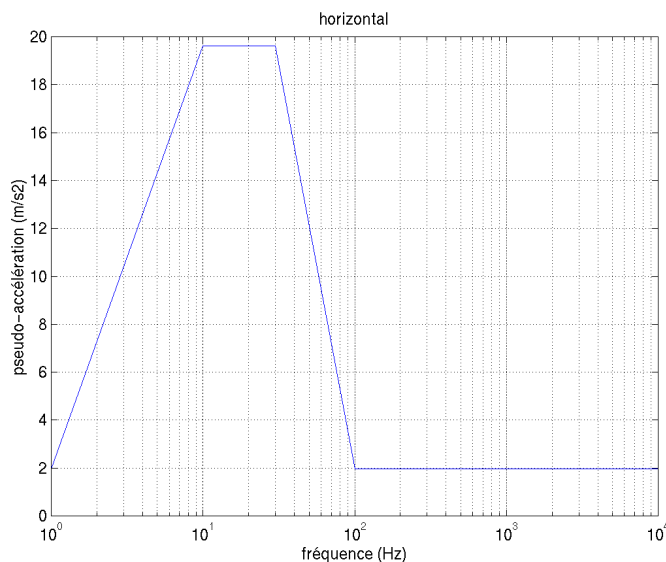
Point *N1* encastré : $DX = DZ = DRY = 0$

Points *N5* et *N9* attachés : $DX = 0$

Spectres d'oscillateurs horizontaux en accélération appliqués aux points *N1*, *N5* et *N9* dans la direction (*x*).

Spectres de valeurs identiques pour les 3 amortissements 0,5%, 1% et 1,5%.

Fréquence (Hz)	Pseudo-accélération ($m.s^{-2}$) en <i>x</i>	Pseudo-accélération ($m.s^{-2}$) en <i>y</i>
1	1.962	1.962
10	19.62	19.62
30	19.62	19.62
100	1.962	1.962
10000	1.962	1.962



Pour le calcul, on utilise un amortissement réduit de 3%, avec une interpolation (LOG LOG) en fréquence et (LIN LOG) en amortissement.

Cas multi-appui avec excitations différentes :

point *N1* : excitation $\times 1$

point *N5* : excitation $\times 1.5$

point *N9* : excitation $\times 2$

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse spectrale

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Comparaison des résultats avec ceux obtenus à l'aide de CASTEM 2000 (modélisation A (3D) : mono-appui combinaison CQC et SRSS, multi-appui excitation identique aux appuis combinaison CQC) ;

Sinon, la validation consiste à :

- retrouver la réponse mono-appui par le chemin multi-appui, dans le cas d'excitations identiques aux appuis (modélisations A (3D) et B (2D), combinaison CQC) ;
- vérifier la non-régression de la réponse dans le cas où il n'existe pas de données de référence (modélisations A et B, excitations différentes aux appuis).

2.2 Résultats de référence

Résultats obtenus à l'aide de CASTEM 2000 : déplacements aux nœuds $N3$, $N7$ et $N11$ pour les cas suivants :

modélisation A (3D)

mono-appui, combinaison CQC

multi-appui excitation identique aux appuis combinaison CQC.

2.3 Références bibliographiques

Pas de référence publiée.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est tri-dimensionnelle. La poutre est décomposée en 10 éléments de modélisation POU_D_E.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11

Nombre de mailles et types : 10 mailles de type SEG2 (POU_D_E)

Le groupe de nœuds *encastre* contient le nœud *N1* ($dx=dy=dz=drx=dry=drz=0$).

Le groupe de nœuds *attache* contient les nœuds *N5* et *N9* ($dx=dy=0$).

3.3 Paramètres de modélisation

Réponse en mono-appui sur les 10 premiers modes, excitation selon x , sans correction statique (combinaison des réponses modales CQC et SRSS)

Réponse en mono-appui sur les 10 premiers modes, excitation selon x , avec correction statique (combinaison des réponses modales CQC)

Réponse en multi-appui sur les 10 premiers modes avec excitation identique selon x à tous les appuis, sans correction statique et sans déplacements d'ancrage (combinaison des réponses modales CQC)

Réponse en multi-appui sur les 10 premiers modes avec excitations en x et y différentes et corrélées aux appuis, avec correction statique (combinaison des réponses modales CQC)

Combinaison quadratique des réponses directionnelles (QUAD)

Combinaison linéaire des cas de charge.

