

Risques infos

Bulletin de liaison
n°27 - Mai 2011

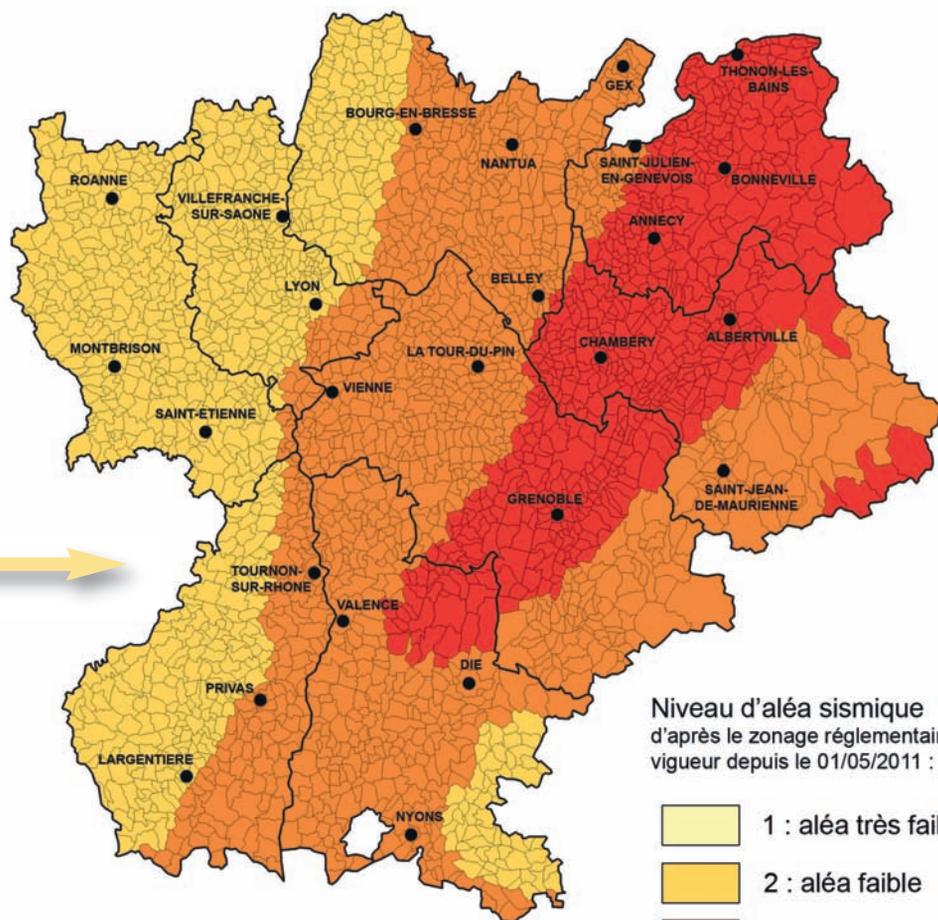
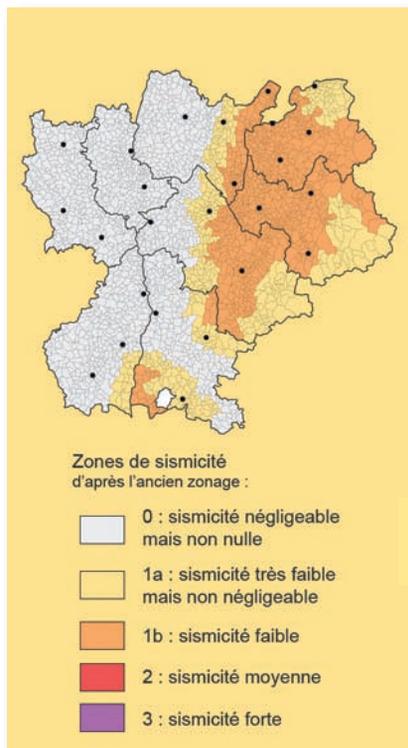


Risques sismiques : quelles évolutions ?



Région Rhône-Alpes :

extrait du zonage sismique de la France



Source : MEDDTL, 2011
Réalisation : J. Boussageon/IRMa, 2011



Photo de couverture :
Après le séisme d'Aquila en 2009
© Marc Givry Architecte

Est édité par l'Institut des Risques Majeurs
15, rue Eugène Faure
38000 Grenoble

Directeur de la publication :
Henri de Choudens

Directeur de la rédaction :
François Giannoccaro

Rédacteur en chef :
Honor Chance

Réalisation :
Imprimerie Notre-Dame
Montbonnot

ISSN 0999-5633

Quelques sites internet

- Le site du Plan Séisme (Ministère en charge de l'Ecologie)
<http://www.planseisme.fr/>
- Site du risque sismique en région PACA
<http://www.seisme-1909-provence.fr/>
- Réseau national de surveillance sismique
<http://ranass.u-strasbg.fr/>
- Réseau sismologique des Alpes
<http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/>
- Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique à Grenoble
<http://www.lgit.obs.ujf-grenoble.fr/>

Avec le soutien du :
- Conseil Régional Rhône-Alpes
- Conseil Général de l'Isère



E_{dito} Risque sismique

Le séisme au Japon qui s'est produit le 11 mars 2011 nous le confirme : la nature dépasse parfois nos prévisions les plus pessimistes.

A ce jour, il n'est pas possible de prévoir quand surviendra un séisme. On peut cependant prévoir les zones où cet aléa risque de se manifester et quelle pourra être, probablement, la magnitude maximale.

Des évolutions considérables sont survenues dans la connaissance du phénomène sur notre territoire et, en conséquence, sur la réglementation, tout particulièrement dans la cartographie des zones à risque et dans les règles de constructions parasismiques à y appliquer. Ainsi, les nouveaux outils réglementaires viennent d'entrer en vigueur (1er mai 2011) : la nouvelle délimitation des zones de sismicité ainsi que des règles de construction.

Le territoire métropolitain a été le siège dans un passé plus ou moins lointain de quelques événements graves, heureusement peu nombreux. Le retour d'expérience de tels événements survenus en France ou d'autres beaucoup plus importants survenus à l'étranger, permet d'améliorer la prévention et montre tout particulièrement, l'impérieuse nécessité d'appliquer et contrôler l'application des règles de construction parasismique pour les nouveaux bâtiments. Reste bien évidemment, le problème du bâti ancien qui doit, quand cela est possible, être conforté. La tenue des installations industrielles à risque, est bien entendu cruciale, avec la nécessité de prendre en compte les effets domino. Par ailleurs, la connaissance par la population des réflexes élémentaires à avoir en cas de tremblement de terre est primordiale pour limiter au maximum, les pertes en vies humaines.

