# Combinaison de cas de charges statiques et sismiques exercées sur la maquette SMART

**Résumé**

Ce test a pour but de valider le fonctionnement de la commande POST_COMBINAISON. Cette dernière permet de combiner différentes grandeurs physiques à la suite de calculs aux éléments finis réalisés en amont. Cette commande ne réalisera que des posts-traitements en manipulant des résultats sous forme de champs issus de calculs antérieurs.

Le test utilise l'analyse modale de la maquette du bâtiment en béton armé réalisée au cours de la campagne d'essais SMART2013 (Seismic design and best-estimate Methods Assessment of Reinforced concrete buildings subjected to Torsion and non-linear effects) menée par le CEA et EDF. Cette campagne porte sur l'étude sismique de bâtiments irréguliers en béton armé dont la réponse est fortement affectée par les mouvements de torsion d'ensemble. La maquette représente un bâtiment électrique en béton armé de trois étages à échelle 1/4 ; elle est réalisée en loi de similitude de Cauchy-Froude (c'est-à-dire des fréquences propres augmentées d'un rapport 2).

Le test vérifie les résultats obtenus lors d'appels à la commande POST_COMBINAISON dans les cas où les structures de données de type sd_resultat sont à combiner.



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

# 1 Problème de référence

La commande POST_COMBINAISON calcule les combinaisons linéaires de différents résultats de calculs associés à des coefficients définis par l'utilisateur.

$$C_i = (\alpha_{i,1} \times Q_1) + (\alpha_{i,2} \times Q_2)$$

Où :

- i est le numéro de la combinaison
- $Q_1$ est le résultat/table issu d'un premier calcul aux éléments finis
- $Q_2$ est le résultat/table issu d'un premier calcul aux éléments finis
- $\alpha_{i,1}$ est le coefficient associé à $Q_1$
- $\alpha_{i,2}$ est le coefficient associé à $Q_2$
- $C_i$ est le résultat issu de la combinaison effectuée.

## 1.1 Géométrie

La maquette modélise à l'échelle 1/4 la moitié d'un bâtiment typique d'une installation nucléaire. Elle est constituée de trois voiles V01/02 V03 et V04 placés en U ainsi que de trois planchers trapézoïdaux. Des ouvertures sont percées dans les voiles V01/02 et V03. Chaque plancher est soutenu par une poutre horizontale ainsi que par un poteau vertical. La maquette est asymétrique afin de favoriser les mouvements de torsion. Les caractéristiques géométriques de la maquette sont présentées sur la Figure 1.1-a et sur la Figure 1.1-b.