3.4 Grandeurs testées et résultats

3.4.1 Excitation mono-appui selon x

3.4.1.1 Analyse modale

--- VALEURS DU SPECTRE ---

MODE	FREQUENCE	AMORTISSEMENT	DIR	SPECTRE
1-2	1.54569D+01	3.00000D-02	X	1.96200D+01
3-4	3.35823D+01	3.00000D-02	X	1.58128D+01
5-6	4.73076D+01	3.00000D-02	X	8.21089D+00
7	5.45850D+01	3.00000D-02	X	6.24517D+00
8	8.80156D+01	3.00000D-02	X	2.50454D+00
9-10	1.01614D+02	3.00000D-02	X	1.96200D+00

MASSE TOTALE DE LA STRUCTURE : 4.60967D+02

MASSE MODALE EFFECTIVE CUMULEE :

DIRECTION : X , CUMUL : 3.09868D+02, SOIT 67.221 %

3.4.1.2 Analyse sismique en mono-appui

Grandeur : 'depl' NOM_MODE : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'

Combinaison 'CQC' sans correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	CASTEM 2000	Aster 9.02.11	
NŒUD N3	1.78952 ^E -04	1.784933 ^E -04	-0.256
NŒUD N7	3.29499 ^E -04	3.292709 ^E -04	-0.069
NŒUD N11	1.09032 ^E -03	1.089717 ^E -03	-0.055
Accélération absolue	Aster 5.3.13	Aster 9.02.11	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 5.3.13	Aster 9.02.11	
NŒUD N1	6.696036 ^E +02	6.696036 ^E +02	1.6 ^E -06
NŒUD N5	1.164223 ^E +03	1.164223 ^E +03	-2.7 ^E -05
NŒUD N9	9.281995 ^E +02	9.281995 ^E +02	-2.8 ^E -06

Combinaison CQC avec correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	CASTEM 2000	Aster 9.02.11	
NŒUD N3	1.78952 ^E -04	1.784937 ^E -04	-0.256
NŒUD N7	3.29499 ^E -04	3.292709 ^E -04	-0.069
NŒUD N11	1.09032 ^E -03	1.089718 ^E -03	-0.055
Accélération absolue	Aster 5.3.13	Aster 9.02.11	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 5.3.13	Aster 9.02.11	
NŒUD N1	6.716683 ^E +02	6.716683 ^E +02	-2.3 ^E -07
NŒUD N5	1.169727 ^E +03	1.169727 ^E +03	-9.9 ^E -06
NŒUD N9	9.373269 ^E +02	9.373269 ^E +02	-2.6 ^E -06

Combinaison 'SRSS' sans correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	Aster 9.02.21	Aster 9.02.28	
NœUD N3	1.515199 ^E -04	1.515199 ^E -04	-1.2E-05
NœUD N7	2.598416 ^E -04	2.598416 ^E -04	3.3E-06
NœUD N11	8.365025 ^E -04	8.365025 ^E -04	1.5E-06
Accélération absolue	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NœUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NœUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NœUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NœUD N1	5.570235 ^E +02	5.570235 ^E +02	6.2E-09
NœUD N5	9.194161 ^E +02	9.194161 ^E +02	1.3E-06
NœUD N9	7.692216 ^E +02	7.692216 ^E +02	-1.3E-07

3.4.2 Excitation multi-appui selon x

3.4.2.1 Analyse modale

--- VALEURS DU SPECTRE ---

MODE	FREQUENCE	AMORTISSEMENT	DIR	SUPPORT	SPECTRE
1-2	1.54569D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	1.96200D+01
3-4	3.35823D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	1.58128D+01
5-6	4.73076D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	8.21089D+00
7	5.45850D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	6.24517D+00
8	8.80156D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	2.50454D+00
9-10	1.01614D+02	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	1.96200D+00

MASSE TOTALE DE LA STRUCTURE : 4.60967D+02

MASSE MODALE EFFECTIVE CUMULEE :

DIRECTION : X , CUMUL : 3.09868D+02, SOIT 67.221 %

3.4.2.2 Analyse sismique en multi-appui (avec excitations identiques aux appuis, sans correction statique, sans déplacements d'ancrages)

