

# Résumés des Communications

## Etude de l'Influence de la Déformabilité des Planchers sur la Répartition des Forces Horizontales

Par

R. Adman et M. Rili

Institut de Génie Civil Université des Sciences et de la  
Technologie (USTHB - Alger)

Les planchers présentant des formes en plan complexes Té, L, U, etc . . . ne peuvent pas être supposés indéformables sous l'action sismique. Aussi, la réglementation (FPA 88) en vigueur dans notre pays préconise des formes en plan ne s'éloignant pas trop du rectangle ou du carré. Pour cela, il est conseillé de décomposer les formes complexes en des rectangles et carrés séparés par des joints sismiques. Cependant, dans certains cas, la bonne reprise des efforts de contreventement conduit à projeter des ouvrages de formes complexes sans joints sismiques.

La communication portera sur l'étude de la distribution des charges horizontales sur un plancher de bâtiment en tenant compte de sa flexibilité.

L'approche préconisée est de formuler un élément de poutre flexible reposant sur des appuis élastiques discrets. Ces appuis élastiques correspondent aux rigidités de cisaillement des éléments de contreventement : portiques, voiles, etc...

Cette étude permettra de prendre en compte les formes géométriques de certains planchers pour lesquels l'hypothèse d'indéformabilité n'est pas correcte.

A l'issue de cette étude il a été constaté une bonne corrélation entre les résultats numériques et expérimentaux obtenus :

- 1) Le modèle mathématique tenant compte uniquement de la flexion a permis d'obtenir une bonne corrélation surtout dans la détermination du mode fondamentale.
- 2) Le modèle mathématique tenant compte des **déformations de cisaillement** a permis d'obtenir de son coté des résultats acceptables : le mode fondamentale a été calculé avec 6% d'erreur. Ce modèle pourrait donner une bonne approximation dans le cas des structures peu élevées pour lesquelles la déformation de cisaillement est prépondérante.
- 3) Le modèle qui tient compte des déformations du sol, c'est-à-dire de l'interaction sol-structure, n'a pu être testé en raison de l'indisponibilité des données du sol.

Nous pouvons conclure que l'étude expérimentale par test dynamique sous vibrations ambiantes s'est avérée très satisfaisante pour le type de structures étudiées, elle permet en effet de déterminer expérimentalement les caractéristiques dynamiques à n'importe quelle étape de la construction, et pendant la mise en service de la structure.

Elle a permis par ailleurs, dans notre étude, l'analyse dynamique de deux châteaux d'eau, en déterminant avec un niveau de corrélation acceptable, les fréquences et modes propres ainsi qu'une bonne estimation du facteur d'amortissement par la méthode du décrément logarithmique.

## Analyse Sismique des Structures avec Excitations d'Appui Multiples

Par

H. Afra

Docteur ENPC Paris, Chargé de Recherche CGS - Alger

Les méthodes d'analyse sismique des structures sous excitations sismiques sont en général limitées au cas de l'excitation uniforme des différents points de liaison de la structure au milieu extérieur. Le calcul est alors effectué en supposant tous les appuis animés d'un même mouvement et donc l'ensemble de la fondation se déplace en corps rigide. Si les dimensions de la base de la structure sont relativement "petites" par rapport à la longueur d'onde sismique au niveau du rocher, la structure sera essentiellement soumise au même mouvement sur toute sa base et l'hypothèse est alors acceptable. Dans le cas contraire, la structure sera nécessairement soumise à des mouvements fortement différents le long de sa fondation. Donc, pour certaines structures telles que les grands bâtiments industriels, les barrages et les grands ponts, il se peut que les caractéristiques (amplitude et contenu fréquentiel) de l'excitation sismique varient notablement d'un support à l'autre, et dans ces conditions, le calcul en excitation uniforme devient imprécis. Par conséquent, il est important de développer des procédures d'analyse capable de prendre en compte le caractère multiple de l'excitation.

L'objet de cet exposé est de formuler les équations de mouvement d'une structure soumise à des excitations multiples. Cette formulation ne prétend pas être originale, mais on développe une méthodologie qui permet de traduire les excitations sismiques disponibles sous forme d'accélération ou de spectres de réponse et appliqués au niveau de la fondation en un chargement dynamique appliqué en structure et de traiter ce problème avec un programme de calcul de structure courant. Actuellement, on ne dispose d'aucun logiciel de calcul de structure permettant d'analyser une structure avec excitations multiples par simple entrée des différents accélérogrammes correspondant aux différents nœuds de liaison. Cependant, la plupart des programmes acceptent un chargement dynamique multiple appliqué en structure, défini en terme de force. C'est cette possibilité qui sera exploitée pour traiter le problème. Une application sur un exemple est présentée et les résultats

sont comparés avec ceux obtenus à partir d'un calcul avec excitation uniforme.

### Méthodes d'Identification de Systèmes et Application à la Modélisation des Données Accélérométriques

Par  
H. Afra

Docteur ENPC Paris, Chargé de Recherche CGS - Alger

De l'espace qui nous entoure, nous n'avons communément qu'une conscience fragmentaire et floue et pour réaliser ses projets, l'ingénieur a besoin de modèles qui lui permettent de simuler le comportement des systèmes physiques. Ces modèles peuvent être construits en utilisant la théorie d'identification de systèmes. Au sens étymologique, l'identification est l'action de rendre identiques deux termes préalablement différents. Au sens physique, l'identification est le processus qui consiste à construire un modèle mathématique d'un système réel à partir de la donnée de sa réponse à une excitation. Le modèle ainsi construit permet de prédire et de contrôler le comportement du système face à des excitations données.