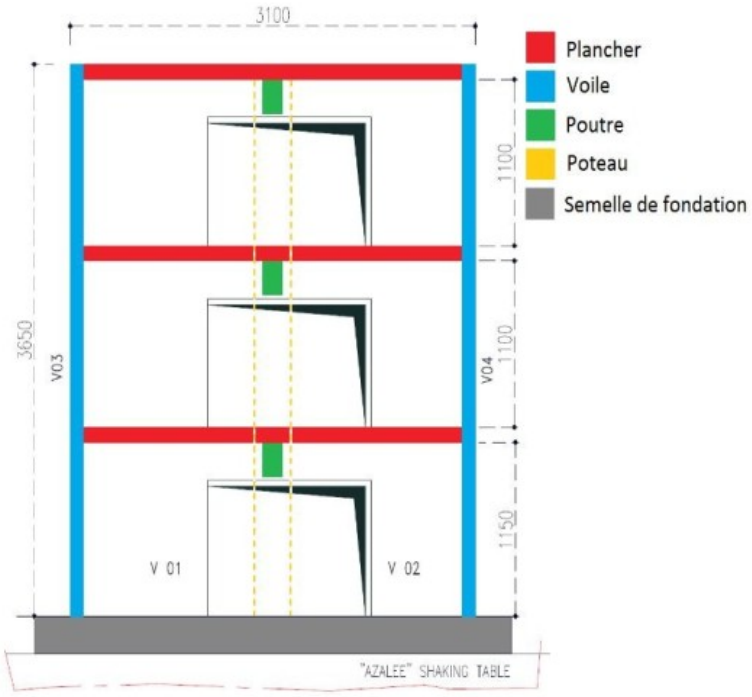



**Figure 1.1-a: Dimensions de la maquette Smart 2013 (Vue en élévation – Dimensions en mm)**

L'épaisseur des voiles et des dalles est de 0.1m. L'épaisseur de la semelle ainsi que le support du poteau est de 0,25m.
Les poutres sont de section rectangulaire $0.325\,m \times 0.15\,m$ .
Les poteaux sont de section carrée $0.2\,m \times 0.2\,m$ .



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

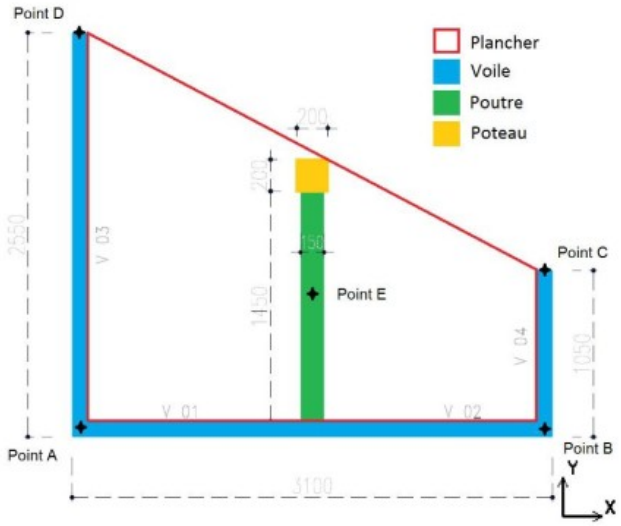



**Figure 1.1-b: Dimensions de la maquette Smart 2013**
**(Vue en plan – Dimensions en mm)**

## 1.2 Propriétés du matériau

Les raideurs des ressorts du tapis de ressorts sous la semelle et le support poteau sont :

- k_x = 6.e8
- k_y = 2.e8
- k_z = 2.e9
- k_rx = 5.e9
- k_ry = 5.e9
- k_rz = 1.e11

### 1.2.1 Pour le chargement 1 :

Module d'Young : .

- Poutres, poteaux, voiles et dalles : $E=14200\,MPa$
- Semelle et support poteau : $E=3200000\,MPa$

Coefficient de Poisson : .

- Poutres, poteaux et voiles : $\nu=0$
- Dalles , s emelle et support poteau : $\nu=0,2$

Masse volumique :

- Poutres, poteaux, voiles, s emelle et support poteau $\rho=2500\,kg/m^3$
- Dalle niveau 1 : $\rho=2500+2450/0.1\,kg/m^3$
- Dalle niveau 2 : $\rho=2500+2570/0.1\,kg/m^3$
- Dalle niveau 3 : $\rho=2500+2150/0.1\,kg/m^3$

Amortissement :

- AMOR_ALPHA = 0.000454728
- AMOR_BETA = 0.718078321

### 1.2.2 Pour le chargement 2 :

Module d'Young : .

- Poutres, poteaux et voiles : $E=32000\,MPa$
- Dalles : $E=16000\,MPa$



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

- Semelle et support poteau : $E=3200000\,MPa$

Coefficient de Poisson : .

- Poutres, poteaux et voiles : $\nu=0$
- Dalles , s emelle et support poteau : $\nu=0,2$

Masse volumique :

- Poutres $\rho=2500\,kg/m^3$
- Dalle niveau 1 : $\rho=2500+2450/0.1\,kg/m^3$
- Dalle niveau 2 : $\rho=2500+2570/0.1\,kg/m^3$
- Dalle niveau 3 : $\rho=2500+2150/0.1\,kg/m^3$

Amortissement :

- AMOR_ALPHA = 0.000454728
- AMOR_BETA = 0.718078321

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

### 1.3.1 Chargement 1

La structure est soumise à son poids propre.