Ce sont tous ces éléments que l'Institut, et c'est son rôle, s'efforce de diffuser, tant pour le risque sismique, que pour tous les autres risques majeurs.

D'autres informations sur le risque sismique disponibles sur le site de l'IRMa : www.irma-grenoble.com

- Numéro 13 du « Risques Infos » sur le risque sismique en Rhône-Alpes (2002)
- Un dossier thématique multimédia sur le risque sismique (2008)
- Un film vidéo : « la terre tremble !!! Et Rhône-Alpes dans tout ça »
- Un dossier pédagogique à destination des scolaires (2008)

Henri de Choudens
Président de l'Institut des Risques Majeurs

Sommaire

Une décennie de séismes : quels enseignements pour la prévention ? <i>Pierre-Yves Bard - ISTerre / IFSTTAR</i>	4/5
La réglementation sur la construction parasismique : quelles évolutions ? <i>Mathieu Blas - MEDDTL/DGALN/DHUP/QC1</i>	6/10
Quelle politique de prévention du risque sismique en France ? <i>Vincent Courtray - MEDDTL/CCIAPSA</i>	11/12
Application de la réglementation parasismique <i>Victor Davidovici - Dynamique Concept</i>	13/15
Un micro zonage sismique dans un PPR : le PPR du bassin annecien <i>Liliane Besson - Vice-présidente de l'IRMa</i>	16/17
Les installations nucléaires et la prise en compte du risque sismique dans le sud-est de la France <i>Ghislaine Verriest-Leblanc - ASN</i>	18/19
La préparation à la gestion d'une crise sismique. Les exercices RICHTER <i>Emilie Crochet - DSC/SDGR/BRM</i>	20/21
Information préventive. Le risque sismique, un patrimoine à valoriser ? <i>Claire Arnal - DREAL PACA</i>	22/23
Le séisme d'Epagny <i>Roland Daviet - Maire d'Epagny</i>	24
Lourdes : de la contrainte au développement <i>Michel Azot - Maire adjoint de Lourdes</i>	25
Pratiques et intérêts des analyses de vulnérabilité sismique dans un pays à sismicité modérée <i>Philippe Guéguen - ISTerre/IFSTTAR, CNRS, UJF Grenoble</i>	26/27
Vulnérabilité des ouvrages de la rocade sud de Grenoble au séisme <i>Pascal Belin - CETE Méditerranée</i>	28/29
De bonnes vibrations pour les bâtiments <i>Pierre-Eric Thévenin, Thierry Vassail, Antoine Petiteau - Bureau Veritas</i>	30/31

Une décennie de séismes : quels enseignements pour la prévention ?

Pierre-Yves Bard - Chercheur à l'Institut des Sciences de la Terre / Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

**Neuf années
se sont écoulées
depuis le dernier numéro
de Risque Infos
spécialement consacré
à la problématique
sismique (n°13, juin 2002).**

Cette quasi-décennie s'est avérée particulièrement meurtrière au niveau mondial, les coûts humains des catastrophes sismiques représentent les 2/3 des 1 250 000 victimes de toutes les catastrophes dites naturelles, dont 575 000 (46 %) pour les destructions proprement sismiques et 250 000 (22 %) pour les tsunamis induits.

Plusieurs types d'événements peuvent être distingués : des séismes "géants" par leur taille, des séismes extrêmement meurtriers car survenant dans des zones très peuplées, quelques séismes de taille modérée particulièrement instructifs pour notre contexte français, et enfin ceux ayant impacté des activités industrielles à haut risque. Chacun de ces événements a mis en lumière des points ou questions spécifiques, dont quelques-uns sont brièvement listés ci-dessous, sans prétention d'exhaustivité :

**Les coûts
humains
des catastrophes
sismiques
représentent
les 2/3 des
victimes de toutes
les catastrophes
dites naturelles**



Ecole Elémentaire municipale à Arahama (Sendai) ayant survécu aux vibrations et au tsunami (malgré une submersion des deux premiers étages) : le bâtiment avait été renforcé avant le séisme et n'a subi aucun dommage structural.

■ Des séismes "géants" : après plusieurs décennies exemptes de chocs majeurs (depuis les années 60), trois événements ont approché voire dépassé la magnitude 9 : Sumatra 2004, Chili 2010 et Japon 2011. Tous trois se sont produits dans des zones de subduction, avec génération de tsunami

majeur aux conséquences particulièrement dramatiques dans les zones à forte densité de population.

• Le choc de la catastrophe de 2004 a conduit à la création de systèmes d'alerte régionaux sur l'exemple de celui du Pacifique ; celui concernant l'Atlantique Nord et la Méditerranée Oc-

cidentale a été confié au CEA ("CRATONEM")

• Cette séquence de séismes amène aussi les sismologues à se reposer la question

des magnitudes maximales possibles sur les failles connues : peut-on s'attendre à des événements de magnitude 9 sur toutes les zones de subduction dépassant les 500 km d'extension (donc notamment sur les Antilles), même en l'absence de tout indice historique ? Plus généralement, pour d'autres contextes que la subduction, le concept de segmentation de faille est-il pertinent pour justifier d'une taille maximale inférieure à la longueur totale de faille (exemple en Rhône-Alpes : doit-on considérer comme non impossible l'occurrence d'un séisme de magnitude 7 sur la faille dite "de Belledonne", active sur plus de 70 km de long ?)

■ Des séismes meurtriers : d'autres événements de taille moindre (magnitude entre 6 et 8) ont eu des effets particulièrement destructeurs du fait de leur localisation à proximité immédiate de zones très densément urbanisées et à faible niveau de protection parasismique : Bam (Iran, 2003) ; Muzaffarabad (Pakistan, 2005) ; Wenchuan (Chine, 2008) ; Port-au-Prince (Haïti, 2010), et à un degré un peu moindre

Yogyakarta (Indonésie, 2006). L'enseignement principal à en retirer, comparativement à des séismes de taille comparable voire supérieure survenus au Japon, ou au Chili, est l'efficacité de la conception et de la construction parasismique, et donc l'impérieuse nécessité d'appliquer la réglementation : à chacun, du propriétaire à l'entreprise de construction en passant par l'architecte et le bureau de contrôle, d'en être pleinement conscient !

■ Des séismes "analogues" attirant l'attention sur ce qu'on pourrait attendre / craindre en France métropolitaine en cas de séismes "mal placés" : L'Aquila (Italie, 2009), Christchurch (Nouvelle-Zélande, 2011) sont des séismes de magnitude légèrement supérieure à 6, survenus sur des failles méconnues ou mal identifiées dont la localisation directement sous ces villes a provoqué un nombre significatif de victimes (quelques centaines) et des dommages très importants, avec des conséquences économiques sur la vie locale au moins à court et moyen terme (30 milliards d'Euros en dommages directs à Christchurch). Malgré la magnitude modérée, les mouvements enregistrés dans ces deux cas s'avèrent très nettement supérieurs aux niveaux pris en compte dans la réglementation : il est donc important de s'assurer d'un minimum de marges et de redondances par une conception saine.

