RTOOL01 – Relâchement de DDLs sur la maquette SMART avec l'outil Rtool

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider les relations cinématiques produites par l'outil R tool de `salome_meca` . Cet outil, permet de relâcher facilement des degrés de liberté (`DDL`) de rotation entre deux éléments de structure . 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).

L'objectif est d'effectuer l'analyse modale sous différentes configurations de relâchement et d'orientation, et de comparer les trois premières fréquences propres obtenues .

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

1 Problème de référence

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 1.1-1 et sur la Figure 1.1-2 .

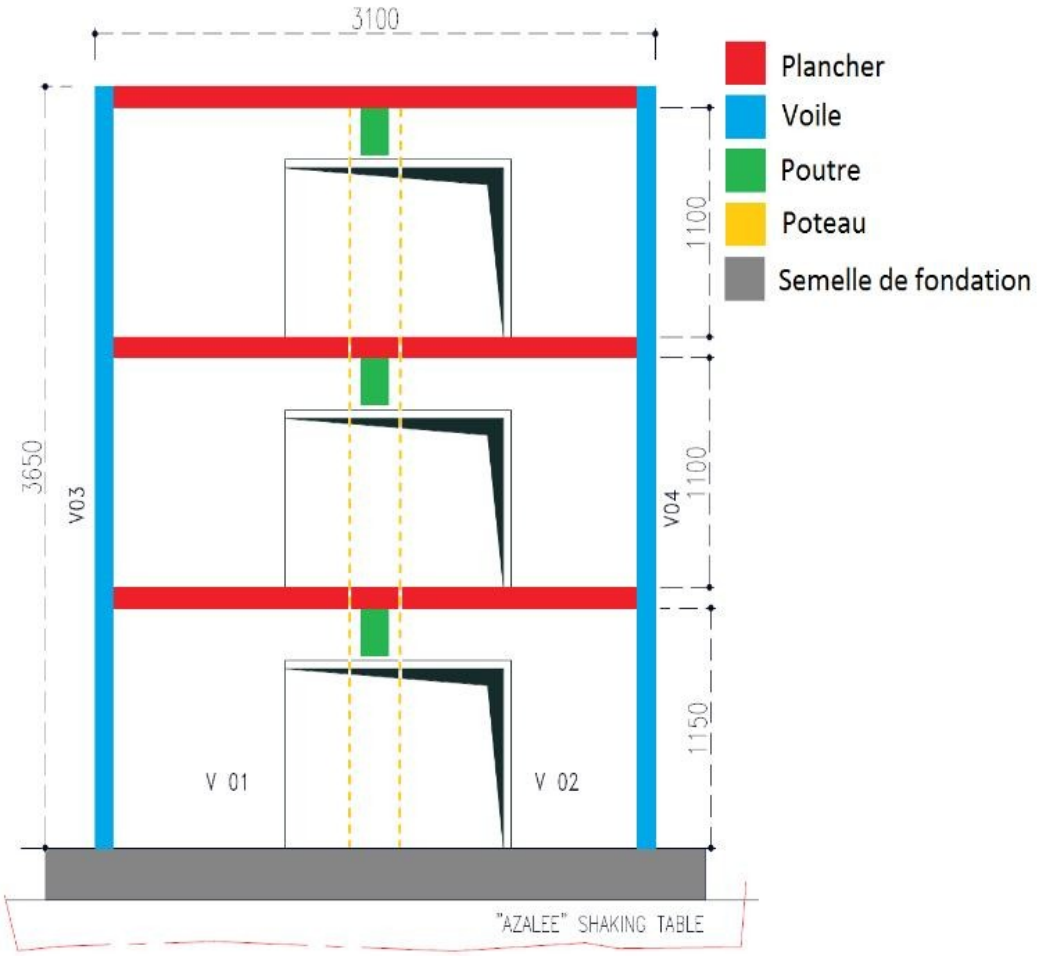


Figure 1.1-1: Dimensions de la maquette Smart 2013
(Vue en élévation – Dimensions en mm)

