



## COMPETENCES ET RESSOURCES DU LABORATOIRE GENIE DE PRODUCTION EN MATIERE DE GENIE PARASISMIQUE

Bien que l'aspect conception parasismique des constructions soit à l'heure actuelle bien règlementé (Règles PS 92, Eurocode 8 ...), l'aspect prédictif en termes de dommages fait encore l'objet de nombreuses préoccupations. Parmi les outils mobilisables, la spécificité de la problématique conduit à mettre en avant le prototypage virtuel et en conséquence la simulation numérique. Si l'aspect linéaire de la dynamique des structures est totalement maîtrisé, il apparaît insuffisant, compte-tenu du caractère non-linéaire inhérent à ce type de sollicitation: endommagement des matériaux, propagation de fissures existantes, perte de rigidité des liaisons ...

La recherche proposée s'inscrit dans la problématique de l'estimation de la vulnérabilité mécanique des constructions existantes, visant à l'accroissement du réalisme des modèles numériques non linéaires à utiliser.

En particulier, l'équipe CMAO développe un logiciel de recherche dédié à la rupture dynamique (DynaCrack), basé sur la méthode des Eléments Finis Etendue (X-FEM). D'un point de vue utilisateur, l'intérêt de cette nouvelle méthode est de permettre aux fissures, sous chargement dynamique, de « traverser le maillage initial », évitant ainsi des remaillages lourds et souvent réhilitaires. Le modèle permet alors de prévoir la position finale, ainsi que la propagation, de fissures initialement soumises à un chargement « rapide », c'est-à-dire à forces d'inertie prépondérantes. Il s'agit donc d'adapter la méthode X-FEM, utilisée jusque-là dans le domaine du « crash » de pièces métalliques, à la sollicitation sismique, et à l'appliquer à des pièces initialement fissurées (dont la position serait relevée au cours d'un diagnostic) et aux matériaux de construction.

Pour alimenter les codes de calcul, il convient d'identifier les paramètres des lois de propagation des fissures en dynamique rapide. A cet effet, il est possible d'utiliser le canon d'impact dont est doté le laboratoire, et en particulier d'étendre le développement de l'essai de rupture dynamique actuellement opérationnel dans le domaine des matériaux métalliques (thèse de Doctorat de Ionel Nistor, INP Toulouse, 2005). Dans un second temps, cette approche locale pourra être utilisée pour établir un « catalogue » de configurations (liaison poutre-poteau, panneau de maçonnerie ...) alimentant les modèles à l'échelle globale, c'est-à-dire une relation entre la secousse reçue et l'effondrement (traversée de la pièce par la fissure) sous forme de lois macroscopiques. Il sera alors possible, au moyen d'un modèle numérique, de prévoir le niveau de sollicitation auquel peut être soumise la structure sans mise en péril des personnel et d'envisager des scénarios d'effondrement.

Le thème « Fiabilité » de l'équipe CMAO peut également être mobilisé dans le cadre de la conception probabiliste des structures, compte-tenu du caractère aléatoire des excitations sismiques. Les développements nécessaires dans ce cas concernent la construction et la validation d'indices de fiabilité prenant en compte l'aspect temporel de l'aléas, et plus seulement une distributoire aléatoire « classique ».

Au niveau de l'Equipe PA (Production Automatisée), le thème de recherche le plus directement concerné est le thème Sûreté de Fonctionnement, par la modélisation et l'évaluation des conséquences des phénomènes parasismiques.

En complément des améliorations technologiques des infrastructures pour limiter leur endommagement en cas d'événements parasismiques, nous proposons une approche basée sur les techniques de sûreté de fonctionnement utilisées dans le domaine industriel pour établir un modèle d'évaluation et d'estimation des conséquences globales immédiates, à moyen et long terme d'un événement parasismique. Nous voulons plus précisément nous baser sur les outils probabilistes comme les réseaux bayésiens et les digrammes d'influence, pour établir un modèle d'évaluation des risques et des conséquences d'un phénomène parasismique, qui tienne compte de l'interaction aspects des conséquences et du phénomène. Chaque aspect, qui constituera une variable dans le modèle, sera caractérisé par plusieurs attributs ; sous réserve d'une étude bibliographique plus complète, on peut déjà citer les aspects importants suivants.

**Phénomène (exemple tremblement de terre)**

*Attributs*

- intensité
- possibilité de répliques
- ....

**Conséquences sur les infrastructures**

*Attributs*

- hauteur de l'infrastructure (bâtiment)
- dimensions de l'infrastructure (bâtiment)
- âge de l'infrastructure (bâtiment)
- qualité de conception et respect des normes parasismiques de l'infrastructure (bâtiment)

....

**Conséquences para - médicales**

*Attributs*

- coût en vies humaines
- coût d'évacuation
- coût de relocation
- moyens de secours mobilisables
- ....

### **Conséquences socio-économiques**

#### *Attributs*

- dommage sur les moyens de communication
- perte d'emplois et de savoir faire
- impact macro-économique (positif comme négatif)
- augmentation de la consommation énergétique
- ....

### **Conséquences psychologiques**

#### *Attributs*

- stress post événement
- dépression
- ....

### **Conséquences démographiques**

#### *Attributs*

- impact sur la répartition démographique (âge, sexe)
- impact sur le niveau d'éducation
- impact sur la dépendance des personnes
- impact sur le revenu

### **Conséquences environnementales**

#### *Attributs*

- impact sur les ressources en eau
- explosion d'unités chimiques et dispersion de matières dangereuses
- explosion de centrales nucléaires
- .....

### **Conséquences historiques et archéologiques**

#### *Attributs*

- destruction des patrimoines historiques et archéologiques
- impact sur les habitudes culturelles
- ....

Tous ces aspects possèdent des interactions, non déterministes, qui peuvent être évaluées en termes de probabilités conditionnelles par des experts, ou en utilisant des données existantes, ce qui rend leur modélisation par des réseaux bayésiens pertinente.

L'objectif du modèle sera d'aider à l'évaluation et à la prise de décision avant, pendant et après le phénomène.

### **Avant**

- évaluation de l'impact d'une innovation technologique sur les conséquences éventuelles
- établissement d'une relation entre la technologie des infrastructures, la zone géographique et le niveau de risque parasismique
- estimation de la probabilité d'occurrence d'un événement particulier,
- simulation des scénarios et évaluation des procédures de
- secours

### **Pendant**

- évaluation des risques de répétition du phénomène
- estimation du niveau des dommages en fonction de l'intensité et les premiers témoignages
- estimation des moyens de secours à mettre en œuvre
- ...

### **Après**

- estimation des primes d'assurances par les professionnels d'assurance
- évaluations des programmes de soutien des populations concernées
- établissement des plans de redressement
- ....