

# OUTILS D'ANALYSE DU COMPORTEMENT SISMIQUE D'OUVRAGES DE GENIE CIVIL

## Modélisation du comportement sismique non-linéaire de structures en béton armé et qualification expérimentale

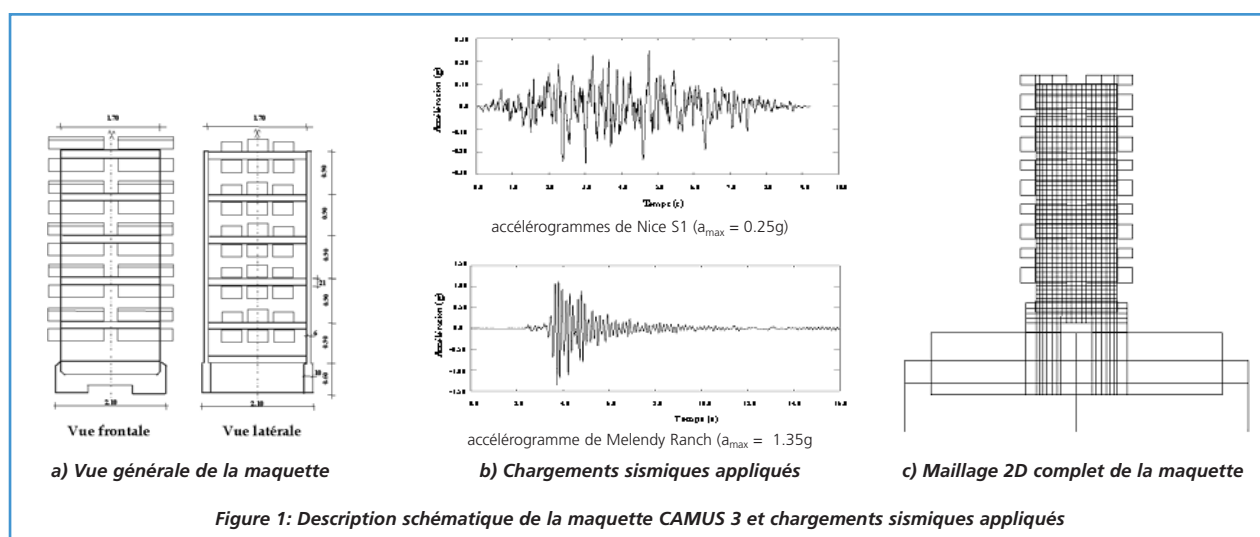
G. Heinfling (EDF SEPTEN), S. Moulin (EDF R&D Département AMA),  
N. Ile (INSA DE LYON URGC - STRUCTURES)

Pour répondre aux besoins d'évaluation sans marge excessive des conséquences d'une sollicitation sismique sur le comportement des ouvrages de génie civil, le SEPTEN conduit en collaboration avec la R&D un programme de recherche et développement concernant la modélisation des structures en béton armé jusqu'à la ruine. Parmi les apports significatifs de ce programme figure le développement de modèles de béton armé sous chargements alternés cyclés : modèle 2D orthotrope Nadaï\_B et modèle 3D isotrope endo\_isot\_béton. Un travail de qualification approfondie de ces outils est actuellement en cours. Outre la validation de ces modèles, ce travail doit aboutir à fiabiliser leur mise en oeuvre par l'émission de règles de bonne pratique concernant par exemple la modélisation géométrique ou l'identification conjointe des paramètres matériaux et des paramètres des algorithmes de résolution. Ce travail de qualification s'appuie sur la modélisation d'essais de structures en béton armé soumises à des chargement sismiques. A titre d'illustration, nous présentons ici les résultats obtenus par la modélisation de l'essai Camus 3 à l'aide du modèle Nadaï\_B et d'un essai de dalle de plancher à l'aide du modèle ENDO\_ISOT\_BETON.