Il existe deux grandes classes de méthodes d'identification :

- Les méthodes paramétriques pour lesquelles le modèle de comportement est présupposé et l'identification consiste alors à identifier sur l'espace des paramètres ceux qui donneraient au sens d'un certain critère un modèle dont les réponses s'accordent avec le champ expérimental.
- Les méthodes non paramétriques pour lesquelles aucune hypothèse n'est faite a priori sur le comportement de la structure. L'identification consiste alors à déterminer sur l'espace des fonctionnelles, celle qui donnerait la bonne représentation de la structure.

Dans cet article, nous présentons ces deux méthodes ainsi que leurs applications à des données accélérométriques mesurées en structures durant les séismes californiens récents. Des modèles de comportement linéaires et non linéaires de structures sont identifiés.

### Application of Finite Element Method to Optimum Shape Finding Analysis of Towered Cylindrical Shells Subjected to Static And Earthquake Loads

By  
H.J. Boukhenfouf

The aim of devising better design solutions which, while satisfying safety and performance "constraints", do it at least cost, is clearly not a new one. However in the present study it has been a paramount criterion. In other words, we have endeavoured to deal with one aspect of

the immense problem of optimization in structural design. Cylindrical shells have been treated by using finite element method in order to obtain the optimum shape for a given loading. Criteria of optimization such as reduction of stresses and displacement have been selected. As an application two numerical examples under the static and earthquake loads have been compared and discussed.

### Etude Numérique et Expérimentale de L'interaction Fluide-Structure dans les Barrages

Par

A. Chaker et F. Chalah

Institut de Génie Civil, Université des Sciences et de la Technologie (USTHB - Alger)

Le comportement dynamique de structures telles que barrages, réservoirs, châteaux d'eau est fortement influencé par la présence du liquide au voisinage ou en contact avec le solide. Il est donc essentiel de prendre en compte l'interaction fluide-structure dans l'étude de tels ouvrages.

Parmi les approches existantes on peut citer la technique des masses ajoutées, la modélisation des deux domaines par éléments finis avec comme inconnues un champ de déplacement pour le solide et un champ de pression pour le liquide. L'approche utilisée dans ce travail consiste à représenter également les deux domaines par des éléments finis de type déplacement aussi bien pour le solide que pour le fluide et à relier les inconnues dans les deux domaines au moyen de nœuds et d'éléments d'interface.

Un programme d'éléments finis bidimensionnels a été développé et mis au point sur cette base en utilisant des éléments paramétriques à quatre nœuds et des éléments d'interface appropriés. Les valeurs propres et modes propres de l'ensemble sont déterminés par les méthodes classiques (méthode de Jacobi et variantes).

Une expérimentation numérique a été réalisée au moyen de ce programme et a permis d'identifier sur des exemples réalistes l'effet de la finesse du maillage, de la hauteur d'eau et de l'étendue du domaine liquide en amont de la digue.

L'interprétation des résultats numériques a permis de confirmer l'influence de l'interaction fluide-structure et de tirer des conclusions quant à l'intérêt et la validité de l'approche adoptée et d'envisager des extensions possibles.

### Etude Numérique et Expérimentale des Caractéristiques Dynamiques des Structures Circulaires par Test Dynamique sous Vibrations Ambiantes

Par

M. Naili

L'étude expérimentale à échelle réelle est une méthode efficace pour déterminer les caractéristiques mécaniques

ques et dynamiques des structures de Génie Civil. Elle permet en effet de vérifier la validité des modèles mathématiques utilisés pour le calcul et le dimensionnement de ces structures. Pour étayer cette hypothèse, une étude numérique et expérimentale a été menée sur deux châteaux d'eau circulaires, ayant pour hauteur respective 38 et 48 m. Le critère de référence, pour vérifier la validité du modèle mathématique choisi devra dépendre de la bonne corrélation qui existerait entre les caractéristiques dynamiques déterminées numériquement d'une part, et expérimentalement d'autre part.

L'étude a été réalisée en élaborant un programme de calcul permettant la détermination des fréquences et modes propres de ces structures.

Ce programme prend en compte trois modèles mathématiques basés sur l'élément fini de poutre. Quant à l'étude expérimentale, elle a été effectuée par test dynamique sous vibrations ambiantes ; les caractéristiques modales, les fréquences qui lui sont associées ainsi que la valeur de l'amortissement ont pu être déterminées expérimentalement.

### **Seismic Hazard of three Selected Areas in Egypt for Construction of Nuclear Power Plants**

By

**Ramses Nashed Hanna Albert**

Head General Seismology Department National Institut of Astronomy and Géophysics, Helwan Egypt  
Consultant of National Nuclear Safety Center

Data related to earthquakes occurred within 320 km radius around three proposed sites for constructing nuclear power plants in Egypt, in the periode from 2200 B.C to 1985 A.D, have been collected and evaluated. The epicenter distribution pattern and the frequency of occurrence of these earthquakes are studied. Moreover, the expected larger event to occur in the three sites is calculated. Estimation of maximum expected ground acceleration have been done. Some Engineering aspects are discussed.

### **Suggested Seismic Trends in Northern Egypt, its Relation with Tectonics and 12th October 1992 Cairo Earthquake**

By

**Ramses Nashed Hanna Albert**

The distribution pattern of the epicenters of historical and recent earthquakes in northern, Egypt suggests five seismic trends, mostly in a good agreement with the distribution of major tectonic features. The 12th october 1992, Cairo Earthquake occurred one of these trends. This earthquake effect is explained. Moreover, its intensity distribution and some engineering aspects are also considered.

### **Proposition de Critères Géologiques pour le Zonage Sismique Contribution à la Prévention des Catastrophes Naturelles au Maroc Nord**

Par

**L. Ait Brahim**

Département des Sciences de la Terre, Laboratoire de Géologie Structurale, Faculté des Sciences, Rabat, Maroc  
**P. Chotin / M. Rozanov**

Département de Géotechnique, Laboratoire de Géologie-Géomorphologie structurale et Télédétection. Paris France.