■ Deux séismes majeurs, tous deux au Japon, ont mis en évidence les conséquences d'interactions entre les risques "naturels" et les risques "technologiques". On connaissait déjà des exemples d'endommagement sismique d'installations pétrolières (Hokkaido, Turquie notamment), mais les séismes de Niigata (2007) et Sendai (2011) ont gravement à très gravement affecté des installations nucléaires. Celui de 2007, conduisant à des sollicitations entre deux et trois fois supérieures au niveau de dimensionnement, avait mis en évidence les marges de résistance de la centrale de Kashiwa-Kashiwasaki, et n'avait eu "que" des conséquences économiques lourdes (plusieurs années de perte d'exploitation) pour l'exploitant. Celui de 2011, dont on ne mesure pas encore toute l'ampleur ni les conséquences à cette heure, a mis en lumière la nécessité de se "préparer" au pire, c'est-à-dire au scénario au-delà du dimensionnement, et de se donner les moyens, humains et économiques, d'assurer une défense en profondeur robuste et redondante.



Palais présidentiel de Port-au-Prince (Haïti)
© Logan Abassi / UN / MINUSTAH / AFP / Getty

■ Enfin, la forte densification de l'instrumentation (avec une mention spécifique au Japon, pionnier en la matière), a permis de recueillir un très grand nombre d'enregistrements permettant d'affiner les méthodes d'estimation. On peut cependant noter un fort déséquilibre entre enregistrements au sol, très nombreux, et enregistrements en ouvrage, étonnamment peu nombreux.

En France, cette décennie a été relativement calme dans la région Rhône-Alpes (un seul séisme bien ressenti dans toute la région, celui de Vallorcines en septembre 2005), mais elle a aussi été marquée par plusieurs événements de magnitude supérieure à 5 en métropole (notamment Rambervilliers dans les Vosges en 2003 et Roulans près de Besançon en 2004), et deux événements importants aux Antilles : le séisme des Saintes (2004, Mw=6.4) et celui de Martinique (2007, Mw=7.4). Heureusement, dans ces deux derniers cas, la localisation soit en mer (Saintes), soit à grande profondeur (110 km, Martinique), ont conduit à des dommages seulement mineurs, et un nombre très faible de victimes (1 en Guadeloupe). Ces événements n'en constituent pas moins des "avertissements sans frais" rappelant que notre territoire peut être sujet à des événements aux conséquences graves s'ils sont "mal placés" : nous n'aurions aucune excuse de ne pas retenir, et mettre en pratique, les enseignements des séismes destructeurs survenus ailleurs dans le monde.

La menace sismique (l'aléa) existera toujours, et, si, malgré des incertitudes persistantes voire pour certaines irréductibles, on peut de mieux en mieux la comprendre, la localiser, la quantifier, - à défaut encore

de savoir la prédire exactement dans le temps¹ -, il est impossible de la réduire. Si les coûts humains et économiques augmentent, c'est simplement à cause de l'évolution démographique et de l'accroissement de la vulnérabilité de nos sociétés, dont l'urbanisation, la complexité ou la sophistication restent trop souvent incontrôlées. Or l'enseignement le plus positif de tout le retour d'expérience des séismes passés, concerne la capacité effective à réduire les risques sismiques en agissant directement sur la vulnérabilité au travers de l'application de la réglementation, malgré toutes ses imperfections. On ne peut donc que souhaiter que l'effort majeur de sensibilisation entrepris en France au cours des cinq dernières années avec le "plan séisme 2005-2010" permette une application effective de la nouvelle réglementation (nouveau zonage, nouvelles règles) officialisée fin 2010 et applicable à compter du 1er mai 2011. On ne peut que recommander également la poursuite des réflexions qui s'engagent à propos du renforcement du bâti existant : les outils existants comme les PPRS, joints à l'élaboration d'une doctrine pragmatique pour une politique raisonnée, économiquement acceptable, suivant l'exemple de nos voisins suisses, peuvent permettre une réduction significative des risques humains et économiques. Il suffit que la société dans son ensemble, des citoyens à leurs élus, le veuille vraiment. Et que l'on n'oublie jamais non plus une autre leçon forte de tous les séismes passés : l'incitation à l'humilité.

■ ■ ■

¹ Des travaux récents consacrés au séisme d'Izmit en Turquie de 1999 (Bouchon et al., 2011) permettent de commencer à espérer, dans certaines conditions, de détecter la préparation d'un séisme quelques dizaines de minutes avant sa manifestation brutale.

La réglementation sur la construction parasismique : quelles évolutions ?

Mathieu Blas - Chef de projet "Prévention des risques et Sécurité dans la construction"
Bureau de la qualité et de réglementation technique de la construction
Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages
Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature
Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement

Le séisme de la Guadeloupe du 21 novembre 2004 et le séisme d'Epagny-Annecy du 15 juillet 1996 viennent nous rappeler que la France est soumise à un risque sismique bien réel. Les Antilles sont exposées à un aléa fort et ont connu par le passé de violents séismes.

De même, bien que considéré comme un territoire à sismicité modérée, la France métropolitaine n'est pas à l'abri de tremblements de terre ravageurs comme celui de Lambesc de juin 1909 (46 victimes).

L'endommagement des bâtiments et leur effondrement sont la cause principale des décès et de l'interruption des activités. Réduire le risque passe donc par une réglementation parasismique adaptée sur les bâtiments neufs comme sur les bâtiments existants. L'arrivée de l'Eurocode 8, règles de construction parasismique harmonisées à l'échelle européenne, conduit à la mise à jour de la réglementation nationale sur les bâtiments. Un nouveau corpus réglementaire relatif à la construction parasismique a donc été élaboré. L'organisation réglementaire présente la logique suivante : La réglementation parasismique implique de caractériser l'aléa, de définir les enjeux et de les hiérarchiser afin, dans une dernière étape, d'adapter des règles de construction pour un ouvrage

suivant l'enjeu qu'il représente et l'aléa auquel il est soumis.

- Pour caractériser l'aléa, un décret (n°2010-1255) fixe les zones de sismicité des communes.

- Pour hiérarchiser les enjeux, un second décret (n°2010-1254) donne une classification des zones et distingue les typologies d'ouvrages. Une distinction est ainsi faite entre d'une part les ouvrages « à risque normal » pour lesquels les conséquences d'un séisme sont limitées à la structure même du bâtiment et à ses occupants et d'autre part les ouvrages « à risque spécial » aux conséquences plus larges.