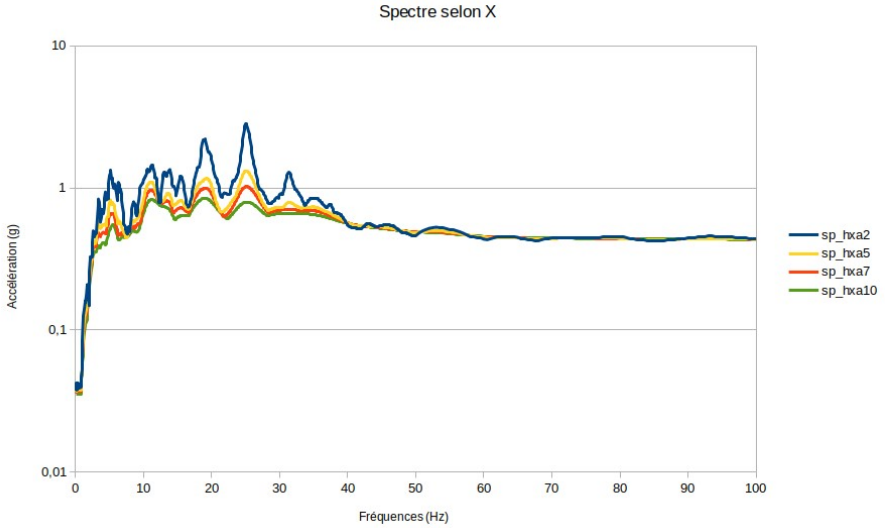
### 1.3.2 Chargement 2

La structure est soumise à des sollicitations sismiques.

La combinaison CQC ( Combinaison Quadratique Complète) est calculée via COMB_SISM_MODAL pour les spectres décrits ci-dessous.

Suivant X :

Le spectre SP_HXa2 a un amortissement de 0.02.
Le spectre SP_HXa5 a un amortissement de 0.05.
Le spectre SP_HX a7 a un amortissement de 0.07.
Le spectre SP_HXa10 a un amortissement de 0.1.

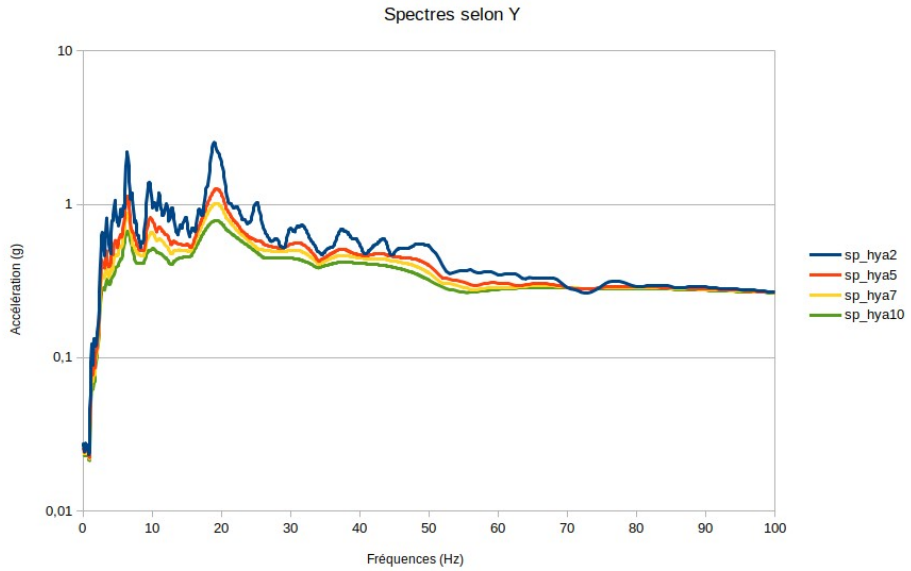



Suivant Y :