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

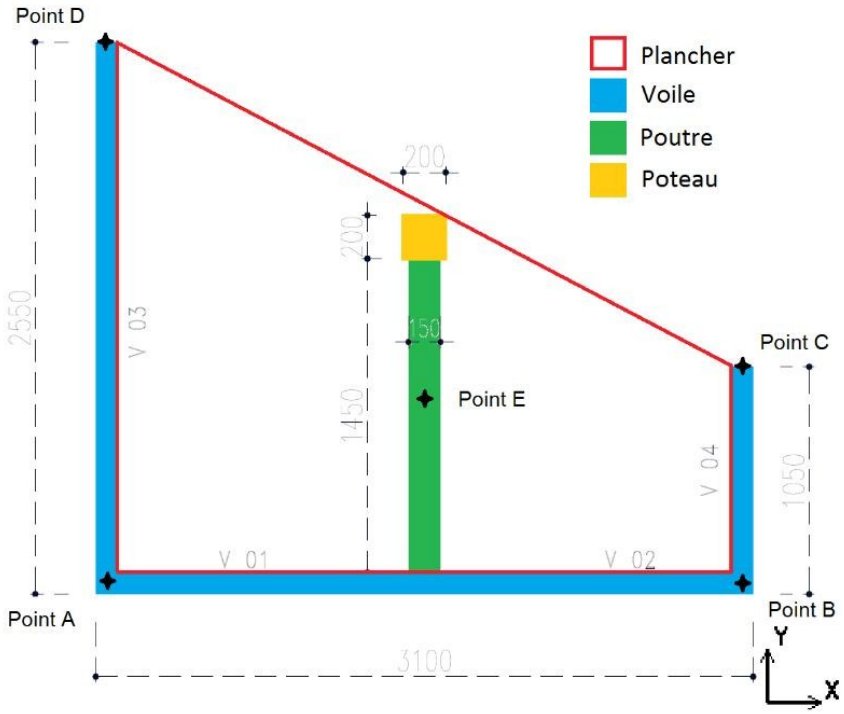


Figure 1.1-2: Dimensions de la maquette Smart 2013
(Vue en plan – Dimensions en mm)

1.2 Propriétés du matériau

Le matériau est élastique isotrope avec les propriétés suivantes :

- $E = 30\,000\,MPa$
- $\nu = 0.3$
- $\rho = 2500\,kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Les conditions aux limites sont des encastrements à la base du modèle (y compris le poteau). En faisant une comparaison entre différentes modélisations, il faut juste s'assurer que ces conditions aux limites soient égales dans toutes les modélisations. Pour cette raison, la représentation de la table vibrante n'est pas nécessaire et on peut simplifier le modèle avec un encastrement sous la semelle de fondation.

1.4 Conditions initiales

Néant.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Cette analyse est composée de 5 modélisations :

- **Modélisation A** : Dans cette modélisation on va calculer les trois premières fréquences propres sur le maillage original. Ces valeurs nous servent de référence pour vérifier le fonctionnement de l'outil Rtool ;
- **Modélisation B** : Dans cette modélisation on va calculer les trois premières fréquences propres sur un maillage modifié. On relâchera la rotation sur un nœud interne du poteau. Il s'agira d'un relâchement nœud/nœud ;
- **Modélisation C** : Dans cette modélisation on va calculer les trois premières fréquences propres sur un maillage modifié. On relâchera la rotation sur les trois liaisons entre poteaux et planchers. Il s'agira de relâchements nœud/plan ;
- **Modélisation D** : Dans cette modélisation on va calculer les trois premières fréquences propres sur un maillage modifié. On relâchera la rotation sur les arrêtes communes entre voiles et planchers. Il s'agira de relâchements plan/plan ;
- **Modélisation E** : Dans cette modélisation, avant de relâcher les DDL comme dans la modélisation **D** , on effectue une rotation rigide du maillage selon les axes globaux X, Y et Z. Ensuite, on répète les opérations faites dans la modélisation **D** . Cette dernière étude nous confirmera la bonne écriture des relations cinématiques par l'outil Rtool.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Comme déjà évoqué, la modélisation **A** nous donne une référence pour les modélisations **B, C, D** . Le simple fait de relâcher des DDL se traduit dans une changement de raideur, qui provoque une modification des modes et fréquences propres de la maquette. De plus, les relâchements sont faits dans des directions parallèles aux axes globaux, cela permet de vérifier les relations cinématiques produites par l'outil Rtool.

Afin de tester l'outil dans un cas plus complexe, une rotation de la maquette est effectuée pour la modélisation **E** . Une fois la rotation effectuée selon les trois axes principaux (rotation de **35°** autour de l'axe **X** , de **50°** autour de l'axe **Y** et de **65°** autour de l'axe **Z**), un nouveau calcul des fréquences propres est fait, après avoir relâché les DDL voiles/planchers. Dans ce cas, la vérification des relations cinématiques produit par Rtool est bien plus complexe, mais une simple comparaison avec la modélisation **D** suffit pour vérifier l'écriture des relations cinématiques produites par l'outil Rtool.

2.3 Incertitudes sur la solution

Solutions et comparaison complètement numériques.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Les voiles et les planchers 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. La semelle est modélisée par des éléments 3D et elle est considérée élastique.
On ne considère pas d'amortissement dans la modélisation.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient environ 2600 mailles et 2700 nœuds (sans considérer la semelle). Le maillage est celui de la Figure 3.2-1.