La carte de zonages sismiques a été obtenue à partir de l'utilisation de paramètres néotectoniques et géologiques auxquels sont associés les données gravimétriques. Elle constitue une tentative d'estimation de la magnitude maximum des séismes possibles de se produire. Elle est basée uniquement sur la relation tectonique-sismicité. La méthode mathématique utilisée est celle qui a été expérimentée dans le Caucase par Borisssof et al. (1976) sur le calcul des probabilités de Bune et al. (1975). Ces paramètres sont :

- 1 - Le rejet des mouvements verticaux récents : ce paramètre est défini à partir de la carte néotectonique du Maroc Nord (Ait Brahim, 1991),
- 2 - Gradient horizontal des mouvements verticaux récents,
- 3 - Principales failles et flexures actives,
- 4 - Failles transverses à ces structures,
- 5 - Zone d'intersection des différentes failles,
- 6 - Volcanisme récent,
- 7 - Gradient horizontal des anomalies de Bouguer,
- 8 - Les anomalies isolées de Bouguer,
- 9 - Les crêtes et les vallées du relief gravimétrique.

La carte de la distribution des valeurs probables des magnitudes maximales des séismes, montre 3 principales zones :

- 1 - Les zones à haut risque : situées le long des Atlas, le Rif oriental et la péninsule de Tanger. La côte atlantique marocaine devrait être considérée comme zone à haut risque à cause des séismes de forte magnitude de la zone des Açores, et des raz de marée qui peuvent les accompagner.
- 2 - Les zones à risque moyen : localisées à proximité et autour des zones à haut risque.
- 3 - Les zones à risque faible : la Meseta occidentale, le Rharb, l'Anti-Atlas, les Hammada, et le Maroc oriental.

Cette carte constitue un document de base pour tout projet d'aménagement du territoire ou d'élaboration de règles de construction parasismiques.

### Recalage des Modèles de Bâtiment en Utilisant la Méthode de Sensibilité

Par

B. Supriyadi, M.N. Amrane et L. Jezequel

Département de Mécanique des Solides,  
Ecole Centrale de Lyon, France

De nombreuses méthodes permettant l'amélioration de la qualité des modèles analytiques à partir de résultats expérimentaux ont fait l'objet de plusieurs investigations; et sont souvent appelées "procédés de recalages". Afin de se rapprocher des caractéristiques modales des structures réelles, nous proposons dans ce travail une procédure de recalage spécifique permettant d'optimiser les modèles type "brochettes". Les résultats du modèle de recalage issus de l'application de la méthode de sensibilité utilisée sont présentés dans ce travail.

### Risque Sismique dans la Région de Ténès : Identification d'une Faille Active Et le Séisme du 25 Août 1922

Par

A. Aoudia et M. Meghraoui

Centre de Recherche en Astronomie,  
Astrophysique et Géophysique (CRAAG - Alger)

La région d'Abou El Hassan (ex Cavaignac) située à 15 Km au sud-ouest de Ténès a été ébranlée par une violente secousse sismique le 25 Août 1922 (I = VIII, MSK). Ce séisme a été enregistré dans plusieurs stations à travers le monde (Helwan, Strasbourg, San Fernando, Coïmbra, etc...), et a généré des fissures et des blocs tout le long du pli actif.

L'intensité VIII a été atteinte à Abou El Hassan où les effets du séisme ont été particulièrement destructeurs. La tendance des isoséistes s'oriente selon une direction ENE-WSW, elle indique la répartition des mouvements de terrain qui peut être corrélée avec une structure active. Les investigations de terrain ont permis l'identification d'une faille inverse. Les traces de surfaces observées, marquées essentiellement par un escarpement de faille montrent un mouvement vertical cosismique d'1 m minimum qui nous semble être lié au séisme de 1922. Au cours de ce dernier, cette composante verticale de la contrainte a causé l'écroulement des piliers soutenant les toits des hangars, quant à la composante horizontale, cisailante, elle inclina les murs et les cheminées. Cette faille active est associée à un pli de direction NE-SW, long d'environ 32 Km, nettement dissymétrique avec un déversement vers le SE. La morphologie d'ensemble montre la coïncidence de l'escarpement de faille avec la bordure nord-ouest du bassin quaternaire de oued Allah. L'étagement de trois niveaux de terrasses alluviales de la rive gauche de oued Allah qui se surimpose à la structure, suggère l'existence d'un escarpement de faille multiple. Le rejet topographique maximum observé atteint  $287 \pm 20$ m. Le tracé de la faille est courbe et montre une subdivision en trois segments, ayant et pou-

vant produire un séisme caractéristique. A partir des observations de terrain nous avons estimé un moment sismique  $M_0 = 3.6 \cdot 10^{25}$  dyne.cm correspondant à une magnitude de  $M_W = 6.1 \pm 0.2$ .

Une telle structure sismogénique remarquablement similaire à celle d'El Asnam pourrait générer un séisme de forte magnitude  $M \geq 6.5$  d'où la nécessité d'une réelle estimation du risque sismique.

### Analyses Non-linéaires Statique et Dynamique des Barrages en Terre Application au Barrage d'El Infiernillo (Mexique)

Par

D. Aubry (\*) et I. Benzenati (\*\*)

(\*) Ecole Centrale de Paris

(\*\*) Ecole Nationale des Travaux Publics d'Alger

Des résultats de simulation numérique du comportement du barrage d'El Infiernillo sont présentés dans ce présent rapport. Ce barrage a été choisi dans le cadre du premier Benchmark du calcul numérique des barrages en terre (Bergame, Mai 1991) organisé par "International Commission on Large Dams (ICOLD)" et ISMES (Italie). Le barrage d'El Infiernillo représente un cas de validation de codes de calcul assez intéressant puisqu'il s'agit d'un ouvrage équipé d'instruments de mesures tels que des piézomètres, des inclinomètres, des accéléromètres et des jauges de déformations. C'est ainsi que depuis le début de la construction du barrage en 1960, des mesures de l'évolution des pressions interstitielles, des tassements, et des déformations ont été effectuées à divers profils du barrage. De plus, des mesures de tassements et d'accéléérations ont été enregistrées durant les différents séismes qui ont secoué le barrage. Plusieurs études utilisant différentes méthodes de stabilité ont été menées sur ce barrage et ont fait l'objet de nombreuses publications. La présente analyse a été effectuée en déformations planes à l'aide du code de calculs GEFDYN qui s'appuie sur un modèle de milieu poreux couplant déformations et pressions interstitielles et utilisant une méthode d'éléments finis. Le modèle de comportement élastoplastique cyclique multimécanismes de Hujeux a été adopté pour décrire le comportement rhéologique des matériaux constituant l'ouvrage.

