

## VULNÉRABILITÉ SISMIQUE DU BÂTI EXISTANT

Le bâti existant, c'est-à-dire construit avant la mise en place des règles de construction, est en général vulnérable. Cependant, des constructions monumentales ou bien réalisées résistent parfaitement aux séismes. On constate aussi que des structures à priori identiques s'endommagent plus facilement : analyser leur vulnérabilité consiste ainsi à essayer de prédire le comportement de ces constructions sous séismes, en intégrant toutes nos incertitudes.

### LE BÂTI ANCIEN: UNE DIFFICULTÉ À GÉRER

L'augmentation des populations dans des noyaux urbains de plus en plus grands, exposés aux séismes et constitués d'un habitat hétérogène de qualité très variable sont les ingrédients qui positionnent le milieu urbain parmi les éléments les plus critiques de la chaîne du risque sismique. En effet, et les relations dommages physiques/pertes en vies humaines le montrent bien, il y a une forte corrélation entre le **nombre de constructions endommagées** après un séisme et celui **des victimes**. Il convient alors de connaître la façon qu'il aura de se comporter afin de gérer, prédire et évaluer sa **vulnérabilité** et son **intégrité** post-sismique.

Déterminer les bâtiments et les structures les plus vulnérables vis-à-vis du séisme au niveau d'une région, d'une ville ou d'un grand nombre de bâtiments est une tâche particulièrement ambitieuse et difficile pour plusieurs raisons:

- ❖ Travailler au niveau d'une ville ou d'une région signifie devoir étudier un nombre de bâtiments ainsi qu'une variété de types de structure (maçonnerie, béton armé, portiques, murs porteurs...) très importants avec des moyens financiers bien évidemment limités.
- ❖ Il est aussi souvent difficile d'avoir accès à toutes les informations nécessaires à ce type de diagnostic (plans de ferrailage mais aussi plus simplement schémas du système porteur, caractéristiques des matériaux utilisés, code de dimensionnement utilisé, fondations...).
- ❖ De plus, bien appréhender le comportement sismique d'une structure existante est bien plus difficile que de la dimensionner. En effet, on sait évaluer comment se comporte une structure qui respecte toutes les dispositions constructives et les règles de l'art : c'est la procédure de dimensionnement. Mais qu'en est-il d'une structure pour laquelle les dispositions constructives n'ont pas (ou partiellement) été respectées et qui ne peut être associée à un modèle « réglementaire » de comportement : c'est la phase de diagnostic sismique ou d'analyse de vulnérabilité.

Les objectifs des analyses de vulnérabilité sont essentiellement de trois natures:

- ❖ **Estimer les dommages prévisibles** aux personnes et aux biens juste après le séisme pour se représenter les dommages sismiques à l'échelle d'une ville ou pour décider des moyens de secours à mettre en place.
- ❖ **Identifier les bâtiments les plus vulnérables** aux séismes de façon à planifier et organiser une politique de renforcement du bâti existant.
- ❖ Un troisième objectif, indirect, consiste également à **profiter de travaux de transformation générale** d'un bâtiment (par exemple, accessibilité, aménagement thermique, réhabilitation...) pour établir une analyse de vulnérabilité et intégrer le sismique dans le projet de transformation.



**Séisme d'Izmit (Turquie 1999).** De nombreux exemples ont montré sur des groupes de structures a priori identiques, des différences de dommages considérables.

**Aléa sismique** - Il est défini par la probabilité qu'un séisme d'une certaine magnitude puisse affecter une région durant une période donnée. Son coté aléatoire, c'est-à-dire non prévisible, impose d'estimer le niveau de connaissance du problème, se traduisant par la représentation des incertitudes.

**Vulnérabilité sismique** - Elle caractérise la capacité des bâtiments et des structures à supporter les secousses sismiques (vulnérabilité physique), et la capacité des populations à se comporter de façon cohérente et raisonnée face à un événement majeur (vulnérabilité sociale). Dans ces deux cas, il est important de traduire notre méconnaissance des comportements afin d'en tenir compte dans notre estimation globale.

**Risque sismique** - Le risque sismique est la probabilité de survenue d'un séisme (aléa), sa gravité dans le cas où il survient (dommage et pertes) et l'estimation du niveau de connaissance du problème (approche probabiliste).

**VULNÉRABILITÉ COLLECTIVE** - Elle aborde la vulnérabilité à l'aide de méthodes statistiques, voire probabilistes. L'objectif de cette analyse est de représenter la vulnérabilité sous forme statistique, c'est-à-dire pour un ensemble de bâtiments regroupés par zone urbaine, par parcs immobiliers ou par fonction de bâtiments. Elles sont en général destinées à **informer** et **représenter** l'impact potentiel d'un séisme ou à classer de façon relative un élément (quartier, groupe de bâtiments...) par rapport à un autre.

**VULNÉRABILITÉ INDIVIDUELLE** - Elle est souvent basée sur des évaluations détaillées, proches des méthodes de diagnostic intégrant des notions de calcul. Elles sont en général proposées afin de connaître la **stabilité sismique** d'une structure pour une sollicitation sismique de référence et elles conduisent à proposer des solutions de **renforcement**.

Dans certains cas, certaines pratiques individuelles utilisent la même approche que celle de la vulnérabilité collective, au moins dans une première phase globale permettant une première classification sommaire du bâti. Pour cette raison, nous parlons plutôt **d'inventaire sismique**, c'est-à-dire un recensement des constructions en récupérant des informations structurales utiles à l'analyse sismique.