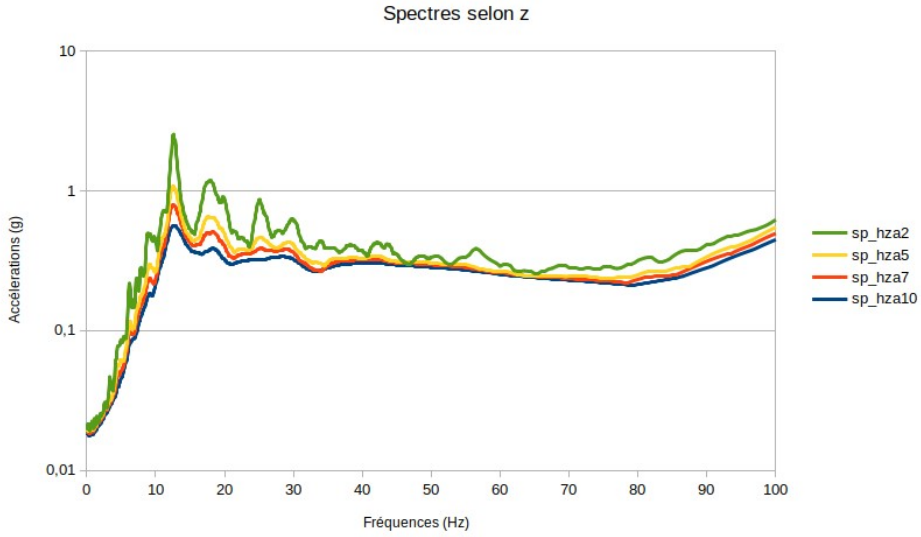
Le spectre SP_H Y a2 a un amortissement de 0.02.
Le spectre SP_H Y a5 a un amortissement de 0.05.
Le spectre SP_H Y a7 a un amortissement de 0.07.
Le spectre SP_H Y a10 a un amortissement de 0.1.



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




Suivant Z _ :
Le spectre SP_H Z a2 a un amortissement de 0.02.
Le spectre SP_H Z a5 a un amortissement de 0.05.
Le spectre SP_H Z a7 a un amortissement de 0.07.
Le spectre SP_H Z a10 a un amortissement de 0.1.




La combinaison CQCS est ensuite déduite et utilisée pour évaluer le champ résultant du calcul sismique.


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

# 2 Modélisation A

## 2.1 Caractéristiques de la modélisation

Les voiles, les planchers et la semelle en béton armé sont modélisés par des éléments de plaques DKT. Le béton armé est modélisé avec une simple loi élastique. Les poutres et poteaux sont modélisés par des éléments POU_D_E. Ceux-ci sont considérés élastiques.

## 2.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 3079 mailles et 2 617 nœuds ( en considér ant la semelle). Le maillage est celui de la Figure 2.2-a .

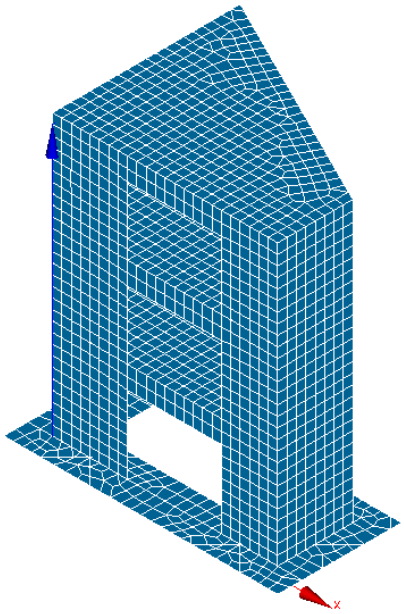


**Figure 2.2-a : Maillage**

## 2.3 Appel à la commande

### 2.2.1 Combinaison Quadratique Complète Signée (CQCS)

La commande prend directement en arguments les objets 'RESULTAT' correspondant aux chargements CQCS à combiner. Ces champs sont calculés à partir des champs CQC issus de la commande COMB_SISM_MODAL. Ce résultat est calculé sur toute la structure.
En sortie sera récupéré un objet 'RESULTAT' multiple [mult_elas] également, avec 24 combinaisons.
Les combinaisons sont définies dans le fichier ssls1 4 a.3 8. Il s'agit des combinaisons de Newmark, à savo ir 24 permutations du type $\pm E_x \pm 0.4E_y \pm 0.4E_z$ .