### Identification des Paramètres Dynamiques d'une Sous-Structure

Par

M. Bensaïbi, C. Gontier, R.J. Gibert, D. Clouteau

Le problème de l'identification des paramètres dynamiques d'une structure a donné lieu à de nombreuses méthodes. Aux méthodes fréquentielles classiques sont venues s'ajouter plus récemment des méthodes temporelles directes basées sur le modèle ARMA.

Dans cet article nous proposons une application de la méthode ARMA à l'identification d'une fonction de transfert localisée.

Une structure S étant composée de deux sous-structures S1 et S2, on suppose que la sous-structure S1 peut être parfaitement décrite en éléments finis ; par contre la sous-structure S2 est inconnue (un joint, un assemblage). En sollicitant la structure pour en analyser la réponse on se propose d'identifier la sous-structures 2 par sa fonction de transfert externe. Une méthode d'identification est proposée et un code de calcul a été développé.

### **Modélisation Physique des Excitations Sismiques en Géotechnique Etat des Connaissances**

Par

**A. Bouazza**

Institut de Génie Civil Université des Sciences et de la Technologie (USTHB - Alger)

Les techniques de modélisations dynamiques en géotechnique ont connu un développement considérable depuis un certain nombre d'années. Celles-ci ont concerné particulièrement les systèmes de vibrations (centrifuge, table vibrante, etc...), les systèmes d'acquisition et les techniques d'analyses. Ce type de modélisation est très important du fait qu'il permet de donner un aperçu sur les problèmes sismiques qui existent en géotechnique, et aussi de les solutionner.

Dans la présente communication, l'auteur fait une revue des différentes techniques utilisées à travers l'expérience de certains pays pour arriver à une modélisation physique fiable.

### **Le Séisme du 29.10.1989 et la Stabilité des Versants du Mont Chenoua**

Par

**R. Bougdal**

Maître assistant, Institut des Sciences de la Terre (USTHB - Alger)

**B. Benzai**

Ingénieur géologue, Laboratoire des Travaux Publics du Centre (LTPC)

Le séisme du 29.10.1989, de magnitude 6,1 (C.R.A.A.G. 1990), qui s'est produit dans la région de Tipasa-Chenoua, s'est manifesté en surface, par des mouvements gravitaires variés : glissements de terrain, écroulements, chutes de blocs, associés à une fissuration importante. Un contact tectonique Est-Ouest, chevauchant, post-pliocène, a été réactivé. Les types d'instabilité observés et leurs mécanismes, sont liés aux deux grandes structures morpho-lithologiques qui caractérisent le Mont Chenoua.

Au Nord, la dorsale calcaro-conglomératique (Jurassique-Oligocène) qui culmine à 904m d'altitude, offre une morphologie très escarpée, notamment sur la corniche N.E. qui surplombe la méditerranée.

L'observation des talus du chemin de wilaya 109 (CW 109), qui longe cette corniche, montre une grande vulnérabilité de la dorsale, a priori robuste, aux secousses sismiques. En effet, de nombreux écroulements et chutes de blocs s'y sont produits, par suite d'une réouverture ou d'un élar-

gissement des discontinuités prédécoupant le massif.

Au Sud, les piedmonts du Chenoua, où se développe un habitat rural de plus en plus dense, sont constitués par des terrains néogènes marneux et calcarénitiques, distribués sur des pentes moins accentuées qu'au Nord.

Les marnes plaisanciennes, très plastiques en présence d'eau, occupent des versants de faible stabilité. De nombreux glissements de terrain, en partie réactivés par le séisme, se sont produits.

La calcarénite astienne, de consistance rocheuse mais fragile, a subi une fissuration intense, et des écoulements systématiques sur les bordures de falaises.

L'analyse structurale des instabilités le long de la corniche calcaire et conglomératique (versant Nord), montre leur mécanisme, et les tronçons les plus vulnérables du CW 109, en vue de sa réouverture au trafic routier.

Sur le versant Sud du Chenoua, les résultats d'une étude géologique et géotechnique, sont illustrés par des cartes thématiques au 1/12 500, et une carte synthétique, à la même échelle, dégageant l'aptitude des terrains aux travaux d'aménagement et d'urbanisme.

### **L'effet des Charges Cycliques sur la Consolidation des Argiles**

Par

**M. Bouteldja**

Maître assistant, Institut des Sciences de la Terre (USTHB - Alger)

Dans beaucoup de cas (vibrations de machines, séisme, effet de la houle), les dépôts d'argiles sont soumis à des charges cycliques d'intensité et de durée considérables qui peuvent engendrer des déformations importantes au niveau des fondations. Les tassements sont estimés par la théorie classique de la consolidation qui est valable pour les charges statiques.

Pour simuler ce comportement au laboratoire, des essais de consolidation statiques et cycliques ont été réalisés sur une argile sensible du Québec. L'effet des cycles sur la déformation, la pression interstitielle et la pression de préconsolidation dépend de la fréquence des cycles, du nombre de cycles ainsi que de l'état de contrainte statique et cyclique. Les différents résultats vont être présentés dans cette étude.