- Pour attribuer des règles de construction aux ouvrages, ce sont des arrêtés spécifiques à chaque typologie d'ouvrage qui fixent les règles et normes d'application obligatoire selon l'enjeu de l'ouvrage et la zone de sismicité. A ce jour, seul l'arrêté relatif aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » est paru et d'autres arrêtés (équipements et installations, ponts, canalisations, installations classées et barrages) sont en cours de publication. Ainsi, des ouvrages tels que les systèmes de canalisation, les réservoirs de stockage, les pylônes (non électriques), les mâts, les clochers, les phares seront soumis à des obligations en terme de tenue aux séismes.

La réglementation parasismique applicable aux bâtiments est donc fondée sur l'arrêté « **bâtiments** » à risque normal, paru le 22 octobre 2010. Les exigences réglementaires et les règles de construction qu'il met en œuvre s'appliquent aux bâtiments dont **le permis de construire est déposé à partir du 1er mai 2011.**

La réglementation parasismique s'applique à la fois sur les bâtiments neufs et existants d'après les principes suivants :

- **Réglementation sur les bâtiments neufs** : L'Eurocode 8 s'impose comme la règle de construction parasismique de référence pour les bâtiments. La

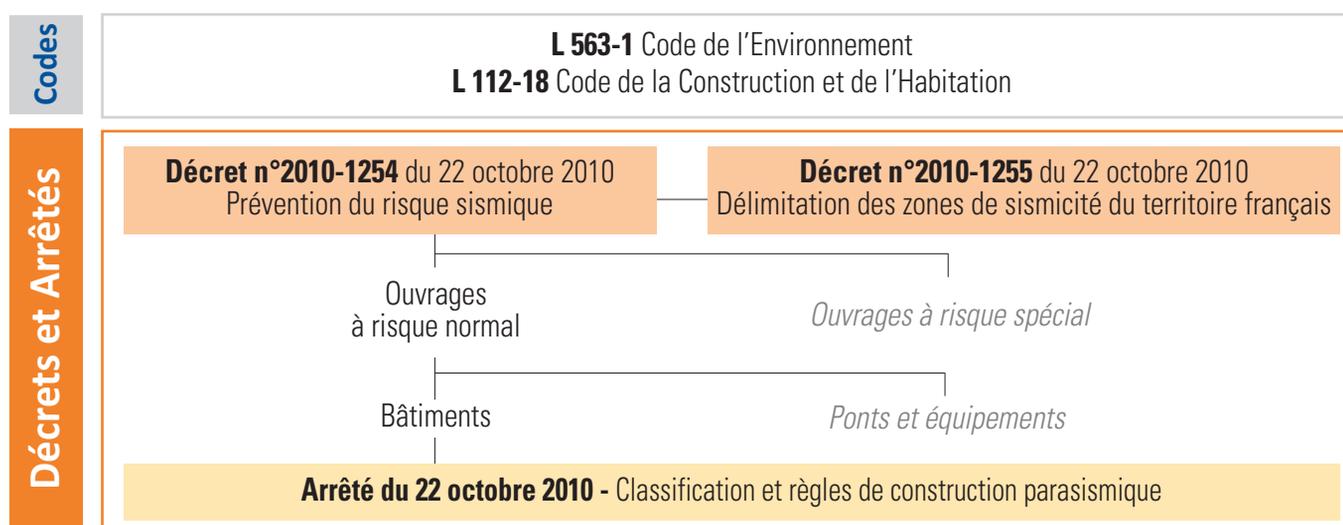
réglementation conserve la possibilité de recourir à des règles forfaitaires dans le cas de certaines structures simples.

- **Réglementation sur les bâtiments existants** : La réglementation n'impose pas de travaux sur les bâtiments existants. Si des travaux conséquents sont envisagés, un renforcement est obligatoire. S'il s'agit d'une démarche volontaire de renforcement parasismique, le choix du niveau d'exigence est laissé.

Pour pouvoir expliquer les règles de construction applicables aux bâtiments, il est nécessaire d'expliquer au préalable le zonage réglementaire défini par la décret n°2010-1255.

La réglementation parasismique s'applique à la fois sur les bâtiments neufs et existants

De manière schématique l'organisation réglementaire est la suivante :

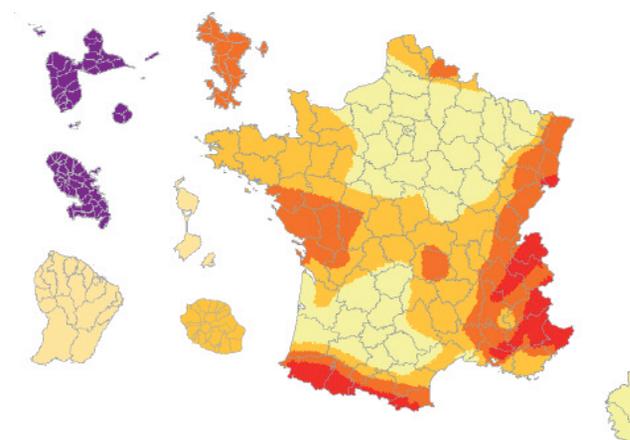


Caractériser l'aléa - Zonage réglementaire

Le paramètre retenu pour décrire l'aléa sismique au niveau national est une accélération " a_{gr} ", accélération maximale du sol « au rocher » (le sol rocheux est pris comme référence).

Le zonage réglementaire définit cinq zones de sismicité croissante basées sur un découpage communal. La zone 5 regroupant les Antilles correspond au niveau d'aléa le plus élevé du territoire national. La métropole, ainsi que la Réunion, la Guyane, Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte présentent quatre zones sismiques, de la zone 1 de très faible sismicité (bassin aquitain, bassin parisien, Guyane, St-Pierre-et- Miquelon,...) à la zone 4 de sismicité moyenne (fossé rhénan, massifs alpin et pyrénéen).

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr} (m/s ²)
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3



(source MEDDTL-DGALN)

Hierarchiser les enjeux - Catégories de bâtiments

Parmi les bâtiments à risque normal, le niveau de protection parasismique est modulé en fonction de l'enjeu associé. Une classification des bâtiments en catégories d'importance est donc établie en fonction de paramètres comme l'activité hébergée ou le nombre de personnes pouvant être accueillies dans les locaux.

Les bâtiments à risque normal sont classés en **quatre catégories d'importance croissante**, de la catégorie I à faible enjeu à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise.