**PRINCIPE DES MÉTHODES COLLECTIVES** - Les méthodes empiriques d'évaluation de la vulnérabilité suivent à peu près toutes la même démarche:

- ❖ Définition d'une typologie.
- ❖ Collecte des informations structurales caractérisant les bâtiments.
- ❖ Application d'une fonction d'endommagement.
- ❖ Représentation des dommages.

D'autre part, elles s'organisent en différents niveaux d'analyse, depuis des évaluations très sommaires jusqu'à des évaluations plus détaillées.

### QUELQUES EXEMPLES D'APPLICATION EN FRANCE.

❖ *La méthode RiskUE* - Sur la base d'observations in-situ des caractéristiques structurales, elle propose des fonctions de vulnérabilité moyenne et les intervalles des valeurs possibles et probables. Deux niveaux d'analyse sont proposés: le niveau I uniquement empirique et le niveau II reposant sur des approches mécaniques. Même si cette méthode analyse les bâtiments un par un, les résultats sont généralement représentés statistiquement (par classe de construction ou par secteur).

❖ *La méthode VULNERALP* - Elle repose essentiellement sur la méthode italienne. Elle produit une courbe de vulnérabilité en ne considérant que les caractéristiques générales des constructions. Une courbe moyenne et les courbes probables sont proposées, ces dernières traduisant finalement notre méconnaissance. Trois niveaux ont été proposés: un niveau 0 élémentaire proche d'un inventaire sismique, un niveau 1 qui améliore la connaissance des constructions et donc leur réponse probable, et un niveau 2 équivalent à la méthode RiskUE de niveau 1.

### EN SAVOIR PLUS.

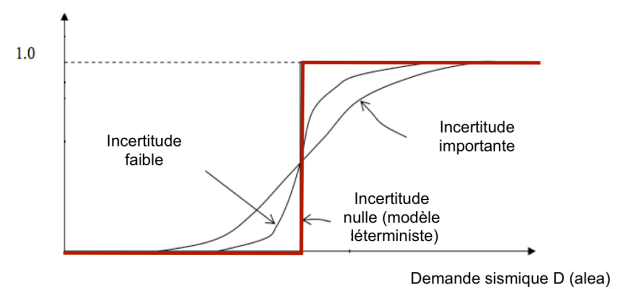
Le Projet VULNERALP

<http://www-igit.obw.ujf-grenoble.fr/~pagueg>

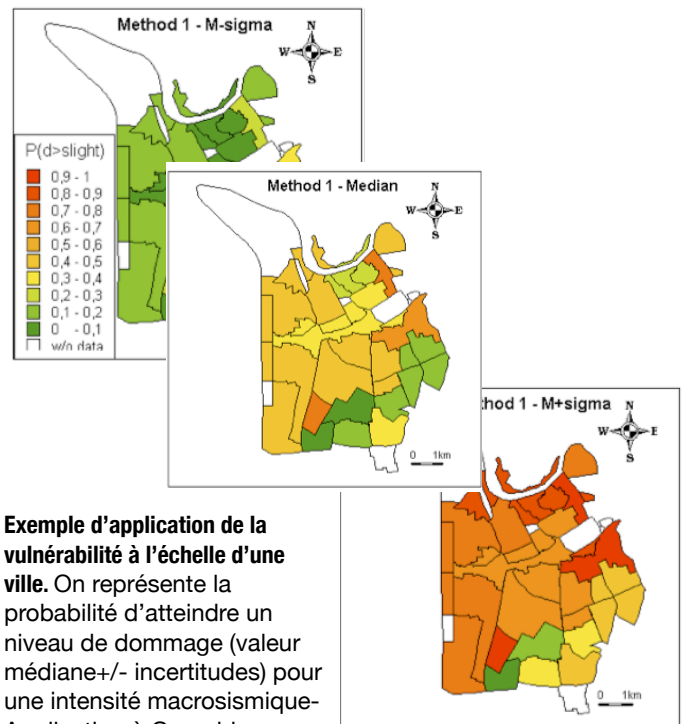
Combescure et al., Cahier technique AFPS n°25.

Coburn and Spence, Prentice Hall Eds, 2002.

Probabilité conditionnelle d'atteindre un niveau de dommage ( $P(LS|D=d)$ )



**Courbe de fragilité exprimant la probabilité d'atteindre un certain niveau de dommage pour un aléa donné.** Plus l'incertitude du modèle est importante, plus la courbe est inclinée. Un modèle sans incertitude (modèle déterministe) donne la limite exacte entre la zone non endommagée (le domaine à gauche de la courbe rouge) et la zone endommagée (domaine à droite), pour une valeur déterministe de l'aléa.



**Exemple d'application de la vulnérabilité à l'échelle d'une ville.** On représente la probabilité d'atteindre un niveau de dommage (valeur médiane +/- incertitudes) pour une intensité macrosismique-Application à Grenoble

**LES BÂTIMENTS ANCIENS NE SONT PAS TOUS VULNÉRABLES.** C'est le constat des observations faites après les grands tremblements de terre. Cependant, tandis que les réglementations techniques s'améliorent à chaque mise à jour, la lenteur du renouvellement urbain place le bâti existant au cœur de la vulnérabilité physique au séisme. Savoir l'évaluer et la représenter sont deux des étapes essentielles à l'analyse du risque sismique.