### **Prise en Compte des Torsions d'Axe Vertical dans les Modèles Simplifiés Utilisés pour l'Analyse Sismique des Bâtiments**

Par

**A. Capra**

Responsable du Bureau d'études  
Entreprise Spie-Batignolles

**R. Souloumiac**

Conseiller en génie parasismique Bureau Veritas

Lorsque les structures de bâtiments moyennement réguliers soumis à l'action sismique sont analysées sur des modèles simplifiés, de type brochette verticale par

exemple, les effets des torsions d'axe vertical sont généralement pris en compte par une distribution statique des efforts globaux sur les plans de contreventement de ces structures.

Cette approche, qui néglige les modes de vibration de torsion, peut conduire à une évaluation largement erronée des efforts locaux qui sollicitent les différents plans de contreventement de la structure.

Dans la présente communication, nous avons procédé à une étude paramétrique d'un bâtiment, à plusieurs étages de masse identique, et contreventé par deux voiles dans la direction de calcul ; les grandeurs paramétrées ont été l'excentricité structurale, l'inertie sectorielle et le moment d'inertie massique. Dans le modèle représentant la structure il a été fait l'hypothèse raisonnablement réaliste de l'indéformabilité des planchers dans leur plan, et n'ont été considérés que le degré de liberté dynamique de translation dans la direction de calcul et le degré de liberté dynamique de torsion autour de la verticale.

Dans la recherche des modes propres de vibration, il a été trouvé deux grandes familles : les modes à translation prédominante et les modes à torsion prédominante. Il a été démontré, et vérifié dans les centaines de cas étudiés, une propriété dynamique tout à fait remarquable : si le premier des modes propres est un mode de flexion, la distribution des efforts dans les deux voiles de contreventement est peu différente de la distribution statique ; si par contre le premier des modes propres est un mode de torsion, la distribution des efforts dans les deux voiles de contreventement est opposée à la distribution statique.

Il sera d'ailleurs démontré et proposé une formule simple permettant avant tout calcul, de savoir dans quel cas se trouve le projecteur, par comparaison des deux grandeurs :

$$e^2 + r^2 \text{ et } D^2 / 12$$

avec

$$\begin{cases} e = \text{excentricité de calcul} \\ r^2 = \text{inertie sectorielle/inertie de flexion} \\ D = \text{diagonale du plancher} \end{cases}$$

Les considérations précédentes nous ont permis d'estimer l'erreur commise dans l'analyse sur modèle simplifié, et de proposer une approche correctrice permettant au projecteur de tenir compte forfaitairement des effets dus à la torsion.

### Failles Actives, Paléosismicité et Périodes de Retour des Tremblements de Terre en Algérie du Nord

Par

M. Meghraoui, F. Doumaz et Y. Rouchiche  
CRAAG - Alger

Durant les 15 dernières années, l'Atlas Tellien algérien a connu une recrudescence de l'activité sismique. Plusieurs tremblements de terre de moyenne à forte

magnitudes ont eu lieu sur des zones actives telles que : El Asnam 1980 (M = 7.3), Tiaret 1985 (M = 5.5), Constantine 1985 (M = 5.9), Oued Djer 1988 (M = 5.5) et Tipasa-Chenoua 1989 (M = 6.1) ; des failles capables de produire des déplacements cosismiques visibles en surface ont été identifiées.

Parmi les structures géologiques responsables de cette sismicité, le pli-faille inverse d'El Asnam est celle qui révèle le processus d'évolution dynamique le plus significatif. Les analyses paléosismiques en tranchées effectuées sur cette faille inverse ont montré l'alternance des périodes de calme et d'intense activité sismique durant les 10 000 dernières années (Holocène). Cette région présente donc les caractéristiques types des zones susceptibles de produire des séismes destructeurs en Algérie. A une échelle plus globale, cette distribution des séismes dans le temps doit être associée à la répartition des séismes le long de la chaîne tellienne. En effet, des zones auparavant non sismiques durant un certain laps de temps sont réactivées. Des études détaillées sismotectoniques révèlent l'existence de failles actives accompagnées par des déformations remarquables de terrains jeunes (Quaternaire récent), situés dans des régions au calme sismique inquiétant. Une zonation sismique et tectonique est établie pour l'ensemble du nord algérien.

Des périodes de retour des séismes forts et modérés ont été calculées sur la base des vitesses de déformation des terrains par région (slip rate), de la sommation des moments sismiques, des résultats paléosismiques (alternance des périodes de calme et d'activité intense) ainsi que des analyses probabilistes des données de la sismicité historique. Par conséquent, pour les plus forts séismes (M>7) et durant les périodes de forte activité sismique, la période de retour est de 300 à 500 ans. Dans le cas des séismes modérés (5<M<6.5), la récurrence semble se situer entre 20 et 40 ans. Une carte de synthèse sur la distribution de l'activité sismotectonique accompagnée d'une estimation de l'occurrence des séismes destructeurs futurs est présentée.

### Le Séisme de Tipasa du 29 Octobre 1989 Implications sur l'Aléa Sismique dans la Région d'Alger

Par

Y. Rouchiche, F. Doumaz et M. Meghraoui  
CRAAG - Alger

Un séisme superficiel et destructeur a affecté la région côtière de Tipasa, située à 70 Km à l'ouest d'Alger. La secousse principale a été ressentie dans un rayon de 200 Km au-delà de la zone épiscopale et particulièrement dans la zone urbanisée d'Alger. Elle a été localisée par le C.R.A.A.G dans le Mont Chenoua à proximité du littoral. D'importants dommages dans les localités de Nador et de Sidi Moussa ont été recensés (22 morts, 300 blessés, et une destruction totale de vieilles maisons, d'écoles et d'édifices publics). Des ruptures de surface, cosismiques, sur le flanc sud du Mont Chenoua

ont été observées. Des fentes et des fissures s'étendent sur environ 4 Km avec un déplacement vertical moyen de 7 cm, ces ruptures affectent des bancs verticalisés appartenant à la flexure néogène. L'enregistrement des répliques durant plusieurs semaines, a permis de compter une moyenne de 100 événements par jour ( $1 < M < 5$ ), celles-ci se distribuent sur une zone ENE-WSW à NE-SW et s'étendent en mer. En profondeur, la distribution des événements sismiques est superficielle ne dépassant pas les 20 Km ainsi qu'une géométrie de faille complexe avec un plongement vers le NW. Le mécanisme au foyer déduit à partir des lectures des premiers mouvements des sismogrammes du choc principal, correspond à celui d'une faille inverse avec un plongement NNW, en concordance avec les observations de terrain et la distribution des répliques en profondeur.