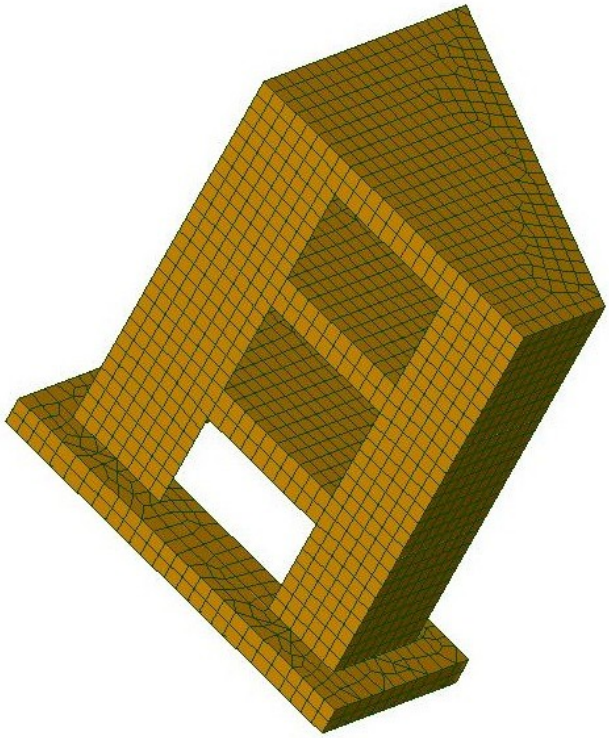


Figure 3.2-1: Maillage de la maquette SMART

3.3 Grandeurs testées et résultats

On calcule les trois premières fréquences propres à partir de l'analyse modale. **Un simple test de non-régression est fait.**

Fréquences	Valeurs de référence
Première fréquence propre	29,1856 Hz
Deuxième fréquence propre	37,2940 Hz
Troisième fréquence propre	66,3803 Hz

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Les voiles et les planchers 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. La semelle est modélisée par des éléments 3D et elle est considérée élastique.
On ne considère pas d'amortissement dans la modélisation.

Dans cette modélisation on relâche un DDL de rotation sur un nœud du poteau (relâchement nœud/nœud).

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient environ 2600 mailles et 2700 nœuds (sans considérer la semelle). Le maillage est celui de la Figure 3.2-1.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On calcule les trois premières fréquence propres à partir de l'analyse modale. **Un simple test de non-régression est fait.**

4.4 Remarques

Le relâchement provoque une légère modification des valeurs des fréquences propres.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Les voiles et les planchers 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. La semelle est modélisée par des éléments 3D et elle est considérée élastique.
On ne considère pas d'amortissement dans la modélisation.

Dans cette modélisation on relâche des DDL de rotation aux nœuds communs entre les poteaux et les planchers (relâchement nœud/plan).

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient environ 2600 mailles et 2700 nœuds (sans considérer la semelle). Le maillage est celui de la Figure 3.2-1.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On calcule les trois premières fréquence propres à partir de l'analyse modale. **Un simple test de non-régression est fait.**

5.4 Remarques

Le relâchement provoque une légère modification des valeurs des fréquences propres.

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Les voiles et les planchers 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. La semelle est modélisée par des éléments 3D et elle est considérée élastique.
On ne considère pas d'amortissement dans la modélisation.

Dans cette modélisation on relâche les DDL de rotation sur les arêtes communes entre les voiles et les planchers (relâchement plan/plan).

6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient environ 2600 mailles et 2700 nœuds (sans considérer la semelle). Le maillage est celui de la Figure 3.2-1.

6.3 Grandeurs testées et résultats

On calcule les trois premières fréquence propres à partir de l'analyse modale. **Un simple test de non-régression est fait.**

6.4 Remarques

Le relâchement provoque une légère modification des valeurs des fréquences propres.

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

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Les voiles et les planchers 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. La semelle est modélisée par des éléments 3D et elle est considérée élastique.
On ne considère pas d'amortissement dans la modélisation.

Dans cette modélisation on relâche les DDL de rotation sur les arêtes communes entre les voiles et les planchers (relâchement plan/plan). Par contre, avant de faire cette opération, on applique une rotation au maillage de la maquette selon les trois axes globaux.

7.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient environ 2600 mailles et 2700 nœuds (sans considérer la semelle). Le maillage est celui de la Figure 3.2-1.

7.3 Grandeurs testées et résultats

On calcule les trois premières fréquences propres à partir de l'analyse modale. Ces valeurs sont comparées avec les résultats obtenus avec la modélisation **D**.

Fréquences	Valeurs de référence (modélisation D)	Tolérance
1ère fréquence propre	24.7734 Hz	0,1 %
2ème fréquence propre	36.3761 Hz	0,1 %
3ème fréquence propre	65.1450 Hz	0,1 %

7.4 Remarques

On obtient exactement les mêmes valeurs qu'avec la modélisation **D** . Cette méthode valide l'écriture des relations cinématiques produit par l'outil Rtool.

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

8 Synthèse des résultats

L'analyse modale sur la maquette SMART permet de tester différentes modélisations créées à l'aide de l'outil Rtool pour le relâchement de DDL de rotation entre éléments de structure.
À travers ces analyses modales on teste différents types de relâchements à l'aide de Rtool, ainsi que l'écriture des liaisons cinématiques produites par l'outil.

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