- Pour les **structures neuves** abritant des fonctions relevant de catégories d'importance différentes, la catégorie de bâtiment la plus contraignante est retenue.
- Pour l'application de la réglementation sur les **bâtiments existants**, la catégorie de la structure à prendre en compte est celle résultant du classement après travaux ou changement de destination du bâtiment.

Pour connaître le détail des typologies de bâtiments au sein de chaque catégorie, consulter la page « Comment tenir compte des enjeux ? » de la plaquette La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments : <http://www.planseisme.fr/Realisation-d-un-document-d-information-sur-les-nouvelles.html>

Règles de construction

Principes de construction parasismique

Avant d'entrer dans le détail des règles de construction à appliquer en fonction de la catégorie de bâtiments et de la zone sismique, il convient d'opérer à un rappel des principes de la construction parasismique qui s'articule autour de trois aspects : implantation de la construction, conception du bâtiment et qualité d'exécution des travaux comme le prouve le synoptique présenté sur la page 10.

Règles de construction pour les bâtiments neufs

Le dimensionnement des bâtiments neufs doit tenir compte de l'effet des actions sismiques pour les structures de catégories III et IV en zone de sismicité 2 et pour les structures de catégories II, III et IV pour les zones de sismicité plus élevée. Plusieurs règles sont applicables, selon la catégorie de bâtiments :

- **L'Eurocode 8** : La conception des structures selon l'Eurocode 8 repose sur des principes conformes aux codes parasismiques internationaux les plus récents. La sécurité des personnes est l'objectif du dimensionnement parasismique mais égale-

ment la limitation des dommages causés par un séisme.

De plus, certains bâtiments essentiels pour la gestion de crise doivent rester opérationnels.

- des règles forfaitaires simplifiées (règles PSMI 89 révisées 92 ou guide CPMI Antilles) :

Le maître d'ouvrage a la possibilité de recourir à des règles simplifiées (qui dispensent de l'application de l'Eurocode 8) pour la construction de bâtiments simples ne nécessitant pas de calculs de structures approfondis. Le niveau d'exigence de comportement face à la sollicitation sismique est atteint par l'application de dispositions

forfaitaires tant en phase de conception que d'exécution du bâtiment.

- **Les règles PS-MI** « Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés » sont applicables aux bâtiments neufs de catégorie II répondant à un certain nombre de critères, notamment géométriques, dans les zones de sismicité 2, 3 et 4.

- Dans la zone de sismicité forte, le guide AFPS « **Construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles** » CP-MI permet de construire des bâtiments simples de catégorie II, sous certaines conditions stipulées par le guide.

Le tableau ci-dessous permet d'identifier les règles de construction suivant la zone sismique et la catégorie de bâtiments :

	I	II	III	IV
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3	PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,1 \text{ m/s}^2$	
Zone 4	PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$	
Zone 5	CP-MI ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 3 \text{ m/s}^2$	

(source MEDDTL-DGALN)

1 Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

2 Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

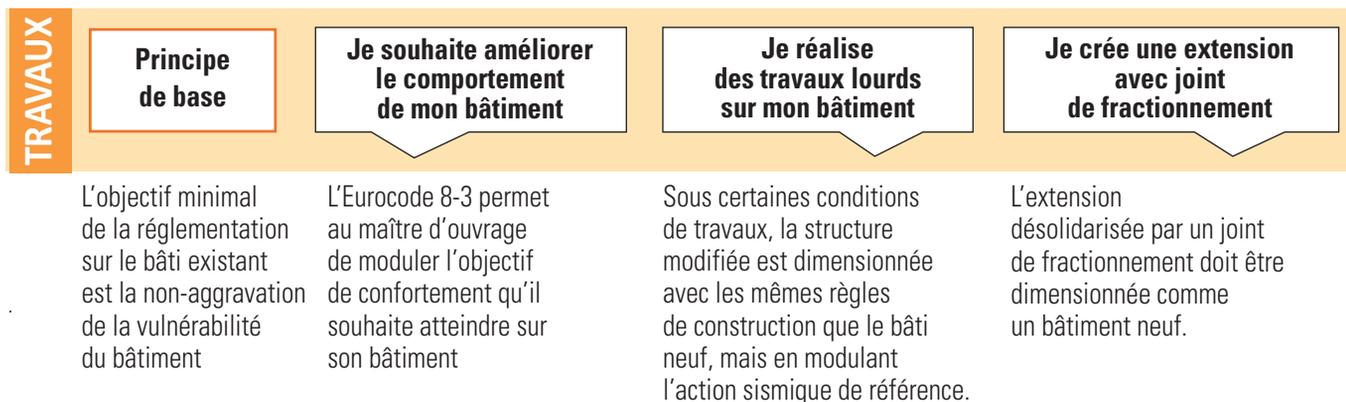
3 Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Pour connaître quelles règles de construction sont applicables en cas de travaux lourds sur la structure, veuillez vous référer au tableau en page 7 de la plaquette d'information téléchargeable sur <http://www.planseisme.fr/Realisation-d-un-document-d-information-sur-les-nouvelles.html>

Règles de construction pour les bâtiments existants

Pour les bâtiments existants, des règles de construction s'imposent en cas de travaux afin de respecter le principe de base de non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

Les exigences sont différentes suivant le type de travaux engagés et la volonté d'un renforcement parasismique. Elles se résument d'après le schéma suivant :



Quelles règles pour les éléments non structuraux ?

Les éléments non structuraux du bâti (cloisons, cheminées, faux-plafonds etc.) peuvent se révéler dangereux pour la sécurité des personnes même sous un séisme d'intensité modérée. Pour limiter cette vulnérabilité, l'ajout ou le remplacement d'éléments non structuraux dans un bâtiment doit s'effectuer conformément aux prescriptions de l'Eurocode 8 partie 1 :

- pour les bâtiments de catégories III et IV en zone de sismicité 2,
- pour l'ensemble des bâtiments de catégories II, III et IV dans les zones 3, 4 et 5.

Cadre d'application de la nouvelle réglementation

Période transitoire

Les décrets et arrêtés entrent en application le 1er Mai 2011.

Pour tout permis de construire déposé avant le **31 octobre 2012**, les règles parasismiques PS92 restent applicables pour les bâtiments de catégorie d'importance II, III ou IV ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire, d'une déclaration préalable ou d'une autorisation de début de travaux.

Cependant, les valeurs d'accélération à prendre en compte sont modifiées :

Plans de prévention des risques (PPR) sismiques

Les plans de prévention des risques sismiques constituent un outil supplémentaire pour réduire le risque sismique sur le territoire. Ils viennent compléter la réglementation nationale en affinant à l'échelle d'un territoire la connaissance sur l'aléa (microzonage), la vulnérabilité du bâti existant (prescriptions de diagnostics ou de travaux) et les enjeux.