Le catalogue sismique de la région côtière d'Alger (Tipasa-Alger) ainsi que la configuration structurale du Sahel, confirme le caractère sismotectonique de cette région qui est une partie intégrante de l'Atlas Tellien. Ce domaine, soumis à un régime tectonique compressif, donne naissance à des plissements et des ruptures en faille inverse génératrices de séismes cachés de moyennes et fortes magnitudes. L'événement du 29.10.1989 ( $M = 6.1$ ) n'est que le résultat de la réactivation de l'extrémité ouest du pli du Sahel qui mesure 80 Km de long. Cette structure côtière préalablement identifiée (avant 1989) est capable de générer des séismes (en mer ou continentaux) plus violents si l'on se réfère à toute sa longueur, d'où la notion du séisme caractéristique qui dans ce cas serait probablement de  $M > 7$ . Les enseignements tirés du séisme de Chlef en 1980 ( $M = 7.3$ ), lors de la réactivation d'une structure sismogénique identique (pli-faille) sur plus de 36 Km, montrent l'intérêt d'une urgente et sérieuse évaluation du risque sismique dans la région côtière d'Alger, qui est d'après la sismicité historique, une zone potentielle en sources sismiques très violentes et donc à haut risque.

### Vulnerability and Risk Reduction for Urban Areas

By

**A. El-Remaily**

Lecturer Assistant, National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan - Egypt

**M. Sobaih**

Professor of Structures, Cairo University, Giza - Egypt

**R. Kebeasy**

Professor of Geophysics, National Research Institute of Astronomy and Geophysics

This paper deals with the prediction of earthquake losses in urban areas, which is a significant part of the larger problem of management of seismic risk in urban areas. The objective of this study is to help researchers, planners, risk managers, and other decision makers to understand and reduce seismic risk in urban areas.

A comprehensive review for previous work in vulne-

rability and damageability analysis has been made. Some causes of high vulnerability are highlighted, then emphasis is put on the vulnerability index method. This index is a number representing the seismic quality of the building and is obtained as the weighted sum of the scores attributed to a certain number of structural and non-structural parameters chosen as representing different aspects of the seismic performance of the building.

An integrated model for vulnerability analysis and risk assessment and its reduction in urban areas is elaborated with particular care in making it simple and flexible, so that modifications and improvements of the single steps and laws can be easily inserted without altering the whole framework.

To achieve the above objectives, a computer code was developed with the ability to analyze, combine and exploit all available data on seismic vulnerability, exposition and hazard, and estimate the expected economic and human losses due to earthquakes of different intensities. The program also gives the effect of different strengthening strategies in order to account for prior strengthening and decision making.

### L'identification Modale dans le Domaine Temporel

Par

**C. Gontier**

Ecole Centrale de Paris, Laboratoire de Mécanique des Sols et Structures (France)

**M. Smail**

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger (ENP)

L'article traite de l'identification des systèmes mécaniques linéaires, sous sollicitations dynamiques, dans le domaine temporel.

La modélisation discretisée utilise la représentation A.R.M.A (autorégressive à moyenne mobile). L'identification des paramètres A.R.M.A du système conduit aux valeurs des paramètres modaux (partie A.R) et permet de remonter aux caractéristiques mécaniques M,C,K matrices masse, raideur et amortissement successivement (partie M.A).

Les méthodes mises en oeuvre sont issues de la méthode des "moindres carrés", mais il est bien connu que cette méthode donne, dans le cas des mesures bruitées, des résultats biaisés.

Ce biais est éliminé en utilisant : soit des méthodes avec filtrage adaptatif soit des méthodes corrigeant la matrice de corrélation.

L'article montre les performances de ces méthodes dans des situations considérées habituellement comme difficiles :

- un niveau de bruit de mesure important,
- un fort taux d'amortissement avec des mesures bruitées,
- des modes rapprochés,
- un grand nombre de modes.

### Caractérisation et Modélisation du Comportement Cyclique des Sols

Par

**P.Y Hicher (\*)**

Maître de conférence

**M. Kordjani (\*)**

Chercheur

(\*) Laboratoire de Mécanique  
Ecole Centrale de Paris

Un appareillage original a été développé au laboratoire (El-Hosri 84) pour la détermination des caractéristiques mécaniques en petites déformations.

Pour des déformations homogènes comprises entre  $10^{-5}$  et  $10^{-2}$ , il permet de mesurer le module d'Young, le coefficient de Poisson et le coefficient d'amortissement avec une grande précision.

Pour intégrer ces paramètres dans le code de calcul existant au laboratoire en vue de calculs prenant en compte des effets sismiques, une modélisation est nécessaire. A cet effet, un modèle élastoplastique cyclique multimécanisme a été développé.

Des résultats de cette modélisation ainsi que des simulations de comportement de sols en régimes monotones et cycliques seront présentés.