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

| Combinaison (CMB) | Coefficient résultat 2 (EX) | Coefficient résultat 2 (EY) | Coefficient résultat 2 (EZ) |
|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 0.4 | 0.4 |
| E2 | 1 | -0.4 | 0.4 |
| E3 | 1 | -0.4 | -0.4 |
| E4 | 1 | 0.4 | -0.4 |
| E5 | -1 | 0.4 | 0.4 |
| E6 | -1 | -0.4 | 0.4 |
| E7 | -1 | -0.4 | -0.4 |
| E8 | -1 | 0.4 | -0.4 |
| E9 | 0.4 | 1 | 0.4 |
| E10 | 0.4 | -1 | 0.4 |
| E11 | 0.4 | -1 | -0.4 |
| E12 | 0.4 | 1 | -0.4 |
| E13 | -0.4 | 1 | 0.4 |
| E14 | -0.4 | -1 | 0.4 |
| E15 | -0.4 | -1 | -0.4 |
| E16 | -0.4 | 1 | -0.4 |
| E17 | 0.4 | 0.4 | 1 |
| E18 | 0.4 | -0.4 | 1 |
| E19 | 0.4 | -0.4 | -1 |
| E20 | 0.4 | 0.4 | -1 |
| E21 | -0.4 | 0.4 | 1 |
| E22 | -0.4 | -0.4 | 1 |
| E23 | -0.4 | -0.4 | -1 |
| E24 | -0.4 | 0.4 | -1 |

### 2.2.2 Combinaison CQCS et du poids sur toute la structure

La commande prend directement en arguments les objets 'RESULTAT' correspondant aux deux chargements à combiner [issus des commandes MECA_STATIQUE et COMB_SISM_MODAL]. Ce résultat est calculé sur toute la structure.
En sortie sera récupéré un objet 'RESULTAT' multiple [mult_elas] également, avec 25 combinaisons.
Les combinaisons sont définies dans le fichier ssls12a.39

| Combinaison (CMB) | Coefficient résultat 1 (G) | Coefficient résultat 2 (E) |
|---|---|---|
| ELU_F | 1,35 | 0 |
| ELU_A | 1 | 1 |

Etant donné que le résultat 2 possède 24 permutations , c e sont donc 25 combinaisons qui seront calculées par la commande POST_COMBINAISON .

### 2.2.3 Combin aison CQCS et du poids sur les éléments DKT

La commande prend directement en arguments les objets 'RESULTAT' correspondant aux deux chargements à combiner [issus des commandes MECA_STATIQUE et COMB_SISM_MODAL]. Ce résultat est calculé seulement sur les éléments DKT.
En sortie sera récupéré un objet 'RESULTAT' multiple [mult_elas] également, avec 25 combinaisons .



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

Les combinaisons sont définies dans le fichier ssls12a.39

| Combinaison (CMB) | Coefficient résultat 1 (G) | Coefficient résultat 2 (E) |
|---|---|---|
| ELU_F | 1,35 | 0 |
| ELU_A | 1 | 1 |

Etant donné que le résultat 2 possède 24 permutations , c e sont donc 25 combinaisons qui seront calculées par la commande POST_COMBINAISON .

### 2.2.4 Combin aison CQCS et du poids sur les éléments POU_D_E

La commande prend directement en arguments les objets 'RESULTAT' correspondant aux deux chargements à combiner [issus des commandes MECA_STATIQUE et COMB_SISM_MODAL]. Ce résultat est calculé seulement sur les éléments POU_D_E.
En sortie sera récupéré un objet 'RESULTAT' multiple [mult_elas] également, avec 25 combinaisons .
Les combinaisons sont définies dans le fichier ssls12a.39

| Combinaison (CMB) | Coefficient résultat 1 (G) | Coefficient résultat 2 (E) |
|---|---|---|
| ELU_F | 1,35 | 0 |
| ELU_A | 1 | 1 |

Etant donné que le résultat 2 possède 24 permutations , c e sont donc 25 combinaisons qui seront calculées par la commande POST_COMBINAISON .

## 2.3 Grandeurs testées et résultats

Sans objet. Tests de non régression.



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