

Pratiques et intérêts des analyses de vulnérabilité sismique dans un pays à sismicité modérée

Philippe Guéguen, chercheur à ISTERre/IFSTTAR, CNRS, Université Joseph Fourier Grenoble

En général, initier une analyse de vulnérabilité sismique répond à un besoin particulier. Il peut s'agir de prédire les dommages aux personnes et aux biens pour anticiper les moyens de secours à mobiliser. Ce besoin peut aussi traduire la volonté politique d'identifier les bâtiments les plus vulnérables de façon à organiser une stratégie de renforcement de l'existant. On peut également profiter de travaux de transformation (par exemple, accessibilité, réhabilitation...) pour établir une analyse de vulnérabilité et introduire le sismique dans le projet.

« réglementaire » de comportement ? L'évaluation la plus pertinente d'un bâtiment consiste à en connaître chaque spécificité structurale, à identifier du mieux possible ses matériaux et à reproduire en fonction du temps les déplacements et les efforts produits par un séisme en tout point de la structure. Cette solution est bien adaptée pour l'étude d'un bâtiment dont l'intégrité post-sismique doit être conservée à tout prix (ex : les installations classées de tout type). Elle s'appuie sur des informations décrivant la structure de façon détaillée, des moyens

permis de relier statistiquement certaines caractéristiques à un niveau d'endommagement. Elles ont servi à établir des courbes de vulnérabilité qui, pour une construction définie selon ses éléments résistants et sa régularité de conception, donnent le dommage probable attendu pour un niveau de mouvement du sol produit par un séisme. Ces méthodes ont évidemment été développées dans les pays les plus sismiques (l'Italie pour la méthode GNDT ou les Etats-Unis pour HAZUS). Elles suivent le même cheminement, à savoir l'établissement d'une typologie et d'une fonction d'endommagement par type de construction de la zone, en général calée sur des observations de dommages. Au final, elles proposent une représentation statistique du dommage. Des erreurs systématiques sont introduites qui ne peuvent aboutir à une évaluation certaine de la vulnérabilité. La plus grande part de l'incertitude dans l'estimation de la vulnérabilité est d'origine épistémique : elle provient de la classification du bâtiment dans une classe de vulnérabilité et de l'attribution d'un modèle générique de comportement à une classe de construction, alors même que les informations les décrivant sont en nombre réduit.

Parmi un groupe de bâtiments, déterminer les plus vulnérables vis-à-vis du séisme reste une tâche particulièrement ambitieuse.

Parmi un groupe de bâtiments, déterminer les plus vulnérables vis-à-vis du séisme reste une tâche particulièrement ambitieuse. La variété des constructions et leur nombre empêchent, pour un investissement raisonnable, l'utilisation de méthodes détaillées. L'ancienneté des constructions limite également la disponibilité des informations essentielles décrivant les structures. D'autre part, bien appréhender le comportement d'une structure existante est bien plus difficile que d'en dimensionner une neuve. En effet, on sait évaluer comment se comporte une structure qui respecte toutes les dispositions constructives et les règles de l'art. 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

de simulation et de calcul qui mobilisent des ressources financières importantes et des compétences élevées en dynamique des structures et en méthodes numériques. Pour ces raisons, elle n'est pas adaptée à une étude d'envergure concernant un grand nombre de bâtiments et d'autres solutions doivent être mises en place.

Cette situation a entraîné l'établissement de méthodes "empiriques" qui, pour pallier au manque de moyens et à la méconnaissance du bâti, analysent la vulnérabilité et les conséquences d'un séisme par des approches statistiques. L'étude des expériences passées, notamment italiennes, nous a appris que certaines dispositions constructives, analysées sur un grand nombre d'exemples, sont plus défavorables que d'autres pour résister aux mouvements du sol. Ces observations ont

Pour tous les types d'analyse (déterministe ou statistique), les opérateurs sont ainsi confrontés à la difficulté de collecter les informations contrôlant la réponse sismique des structures anciennes. Des compromis entre précisions, quantité de structures et contraintes économiques doivent être trouvés. Selon les niveaux de sismicité et la maturité de la réglementation, il faut privilégier l'un plutôt que l'autre. On identifie les **méthodes dites individuelles**, souvent basées sur des

évaluations détaillées, proches du diagnostic intégrant des notions de calcul. Elles sont souvent proposées pour connaître la stabilité d'une structure vis-à-vis d'une sollicitation de référence. Elles conduisent à proposer des solutions de renforcement.