### Modélisation de l'essai CAMUS 3 à l'aide du modèle Nadaï\_B

La maquette CAMUS 3 représente un modèle de bâtiment à l'échelle 1/3. Elle est composée de 2 murs (voiles) porteurs sans ouvertures, liés ensemble par 6 planchers, plus une longrine inférieure ancrée à la table vibrante (Figure 1a). Les caractéristiques mécaniques du béton ont été identifiées par des essais sur des éprouvettes F160 x 320 mm fabriquées lors du coffrage des voiles. Un accélérogramme artificiel déduit du spectre Nice S1 des règles PS92 et normé à 0.25 g (Figure 1b - haut) et signal naturel de type séisme proche dit de Melendy Ranch ont été appliqués. Ce dernier signal est plus riche en hautes fréquences, présente une intensité plus forte et une durée assez courte (Figure 1b - bas).

La sollicitation appliquée est horizontale et parallèle aux plans des voiles. Une demi-maquette est modélisée suivant une approche locale biaxiale, comportant un seul maillage (Figure 1c) ramené dans le plan médian du voile. Le voile, la longrine, les dalles, la couche de contact table-maquette ainsi que la table vibrante ont été représentés par des éléments de membrane à quatre nœuds (quatre points de Gauss) à interpolation bilinéaire des déplacements. Les masses additionnelles ont été



Recherche  
& Développement

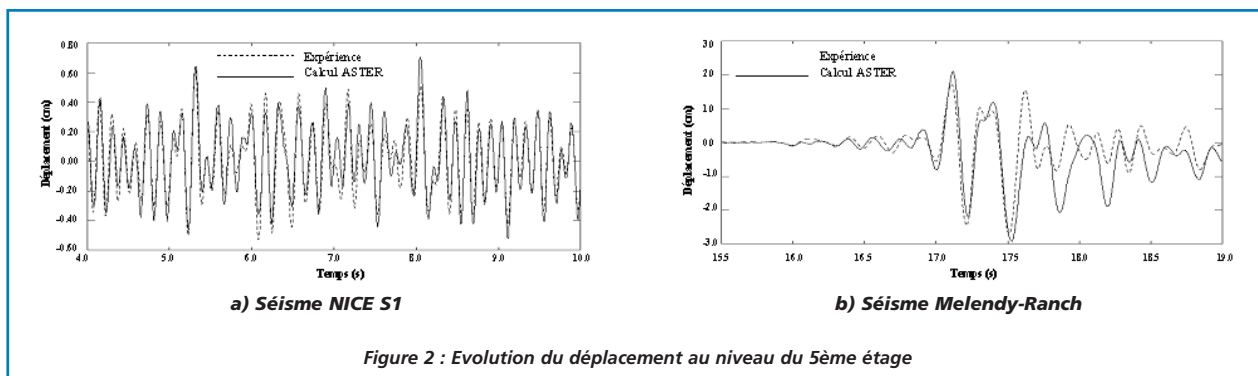


Figure 2 : Evolution du déplacement au niveau du 5ème étage

modélisées par le même type d'élément fini pour permettre la prise en compte des inerties de rotation. La table repose sur quatre appuis. La raideur de chaque appui est celle estimée lors des essais effectués à l'aide des blocs de béton. Des éléments de type barre à deux nœuds ont été utilisés pour représenter les aciers verticaux et horizontaux. Les aciers transversaux ne sont pas représentés dans la modélisation et l'adhérence acier-béton est supposée parfaite.

Les figures 2a et 2b présentent les résultats obtenus en terme de déplacement relatif de l'étage 5 respectivement pour le signal Nice 0.42g et pour le signal Melendy Ranch 1.35g. L'examen de ces résultats globaux montre une bonne concordance en amplitude et fréquence entre les résultats numériques et ceux issus de l'expérience. En particulier, l'écart entre les valeurs maximales mesurées et celles calculées est très faible.