Combinaison 'CQC' sans correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	CASTEM 2000	Aster 9.02.21	
NœUD N3	1.78952 ^E -04	1.784933 ^E -04	-0.256
NœUD N7	3.29499 ^E -04	3.292709 ^E -04	-0.069
NœUD N11	1.09032 ^E -03	1.089717 ^E -03	-0.055
Accélération absolue	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NœUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NœUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NœUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NœUD N1	6.696036 ^E +02	6.696036 ^E +02	1.6E-06
NœUD N5	1.164223 ^E +03	1.164223 ^E +03	-2.7E-05
NœUD N9	9.281995 ^E +02	9.281995 ^E +02	-2.8E-06

3.4.3 Excitation multi-appui selon x et y

3.4.3.1 Analyse modale

--- VALEURS DU SPECTRE ---

MODE	FREQUENCE	AMORTISSEMENT	DIR	SUPPORT	SPECTRE	
1-2	1.54569D+01	3.00000D-02		X Y	N1	1.96200D+01
					N5	2.94300D+01
					N9	3.92400D+01
3-4	3.35823D+01	3.00000D-02		X Y	N1	1.58128D+01
					N5	2.37192D+01
					N9	3.16256D+01
5	4.73076D+01	3.00000D-02		X Y	N1	8.21089D+00
					N5	1.23163D+01
					N9	1.64218D+01
6	4.73076D+01	3.00000D-02		X Y	N1	8.21089D+00
					N5	1.23163D+01
					N9	1.64218D+01
7	5.45850D+01	3.00000D-02		X Y	N1	6.24517D+00
					N5	9.36775D+00
					N9	1.24903D+01
8	8.80156D+01	3.00000D-02		X Y	N1	2.50454D+00
					N5	3.75681D+00
					N9	5.00908D+00
9-10	1.01614D+02	3.00000D-02		X Y	N1	1.96200D+00
					N5	2.94300D+00
					N9	3.92400D+00

MASSE TOTALE DE LA STRUCTURE : 4.60967D+02

MASSE MODALE EFFECTIVE CUMULEE :

DIRECTION : X , CUMUL : 3.09868D+02, SOIT 67.221 %
DIRECTION : Y , CUMUL : 3.09868D+02, SOIT 67.221 %

3.4.3.2 Analyse sismique en multi-appui (avec excitations différentes corrélées, avec correction statique, avec déplacements d'ancrages)

Excitations identiques dans les deux directions x et y

Combinaison des modes 'CQC'

Combinaison des cas de charge : 'LIN'

Combinaison des directions 'QUAD'

Identification	Référence	Aster	% différence
Réponse directionnelle selon x			
Déplacements selon x	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NCEUD N3	5.8865524E-04	5.8865524E-04	4.1 ^E -07
NCEUD N5	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NCEUD N7	1.1592562E-03	1.1592562E-03	4.3 ^E -06
NCEUD N9	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NCEUD N11	3.1715622E-03	3.1715622E-03	8.1 ^E -07
Accélération absolue	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NCEUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NCEUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NCEUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NCEUD N1	1.2923446E+03	1.2923446E+03	-2.9E-06
NCEUD N5	1.9925394E+03	1.9925394E+03	1.6E-06

NŒUD N9	2.0643776E+03	2.0643776E+03	2.2 ^E -06
Réponse directionnelle selon y			
Déplacements selon y	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NŒUD N3	5.8865524E-04	5.8865524E-04	4.1 ^E -07
NŒUD N5	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NŒUD N7	1.1592562E-03	1.1592562E-03	4.3 ^E -06
NŒUD N9	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NŒUD N11	3.1715622E-03	3.1715622E-03	8.1 ^E -07
Accélération absolue	Aster 9.02.11	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réponse totale en déplacements			
Composante selon x			
NŒUD N3	5.8865524E-04	5.8865524E-04	4.1 ^E -07
NŒUD N5	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NŒUD N7	1.1592562E-03	1.1592562E-03	4.3 ^E -06
NŒUD N9	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NŒUD N11	3.1715622E-03	3.1715622E-03	8.1 ^E -07
Composante selon y			
NŒUD N3	5.8865524E-04	5.8865524E-04	4.1 ^E -07
NŒUD N5	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NŒUD N7	1.1592562E-03	1.1592562E-03	4.3 ^E -06
NŒUD N9	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NŒUD N11	3.1715622E-03	3.1715622E-03	8.1 ^E -07

3.5 Remarques

Les résultats avec excitations égales aux appuis sont identiques via les deux modélisations mono-appui et multi-appui.