Contrôle technique

Le contrôleur technique intervient à la demande du maître d'ouvrage pour contribuer à la prévention des aléas techniques (notamment solidité et sécurité). Le contrôle technique est rendu obligatoire pour les bâtiments présentant un enjeu important vis à vis du risque sismique (article R111-38 du code de la construction et de l'habitation). Dans ces cas, la mission para-sismique (PS) doit accompagner les missions de base solidité (L) et sécurité (S).

Attestations de prise en compte des règles parasismiques

Lors de la demande du permis de construire pour les bâtiments où la mission PS est obligatoire, une attestation établie par le contrôleur technique doit être fournie.

Elle spécifie que le contrôleur a bien fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte des règles parasismiques au niveau de la conception du bâtiment.

A l'issue de l'achèvement des travaux, le maître d'ouvrage doit fournir une nouvelle attestation stipulant qu'il a tenu compte des avis formulés par le contrôleur technique sur le respect des règles parasismiques.

Pour en savoir +

Pour toute information complémentaire sur les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments, veuillez consulter les liens suivants :

- Internet du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des transports et du logement :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Risque-sismique.html>

- Site du Plan Séisme :

<http://www.planseisme.fr/Reglementation-en-vigueur-Risque-normal.html>

	II	III	IV
Zone 2	1,1	1,6	2,1
Zone 3	1,6	2,1	2,6
Zone 4	2,4	2,9	3,4
Zone 5	4	4,5	5

Valeurs d'accélération modifiées (m/s²) pour l'application des PS92 (source MEDDTL-DGALN)

Construire parasismique

Implantation



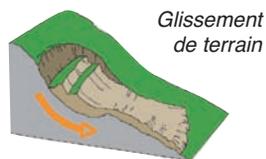
Extrait de carte géologique

• Etude géotechnique :

- Effectuer une étude de sol pour connaître les caractéristiques du terrain
- Caractériser les éventuelles amplifications du mouvement sismique

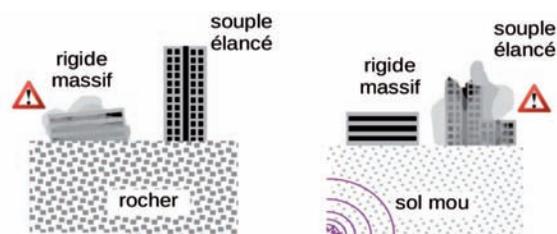
• Se protéger des risques d'éboulements et de glissements de terrain

- S'éloigner des bords de falaise, pieds de crête, pentes instables
- Le cas échéant, consulter le plan de prévention des risques (PPR) sismique de la commune



Glissement de terrain

• Tenir compte de la nature du sol

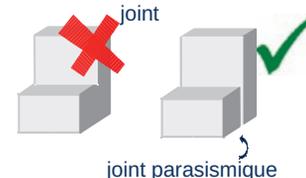
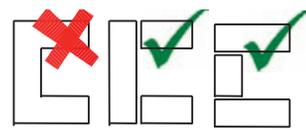


- Privilégier des configurations de bâtiments adaptées à la nature du sol
- Prendre en compte le risque de la liquéfaction du sol (perte de capacité portante)

Conception

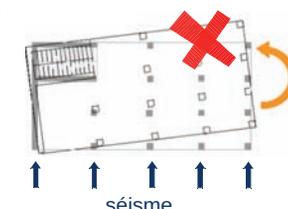
• Préférer les formes simples

- Privilégier la compacité du bâtiment
- Limiter les décrochements en plan et en élévation
- Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus



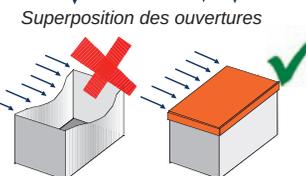
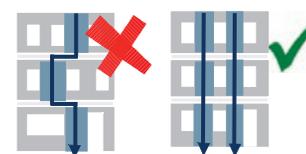
• Limiter les effets de torsion

- Distribuer les masses et les raideurs (murs, poteaux, voiles...) de façon équilibrée



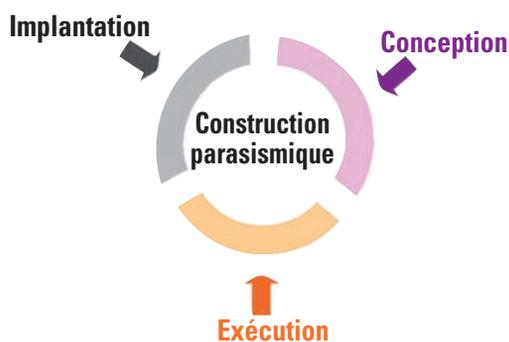
• Assurer la reprise des efforts sismiques

- Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure
- Superposer les éléments de contreventements
- Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux



Limitation des déformations : effet « boîte »

• Appliquer les règles de construction



Exécution

• Soigner la mise en œuvre

- Respecter les dispositions constructives
- Disposer d'une main d'œuvre qualifiée
- Assurer un suivi rigoureux du chantier
- Soigner particulièrement les éléments de connexion : assemblages, longueurs de recouvrement d'armatures



Mise en place d'un chaînage au niveau du rampant d'un bâtiment



béton



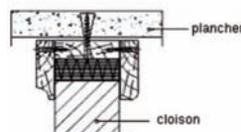
maçonnerie



acier



bois



Liaison cloison-plancher (extrait des règles PS-MI)

• Utiliser les matériaux de qualité

• Fixer les éléments non structuraux

- Fixer les cloisons, les plafonds suspendus, les luminaires, les équipements techniques lourds
- Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardage...

Quelle politique de prévention du risque sismique en France ?

Vincent Courtray - Chef du bureau des risques naturels terrestres
et adjoint au chef de la CCIAPSA (cellule centrale interministérielle d'appui
au plan séisme Antilles), MEDDTL / Direction Générale de la Prévention des Risques

Le risque sismique est faiblement connu en France et la rareté des séismes sur le territoire rend difficile l'existence d'une véritable culture de ce risque au sein des populations.

Néanmoins, l'actualité mondiale rappelle régulièrement la réalité de ce risque et les séismes de novembre 2004 aux Saintes (Guadeloupe) et de novembre 2007 au nord de la Martinique montrent que la France n'est pas épargnée.

Les scientifiques estiment qu'un séisme aux Antilles françaises tel que ceux qui se sont produits en 1839 ou 1843 pourrait y provoquer aujourd'hui plusieurs milliers de victimes, et des dégâts économiques considérables. De même, un séisme du même type que celui qui est survenu près de Salon de Provence en juin 1909 pourrait causer plusieurs centaines de décès.