### Modélisation d'un essai CEA sur une maquette de plancher de type P4 à l'aide du modèle ENDO\_ISOT\_BETON

La maquette P4 représente une dalle de plancher caractéristique du bâtiment BAS-BL 1300 MWe à l'échelle 1/2,5. La maquette est constituée d'une dalle principale, deux poutres sous plancher, deux voiles porteurs et un poteau connecté aux poutres (figures 3a et 3b). Afin de simuler la charge d'exploitation, des masses additionnelles sont disposées sur la surface du plancher. La maquette

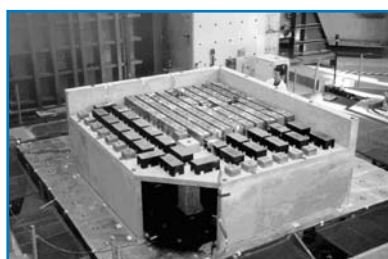


Figure 3a. Maquette d'essai CEA  
Vue générale

est fixée à la table par l'intermédiaire de 16 tiges de précontrainte ; ceci permettant d'assurer l'hypothèse d'encastrement. Le signal sismique appliqué est mono-axial vertical. Le programme d'essais est constitué de 9 niveaux d'accélération croissants.

Une modélisation coque de type DKT a été adoptée. Le modèle de comportement non linéaire ENDO\_ISOT\_BETON est utilisé en contraintes planes par l'intermédiaire d'une méthode de condensation statique. La comparaison entre les résultats des calculs non linéaires et les résultats expérimentaux présentée aux figures 4 et 5 montre une bonne capacité de la modélisation à représenter l'évolution des grandeurs globales (déplacements, accélérations) ainsi qu'à traduire de façon réaliste l'état de fissuration de la dalle en fin d'essais.

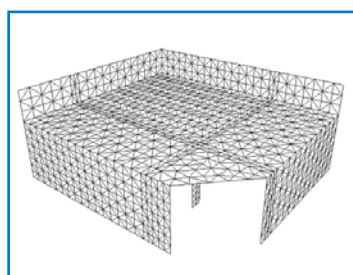


Figure 3b : Maillage de la maquette modélisation DKT

(déplacements, accélérations) ainsi qu'à traduire de façon réaliste l'état de fissuration de la dalle en fin d'essais.

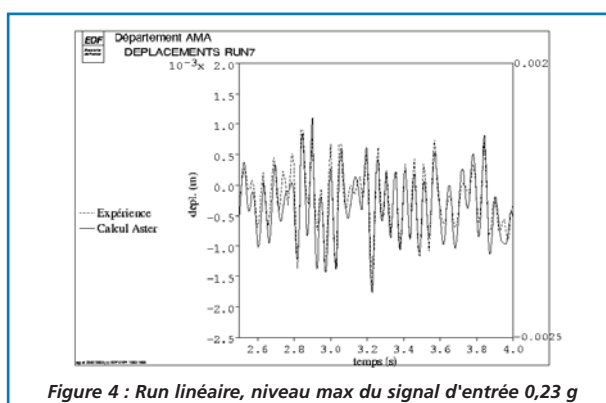


Figure 4 : Run linéaire, niveau max du signal d'entrée 0,23 g

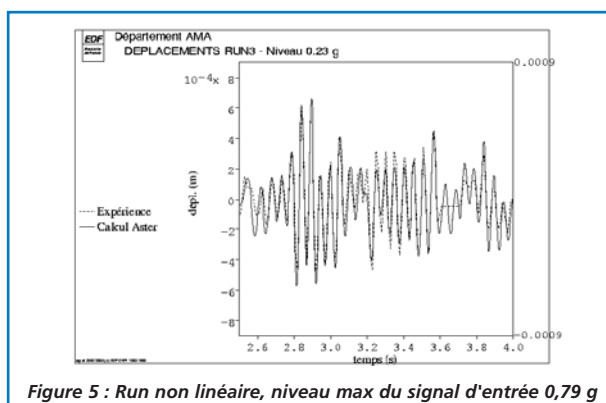


Figure 5 : Run non linéaire, niveau max du signal d'entrée 0,79 g