### Analyse Sismique des Systèmes Barrage-Fondation-Réservoir avec Amortissement Non-Proportionnel

Par

**L. Mehai**

Etudiant gradué, Département de génie civil, Université de Sherbrooke, Sherbrooke - Québec

**P. Paultre**

Professeur agrégé, Département de génie civil, Université de Sherbrooke, Sherbrooke - Québec

**P. Léger**

Professeur agrégé, Département de génie civil, Université McGill, Montréal - Québec

La conception aséismique des barrages doit prémunir contre tout risque de rupture car la défaillance d'un grand barrage a des conséquences désastreuses. Les études récentes montrent que les interactions barrage-fondation et barrage-réservoir influent significativement sur la réponse dynamique des barrages. La modélisation du système combiné barrage-fondation par éléments finis aboutit à une matrice d'amortissement non-proportionnelle du fait que les coefficients de dissipation de l'énergie du barrage (en béton) et de la fondation (en rocher) sont différents et à cause de la disposition de frontière absorbante de la fondation pour empêcher la réflexion des ondes à l'intérieur du maillage. Dans ce cas, les modes de vibration non-amortis utilisés dans la méthode de superposition modale ne peuvent pas découpler les forces d'amortissements du système.

En 1976, Clough et Mojtahedi énumèrent plusieurs méthodes de calcul des réponses linéaires des systèmes à

amortissement non proportionnel. Le but de cet article est de présenter les trois catégories de méthode utilisées (méthode d'intégration directe, méthode de superposition des modes réels et méthode de superposition des modes complexes) avec les récentes techniques de réduction des coordonnées et de faire une étude comparative entre ces méthodes du point de vue de l'efficacité numérique, de la précision dans les calculs des contraintes internes et de l'erreur dans la distribution de l'énergie dans les différentes composantes du système. Une discussion sur les avantages et les inconvénients de chaque méthode sera aussi menée.

Dans la dynamique des structures, il y a deux stratégies fondamentales de résolution ; la méthode de superposition modale et la méthode d'intégration directe. Le choix entre ces deux stratégies dépend de la nature du problème (linéaire ou non-linéaire) et du contenu fréquentiel de l'excitation. La méthode de résolution directe est appropriée pour les problèmes non-linéaires ou si le contenu fréquentiel de l'excitation est susceptible d'exciter un grand nombre de modes de la structure, ce qui est le cas dans les problèmes d'impact. Toutefois, elle peut être utilisée pour les problèmes dont l'amortissement est non-proportionnel. L'analyse directe d'une structure linéaire à amortissement non-proportionnel implique l'intégration numérique pas à pas des équations du mouvement :

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = f(t)$$

Dans cette équation  $M$ ,  $K$  et  $C$  désignent, respectivement, les matrices de masse, de rigidité et d'amortissement de la structure ;  $f(t)$  désigne le chargement dynamique au cours du temps et  $\ddot{u}(t)$ ,  $\dot{u}(t)$ ,  $u(t)$  désignent respectivement les accélérations, les vitesses et les déplacements de la structure. La méthode d'intégration numérique  $\theta$  de Wilson qui est une méthode d'intégration directe est retenue dans cette étude pour servir de référence.

D'autre part, la méthode de superposition modale est adéquate pour l'analyse dynamique linéaire des structures dont les premiers modes propres sont susceptibles d'être excités. En fait, cette technique peut être subdivisée en deux classes selon la nature des modes propres utilisés dans le processus de superposition. Le cas des structures à amortissement proportionnel nécessite comme base de la solution des modes propres réels qui sont les solutions de l'équation homogène sans amortissement :

$$\omega^2 M\phi = K\phi$$

$\omega$  et  $\phi$  désignent les fréquences et les vecteurs propres non-amortis de la structure. Une telle base de vecteurs propres ne peut pas découpler les équations du mouvement des structures à amortissement non-proportionnel. Néanmoins, plusieurs techniques sont disponibles pour évaluer les réponses des équations modales couplées. Les techniques retenues sont : (i) l'hypothèse de l'amortissement proportionnel ; (ii) l'intégration avec la

méthode  $\theta$  de Wilson ; (iii) l'intégration par itérations successives, proposée par Ibrahimbegovic et Wilson et l'intégration par superposition des modes complexes.

Par ailleurs, le cas des structures à amortissement non-proportionnel nécessite l'utilisation comme base de la solution des modes propres complexes qui sont les solutions de l'équation quadratique suivante :

$$[\omega^2 \mathbf{M} + \tilde{\omega} \mathbf{C} + \mathbf{K}] \tilde{\Psi} = 0$$

$\tilde{\omega}$  et  $\tilde{\Psi}$  désignent les fréquences et les vecteurs propres complexes de la structure. Dans cette étude, deux algorithmes de génération des vecteurs de Ritz complexes seront combinés à la méthode de superposition des modes amortis afin de réduire efficacement le nombre des coordonnées. Il s'agit de l'algorithme de Chen et Taylor et de Zheng et al. D'autre part, l'algorithme de génération des vecteurs de Ritz réels, dépendant du chargement, est retenu pour réduire les coordonnées dans la procédure de superposition des modes réels.

Des études paramétriques ont été menées sur un modèle bidimensionnel d'éléments finis du système barrage-fondation d'un barrage poids en béton. L'interaction barrage-réservoir est modélisée par la méthode de Westergaard. Le chargement sismique est appliqué avec le modèle de l'accélérogramme déconvolué à la base de la fondation. Une disposition de frontière absorbante au niveau de la fondation est adoptée en vue d'empêcher la réflexion des ondes sismiques. L'amortissement de la fondation et le rapport des modules d'élasticité de la fondation rocheuse et du barrage sont les deux paramètres retenus dans cette étude. Les déplacements et les accélérations horizontaux de la crête du barrage, le cisaillement à la base et les contraintes aux faces amont et aval au niveau du changement de la section du barrage sont aussi comparés. Les énergies sismiques, élastiques, cinétiques et d'amortissements dans le barrage, la fondation et les frontières absorbantes de celle-ci sont évaluées et discutées.