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est bi-dimensionnelle. La poutre est décomposée en 10 éléments de modélisation POU_D_E.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11

Nombre de mailles et types : 10 mailles de type SEG2 (POU_D_E)

Problème plan : pour tous les nœuds : $dy=0$; $drx=drz=0$

Le groupe de nœuds *encastre* contient le nœud N1 ($dx=dz=dry=0$).

Le groupe de nœuds *attache* contient les nœuds N5 et N9 ($dx=0$).

4.3 Paramètres de modélisation

Réponse en mono-appui sur les 5 premiers modes, excitation selon x , sans correction statique (combinaison des réponses modales CQC et SRSS)

Réponse en mono-appui sur les 5 premiers modes, excitation selon x , avec correction statique (combinaison des réponses modales CQC)

Réponse en multi-appui sur les 5 premiers modes avec excitation identique selon x à tous les appuis, sans correction statique et sans déplacements d'ancrage (combinaison des réponses modales CQC)

Réponse en multi-appui sur les 5 premiers modes avec excitations en x différentes et corrélées aux appuis, avec correction statique (combinaison des réponses modales CQC)

Combinaison linéaire des cas de charge.

4.4 Grandeurs testées et résultats

4.4.1 Excitation mono-appui selon x

4.4.1.1 Analyse modale

--- VALEURS DU SPECTRE ---

MODE	FREQUENCE	AMORTISSEMENT	DIR	SPECTRE
1	1.54569D+01	3.00000D-02	X	1.96200D+01
2	3.35823D+01	3.00000D-02	X	1.58128D+01
3	4.73076D+01	3.00000D-02	X	8.21089D+00
4	8.80156D+01	3.00000D-02	X	2.50454D+00
5	1.01614D+02	3.00000D-02	X	1.96200D+00

MASSE TOTALE DE LA STRUCTURE : 4.60967D+02

MASSE MODALE EFFECTIVE CUMULEE :

DIRECTION : X , CUMUL : 3.09868D+02, SOIT 67.221 %

4.4.1.2 Analyse sismique en mono-appui

NOM_CHAMP : 'depl'	NOEUD_CMP : ('dir' 'x')	NOM_CMP : 'dx'
NOM_CHAMP : 'acce_absolu'	NOEUD_CMP : ('dir' 'x')	NOM_CMP : 'dx'
NOM_CHAMP : 'reac_noda'	NOEUD_CMP : ('dir' 'x')	NOM_CMP : 'dx'

Combinaison 'CQC' sans correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	Aster 5.3.13	Aster 9.02.21	
NŒUD N3	1.78952 ^E -04	1.784933 ^E -04	-0.256
NŒUD N7	3.29499 ^E -04	3.292709 ^E -04	-0.069
NŒUD N11	1.09032 ^E -03	1.089717 ^E -03	-0.055
Accélération absolue	Aster 5.3.13	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 5.3.13	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	6.696036 ^E +02	6.696036 ^E +02	1.6 ^E -06
NŒUD N5	1.164223 ^E +03	1.164223 ^E +03	-2.7 ^E -05
NŒUD N9	9.281995 ^E +02	9.281995 ^E +02	-2.8 ^E -06

Combinaison CQC avec correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	Aster 5.3.13	Aster 9.02.21	
NŒUD N3	1.78952 ^E -04	1.784937 ^E -04	-0.256
NŒUD N7	3.29499 ^E -04	3.292709 ^E -04	-0.069
NŒUD N11	1.09032 ^E -03	1.089718 ^E -03	-0.055
Accélération absolue	Aster 5.3.13	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 5.3.13	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	6.716683 ^E +02	6.716683 ^E +02	-2.3 ^E -07
NŒUD N5	1.169727 ^E +03	1.169727 ^E +03	-9.9 ^E -06
NŒUD N9	9.373269 ^E +02	9.373269 ^E +02	-2.6 ^E -06