Afin de coordonner les différentes actions menées pour limiter l'accroissement de la vulnérabilité de notre société face au risque sismique et les renforcer, le gouvernement a décidé d'engager sur la période 2005-2010 un Programme National de Prévention du Risque Sismique appelé Plan Séisme s'appuyant sur l'ensemble des acteurs de la prévention du risque sismique. Son objectif était de réduire la vulnérabilité de la France au risque sismique en favorisant une prise

de conscience des citoyens, des professionnels du bâtiment et des pouvoirs publics, tout en mettant en œuvre des dispositifs réglementaires et techniques indispensables pour la résistance des bâtiments.

Pour les Antilles

Etant donné le niveau de risque particulièrement fort aux Antilles, le gouvernement a créé en 2007 le Plan séisme Antilles qui comporte, outre des actions de sensibilisation, de formation, d'amélioration de la connaissance, de préparation à la gestion de crise, un volet important d'actions sur le bâti public existant (renforcement ou reconstruction), estimé à 5 milliards d'euros, afin de réduire la vulnérabilité aux séismes des populations antillaises (Guadeloupe, Martinique, Saint-Martin et Saint-Barthélemy). Ce plan antillais constitue un effort important à mener sur une vingtaine d'années avec le concours de toutes les collectivités concernées. Il possède une gouvernance, des objectifs et des moyens spécifiques.

Réduire la vulnérabilité de la France au risque sismique en favorisant une prise de conscience.

Après une phase importante de diagnostics de vulnérabilité sismique sur plusieurs milliers de bâtiments, des actions marquantes ont été menées. Plusieurs bâtiments publics de l'État

ont été reconstruits dans le respect des normes parasismiques, ainsi que certaines écoles primaires particulièrement vulnérables. Des opérations de renforcement ont également commencé et un programme ambitieux est en place en lien avec les collectivités territoriales.



Etat-major du SDIS de Guadeloupe reconstruit aux normes parasismiques © Vincent Courtray, MEDDTL

Les services départementaux d'incendie et de secours, ainsi que les bailleurs sociaux, mènent des programmes sur leur patrimoine. L'enjeu est important compte tenu des conséquences que pourrait produire un séisme de forte magnitude. A ce titre, l'urgence à agir est comprise de tous les acteurs.

Un bilan positif du plan 2005-2010

Le programme national a été marqué par de nombreuses avancées sur tous les champs de la prévention, depuis l'information préventive jusqu'à la réduction de la vulnérabilité et la préparation à la gestion de crise. De nombreux supports de communication ont été produits, dont un grand nombre par les régions concernées elles-mêmes. La sensibilisation des populations est cependant diverse selon les régions et mérite d'être poursuivie, en particulier dans les zones nouvellement concernées par la réglementation sismique. Un élément essentiel à la réduction de la vulnérabilité sismique a été la publication de la nouvelle réglementation avec l'application des normes parasismiques Eurocode 8 au contexte français, et la nouvelle carte de zonage sismique de la France (voir illustration). Ces textes permettront de garantir un meilleur niveau de sécurité pour les constructions neuves. L'accompagnement des professionnels du bâtiment, par la mise en place de formations adaptées, a commencé dans certaines régions. Concernant le bâti existant, et à l'exception des Antilles, trop peu d'actions ont été menées sur le territoire. Des efforts sont à faire pour inciter les propriétaires de bâtiments à se poser la question de la vulnérabilité sismique de leur bien au risque sismique et envisager les mesures de confortement qui seraient nécessaires.

Les trois principales actions de la DREAL Rhône-Alpes

- **Projet Interreg ALCOTRA-Risknat** : un programme de coopération transfrontalière le long de la frontière entre la France, l'Italie et la Suisse. Cette dé-



Logo des campagnes de sensibilisation en Guadeloupe © MEDDTL

marche vise à apporter de retombées utiles aux collectivités locales et à tous les gestionnaires des risques naturels.

<http://www.risknat-alcotra.org/fr/>

- Dans le cadre du programme Alcotra RiskNat, un outil de sensibilisation du grand public aux risques liés aux séismes : **une exposition itinérante « Sismo-Tour »** dans tous les départements de Rhône-Alpes. Les panneaux itinérants téléchargeables sur :

<http://www.planseisme.fr/Sismo->

Tour-en-Rhône-Alpes-Exposition-itinerante-Vivre-avec.html

- Information/formation des professionnels de la construction (ex. ingénieurs du BTP, architectes...). Les vidéos de différentes interventions sont mises en ligne :

<http://www.planseisme.fr/Rhone-Alpes-Seminaires-d-information.html>

■ ■ ■

Et maintenant...

L'important travail mené depuis plus de 5 années doit se poursuivre en ciblant les actions sur la réduction concrète de la vulnérabilité des populations vis-à-vis des séismes. Des travaux au sein de groupes de travail réunissant les principaux acteurs de la prévention du risque sismique (les collectivités territoriales, les professionnels de la construction, les associations et les organismes scientifiques, les services de l'Etat dans ses différentes composantes, les assureurs...) ont été menés en 2010 et ont abouti à des orientations stratégiques selon 3 axes :

- la mise en œuvre d'une gouvernance partagée de la politique de prévention du risque sismique, basée sur des objectifs quantitatifs et au plus près des spécificités des territoires,
- la mobilisation et l'association accrue des collectivités territoriales au pilotage des actions de réduction de la vulnérabilité et à la poursuite de la sensibilisation du grand public,
- le développement indispensable des pratiques de réduction de la vulnérabilité des constructions neuves et du renforcement du bâti existant en mobilisant les professionnels, les organismes de formation, et les services de contrôle des règles de construction parasismique.

Il est entendu que les actions relatives à la préparation à la gestion de crise seront poursuivies par l'organisation d'exercices de crise réguliers de type « RICHTER » et par la réalisation de retours d'expériences sur des séismes ayant lieu en France ou ailleurs dans le monde.

La question de la qualité du bâti existant et notamment la connaissance de sa vulnérabilité face au risque sismique sont également des champs importants de la politique de prévention du risque sismique dans les années à venir.

Les acteurs de la prévention de ce risque majeur, et en premier lieu les collectivités territoriales, ont ensemble un rôle essentiel à jouer pour faire en sorte que les populations acquièrent une culture du risque sismique et intègrent dans leurs décisions les choix permettant de diminuer globalement la vulnérabilité de notre société face aux séismes.

Application de la réglementation parasismique

Victor Davidovici - Consultant Dynamique Concept

Les premières décisions en matière de prévention sismique datent de 1969 lorsqu'ont été définies les normes de construction parasismiques dites PS 69 et le premier zonage sismique qui leur est associé.