Il a été constaté que l'omission des termes hors-diagonale dans l'hypothèse de l'amortissement proportionnel donne des résultats inacceptables pour des valeurs du coefficient de l'amortissement de la fondation relativement élevées (2040 accélérations, du cisaillement à la base et des contraintes aux faces amont et aval sont sous-estimés, tandis que l'énergie d'amortissement dans le barrage est sur-estimée.

Toutefois cette hypothèse donne des résultats comparables aux résultats exacts pour des coefficients d'amortissement relativement faibles (5 équations modales, réelles, du système réduit donnent des résultats analogues à l'intégration directe dans l'espace géométrique du système. Les méthodes restantes donnent des résultats très rapprochés et qui sont comparables avec la méthode exacte. L'erreur commise sur les maximums des déplacements, des accélérations, des cisaillements à la base et des contraintes aux faces amont et aval augmente avec l'augmentation du coefficient de l'amortissement de la

fondation. Pour ces méthodes, on dénote une surestimation des énergies d'amortissement dans le barrage comparativement à l'intégration directe dans l'espace géométrique du système, due à l'amortissement numérique de la méthode d'intégration. Il a été observé aussi que l'algorithme de génération des vecteurs de Ritz complexes proposé par Zheng et al ne présente pas de problèmes de stabilité. Cependant, l'algorithme de génération des vecteurs de Ritz complexes proposé par Chen et Taylor présente des instabilités lors de la génération d'un nombre de modes supérieur à dix.

### Proposition d'une Nouvelle Approche In Situ de la Liquéfaction

Par

**A. Chaker**

Professeur U.S.T.H.B

**A. Kaddouri**

Ingénieur C.T.T.P

En vue de la prévision de l'éventuelle occurrence de la liquéfaction de sable, la modélisation numérique est subordonnée à la détermination fiable simple et pratique des paramètres de la loi de comportement qui caractérise ce sable.

Après une analyse de l'essai in situ le plus répandu, le *standard penetration test* (S.P.T) notamment au point de vue mécanique et malgré sa représentation pratique, nous avons proposé de lui substituer les modules de déformations déduits à partir de la mesure très fiable des ondes P et S dans le sol.

Ainsi nous présenterons les principaux résultats expérimentaux obtenus sur le site du rivage de la ville d'Alger.

Nous avons par ailleurs pratiqué une consolidation dynamique du site par vibration, et ce dans le but d'améliorer sa résistance à la liquéfaction.

### Etude de la Variation Spaciale des Mouvements Sismiques en Champ Libre

Par

**N. Laouami**

Département de Mécanique des Solides

Ecole Centrale de Lyon

**P. Labbe**

EDF-Eepten

**R.J. Gibert L.**

D.R.N.D.M.T, CEA - Suclay

**Jezequel**

Département de Mécanique des Solides

Ecole Centrale de Lyon

La variation spatiale des mouvements forts, nés des séismes, peut avoir des effets significatifs sur les réponses dynamiques des structures. En se basant sur un ensemble d'accélérogrammes de mouvements forts enregistrés dans le cadre d'un programme sismique appelé

L.S.S.T et réalisé à Lotung, Taiwan, une étude sur la variation spatiale en phase et en amplitude est réalisée.

Dans cet article, sont présentés, d'une part, des résultats sur la variation spatiale en phase, décrite par l'étude de la fonction de corrélation et de la fonction de cohérence, cette dernière comme fonction de la fréquence et de la distance ; et d'autre part, des résultats sur la variation spatiale en amplitude, décrite par l'étude des mouvements de rotation d'axe vertical en champ libre. Un modèle théorique simplifié, basé sur la corrélation des mouvements, est utilisé pour décrire la variation des mouvements de rotation, avec la distance.

### Seismic Behaviour of Knee Braced Frames

Par

**N. Bourahla**

University of Blida

**A. Blakeborough**

University of Bristol

In recent years important developments in design have taken place, nurtured by research and intensive updating of seismic codes have taken place. Part of the research trend in this field and the evolution of the structural steel fabrication approach adopted in seismic codes is mainly based on the following philosophy :

- a building must resist a minor shake without damage ;
- in moderate earthquake some nonstructural damage is permissible ;
- during a major earthquake, the building must not collapse, but some structural and nonstructural damage may occur.

In order to accomplish these ends, a structure must possess sufficient strength, stiffness, and capacity for energy dissipation to withstand major earthquakes.

These seemingly challenging criteria can be met by the knee bracing system (KBS). The system should be designed to resist minor earthquakes elastically. In moderate earthquakes the knee elements themselves must yield to protect the main load bearing structure from any damage.

In a severe earthquake the system should still help by absorbing energy but some structural damage may be expected. It is important however in extreme case that the system should enforce a sequence of structural yielding that gives an optimum range of contained yielding.

This paper is intended to investigate the performance of knee braced frames (KBF) under earthquake motions. The way in which the structure transforms the energy, imparted by the earthquake reflects its ability to resist the earthquake, therefore the energy concept is introduced as a structural parameter to evaluate the capacity of the KBS to dissipate energy. The amount of damage the knee elements may suffer after an earthquake will be measured using the conventional maximum ductility and the number of yield and reversal excursions. The sequence of yielding of the KBF and the range of contained yielding will be also examined.

A dynamic nonlinear analysis of a prototype KBF is performed together with a similar moment resisting frame (MRF) and a concentrically braced frame (CBF). A comparison study shows the superior performance of the KBF.

#### IMPORTANT :

Nous informons nos lecteurs que les communications dont nous publions les résumés ne constituent pas la totalité des conférences qui seront données lors du séminaire. En effet, en raison des contraintes de bouclage que le lecteur comprend, il n'était pas possible de publier les articles parvenus au secrétariat du séminaire au-delà d'une certaine date.

Algerie EQUIPEMENT