Combinaison 'SRSS' sans correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NŒUD N3	1.804848E-04	1.804848E-04	-1.1E-05
NŒUD N7	3.290407E-04	3.290407E-04	4.9E-06
NŒUD N11	1.088706E-03	1.088706E-03	-9.2 ^E -06
Accélération absolue	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	6.762012E+02	6.762012E+02	6.6E-06
NŒUD N5	1.164525E+03	1.164525E+03	-2.6E-06
NŒUD N9	9.172971E+02	9.172971E+02	4.0 ^E -06

4.4.2 Excitation multi-appui selon x

4.4.2.1 Analyse modale

--- VALEURS DU SPECTRE ---

MODE	FREQUENCE	AMORTISSEMENT	DIR	SUPPORT	SPECTRE
1	1.54569D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	1.96200D+01
2	3.35823D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	1.58128D+01
3	4.73076D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	8.21089D+00
4	8.80156D+01	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	2.50454D+00
5	1.01614D+02	3.00000D-02	X	N1 N5 N9	1.96200D+00

MASSE TOTALE DE LA STRUCTURE : 4.60967D+02

MASSE MODALE EFFECTIVE CUMULEE :

4.4.2.2 Analyse sismique en multi-appui (avec excitations identiques aux appuis, sans correction statique, sans déplacements d'ancrages)

NOM_CHAMP : 'depl' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'
 NOM_CHAMP : 'acce_absolu' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'
 NOM_CHAMP : 'reac_noda' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'

Combinaison 'CQC' sans correction statique

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacements selon x	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NœUD N3	1.78952 ^E -04	1.784933 ^E -04	-7.3E-06
NœUD N7	3.29499 ^E -04	3.292709 ^E -04	-8.8E-06
NœUD N11	1.09032 ^E -03	1.089717 ^E -03	4.0E-05
Accélération absolue	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NœUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NœUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NœUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NœUD N1	6.696036 ^E +02	6.696036 ^E +02	1.6E-06
NœUD N5	1.164223 ^E +03	1.164223 ^E +03	-2.7E-05
NœUD N9	9.281995 ^E +02	9.281995 ^E +02	-2.8E-06

4.4.2.3 Analyse sismique en multi-appui (avec excitations différentes corrélées, avec correction statique, avec déplacements d'ancrages)

NOM_CHAMP : 'depl' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'
 NOM_CHAMP : 'depl' NOEUD_CMP : ('dir' 'y') NOM_CMP : 'dy'
 NOM_CHAMP : 'acce_absolu' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'
 NOM_CHAMP : 'reac_noda' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'dx'
 NOM_CHAMP : 'depl' NOEUD_CMP : ('dir' 'x') NOM_CMP : 'combi' 'quad'
 NOM_CHAMP : 'depl' NOEUD_CMP : ('dir' 'y') NOM_CMP : 'combi' 'quad'

Combinaison des modes 'CQC'

Combinaison des cas de charge : 'LIN'

Identification	Référence	Aster	% différence
Réponse selon x			
Déplacements selon x	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NœUD N3	5.8865524E-04	5.8865524E-04	4.1 ^E -07
NœUD N5	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NœUD N7	1.1592562E-03	1.1592562E-03	4.3 ^E -06
NœUD N9	1.0000000E-03	1.0000000E-03	0.00
NœUD N11	3.1715622E-03	3.1715622E-03	8.1 ^E -07

Accélération absolue	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N5	1.96200 ^E +00	1.96200 ^E +00	0.00
NŒUD N9	1.96200E+00	1.96200E+00	0.00
Réaction nodale	Aster 9.02.18	Aster 9.02.21	
NŒUD N1	1.2923446E+03	1.2923446E+03	-2.9E-06
NŒUD N5	1.9925394E+03	1.9925394E+03	1.6E-06
NŒUD N9	2.0643776E+03	2.0643776E+03	2.2 ^E -06

5 Synthèse des résultats

Les résultats sont en bon accord avec ceux obtenus par CASTEM 2000, relativement à la combinaison de modes CQC (erreur < 0.3%), pour les cas mono-appui et multi-appui. Les résultats obtenus en mono-appui d'une part, et en multi-appui avec excitations identiques aux appuis d'autre part, sont égaux et conformes à ceux obtenus par CASTEM 2000.