Les méthodes dites de vulnérabilité collective s'appuient sur des approches statistiques. Leur objectif est de représenter la vulnérabilité pour un ensemble de bâtiments regroupés en zones urbaines, en parcs immobiliers ou selon la fonction des bâtiments. Elles sont principalement destinées à informer et à représenter l'impact potentiel d'un séisme. Elles permettent aussi de hiérarchiser parmi des quartiers ou au sein d'un groupe de bâtiments, les éléments les plus vulnérables. Afin qu'elles aient une utilité, les résultats produits doivent représenter la conformité de chaque élément vis-à-vis d'un niveau de performance à atteindre et en fonction de l'aléa caractéristique de la zone.

Par exemple, **la méthode HAZUS** s'appuie sur les caractéristiques structurales des constructions pour établir leur vulnérabilité, selon le principe des méthodes collectives. Pour un niveau d'aléa, elle établit le certificat de conformité vis-à-vis d'un des deux niveaux de performance que sont la sauvegarde des vies humaines (la structure ne s'effondre pas) ou l'intégrité de service (la structure continue à être opérationnelle), l'un et l'autre définis selon l'importance de la structure. Si la performance n'est pas atteinte, des évaluations plus sophistiquées sont alors requises. Depuis 2000, **la pratique Suisse** impose la vérification de tous les bâtiments de classe II et III de la confédération (II: bâtiment avec de grands rassemblements de personnes ; III: Infrastructures ayant une fonction vitale). Une démarche en 3 étapes a été proposée par l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie. La première recense sommairement les principaux composants des bâtiments et le risque sismique auquel ils sont exposés. Elle conduit à une première appréciation du risque, incluant l'importance stratégique et économique de chaque bâtiment. Il s'agit ensuite de décider quelles constructions nécessitent prioritairement des investigations complémentaires par modélisation simplifiée (étapes 2 puis 3), pour au final proposer des solutions de

renforcement. Celles-ci sont adaptées à la valeur de l'ouvrage et au niveau acceptable du risque.

Il n'existe pas en France de démarches réglementaires pour l'évaluation de la vulnérabilité. Localement, on trouve cependant des actions (par exemple, à Lourdes, Grenoble, Nice, aux Antilles...) menées à l'initiative de collectivités locales ou via des projets de recherche. Elles consistent dans la plupart des cas à appliquer des méthodes d'évaluation collective pour estimer les dommages probables pour un niveau d'aléa donné. Guéguen et Talercio proposèrent cependant en 2007 de parler d'inventaire sismique : il s'agissait de recenser les écoles de Grenoble en récupérant des informations structurales utiles à leur analyse sismique pour une première hiérarchisation des priorités.

Références

• Combescure, D., P. Guéguen and B. Lebrun. 2005. Vulnérabilité sismique du bâti existant : approche d'ensemble, Cahier technique AFPS, n°25, juillet 2005, 121 pages.

• Projet VULNERALP (<http://www-igit.obs.ujf-grenoble.fr/~pgueg/VULNERALP>)

ment montré la pertinence de techniques expérimentales, comme celle basée sur l'utilisation des vibrations ambiantes. Des progrès sont donc possibles dans les années qui viennent. Ils permettront d'améliorer la connaissance du bâti existant et sa capacité à supporter une secousse sismique.

En aucun cas, les méthodes collectives ne doivent être considérées comme des diagnostics.

Cette démarche permet d'intégrer le problème sismique dès le démarrage d'une stratégie d'aménagement. Elle a également été suivie sur les écoles des Antilles par GEOTER, avec au final des propositions de renforcement.

En aucun cas, les méthodes collectives ne doivent être considérées comme des diagnostics. Elles doivent être complétées par des évaluations plus élaborées si la volonté de renforcement est clairement souhaitée. Le contexte de sismicité modérée en France métropolitaine impose néanmoins de trouver des solutions alternatives et économiquement raisonnables pour analyser des parcs immobiliers importants. Des actions de recherche (VULNERALP et ANR-ARVISE) ont récem-



Exemple d'une construction en maçonnerie endommagée lors du tremblement d'Emilia (Italie - 20 mai 2012 - ML 5.9). Pour un séisme modéré, les constructions anciennes subissent de lourds dommages. Ce séisme et ce type de construction sont comparables à ce que l'on peut attendre en France, pays à sismicité modérée.