Grâce aux progrès scientifiques, ce zonage initial a pu être affiné, d'abord lors de l'élaboration de nouvelles normes parasismiques (dites PS 82 ou PS 69/82), ensuite en 1992. Les règles parasismiques sont, par excellence, des textes fréquemment révisés. Les progrès rapides en génie sismique, l'amélioration des méthodes d'évaluation de l'aléa sismique, l'expérience sur le comportement des ouvrages, fournis par les régions soumises à des séismes majeurs, obligent à cette remise en question quasi permanente.

Les règles parasismiques sont, par excellence, des textes fréquemment révisés.

En 2010, un nouveau décret (n° 2010-1254 du 22 octobre 2010) et un arrêté ont été adoptés en matière de règles parasismiques (donnant lieu à l'application de la norme européenne EC8) et sont en vigueur à ce jour en période de transition avec les règles PS92. A cette occasion, les différentes zones sismiques ont été redéfinies.

D'un décret à un autre ou du PS69 au



Exemple d'une construction parasismique : l'hôpital Pasteur de Nice © Vinci-Construction

EC8, notre société raisonne avec une démarche par à-coups. Les enseignements tirés de l'observation et de l'analyse des effets sismiques ont été et continuent d'être à la base des mesures de prévention et notamment des codes

parasismiques. Ce caractère expérimental du génie parasismique doit être souligné avec force, à une époque où le recours à l'ordinateur et la soumission aveugle à ses prédictions tiennent souvent lieu de reli-

gion. Il y a lieu de rappeler aussi que l'étude parasismique s'intéresse aussi bien au site, aux fondations, à la forme architecturale, à la structure porteuse, qu'aux éléments non structuraux et aux façades.

Par ailleurs, il est important de noter que l'Eurocode 8 n'est pas autonome et que son application entraîne aussi l'application de la totalité des Eurocodes de ECO à EC7¹. A remarquer que l'Eurocode

8-3 formalise la démarche d'évaluation parasismique des bâtiments existants. Pour l'application de la réglementation parasismique, une multitude d'acteurs est concernée : services de l'État, collectivités, maîtres d'ouvrages publics ou privés, maîtres d'œuvre, bureaux de contrôle, bureaux d'études, constructeurs, ouvriers du BTP... Pour connaître l'applicabilité de la réglementation nous avons choisi d'approcher uniquement les bureaux de contrôle.

La France a décidé d'encadrer le processus de construction en imposant l'implication des bureaux de contrôle en amont, au moment de la dépose du permis de construire, pendant les phases de projet et d'exécution et en aval, en fin de mission de contrôle.

Soyons clairs : c'est très positif !

La circulaire du 31 octobre 2000 relative au contrôle technique des constructions

¹ NF en 1990, Eurocode 0 - Bases de calcul des structures ; NF en 1991, Eurocode 1 - Actions sur les structures ; En 1992, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton ; En 1993, Eurocode 3 - Calcul des structures en acier ; En 1994, Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton ; En 1995, Eurocode 5 - Calcul des structures en bois ; En 1996, Eurocode 6 - Calcul des structures en maçonnerie ; En 1997, Eurocode 7 - Calcul géotechnique ; En 1998, Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes.



Exemple d'une construction parasismique : l'hôpital Pasteur de Nice © Vinci-Construction

pour la prévention du risque sismique (*BO du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement n° 21 du 25 novembre 2000*) rappelle aux maîtres d'ouvrages qui construisent dans les zones de risque sismique leurs obligations au regard des articles 40 et 41 de la loi n° 87-565 (plans de prévention des risques sismiques, règles de construction). Elle leur recommande de confier à un contrôleur technique une mission de contrôle L + S² étendue à la mission PS.

Cette mission est ainsi définie : « *Les aléas techniques à la prévention desquels le contrôle technique contribue au titre de la mission PS sont ceux qui, générateurs d'accidents corporels, découlent de défauts dans l'application des dispositions réglementaires relatives à la protection parasismique dans les constructions achevées. La mission porte sur les ouvrages et éléments d'équipement visés par les règles parasismiques.* ». Ainsi, l'exécution d'une mission portant sur la solidité des ouvrages et des éléments qui font corps avec ces ouvrages ou d'une mission portant sur la sécurité des personnes qui ne prendrait pas en compte la sécurité des personnes en cas de séisme engage directement leur responsabilité pour les dommages causés ultérieurement aux

² **Décret n°99-443 du 28 mai 1999** : Chapitre II : la mission de contrôle technique. **Article 7 Les missions de base.** - Les missions de base sont au nombre de deux : (a) la mission L, portant sur la solidité des ouvrages et des éléments d'équipement indissociables ; (b) la mission S, portant sur les conditions de sécurité des personnes dans les constructions. Ces missions de base sont définies dans l'annexe A de la norme NFP 03-100. Dans le cas du contrôle technique obligatoire, la mission minimale de contrôle technique comprend la mission L et la mission S. **Article 8** : A la mission L + S est ajoutée la mission complémentaire PS dans tous les cas où la réglementation prévoit la protection contre les séismes.

personnes comme aux biens. Ayant constaté en 2003-2004 **l'impérieuse nécessité du contrôle** de la chaîne des intervenants, depuis la conception jusqu'aux chantiers où se réalise, in fine, la construction parasismique, il a été émis le souhait que les bureaux de contrôle soient saisis du projet en même temps que les Bureaux d'Études Techniques (BET). Somme toute, l'arrêté du 10 septembre 2007 impose au Contrôleur Technique de fournir deux attestations, l'une au niveau du permis de construire et l'autre à l'achèvement des travaux, afin de confirmer que ces consignes ont été suivies. Le cadre dans lequel ces attestations sont à fournir est défini à l'article R111-38 du Code de la construction et de l'habitation aux alinéas 4 et 5 par les contrôleurs agréés par l'état. Il y a environ 25 sociétés de contrôle dont cinq des plus importantes. Nous avons interrogé les bureaux de contrôle qui, en général, ont confirmé que la mission de contrôle PS complétée par les deux attestations se passe plutôt bien.

Le problème principal est que cette réglementation n'est probablement pas suffisamment connue par l'administration qui demande systématiquement les attestations en phase de conception, au

moment du dépôt de permis de construire (pièce PC12) même si la zone sismique ou la catégorie de bâtiments ne l'exigent pas. Au final cela permet d'impliquer le bureau de contrôle dès la phase du permis de construire.

Le problème principal est que cette réglementation n'est probablement pas suffisamment connue par l'administration

Le second problème est que le contrôleur technique a bien du mal à obtenir du Maître d'Ouvrage tous les documents nécessaires à l'établissement de l'attestation au niveau du permis de construire (PC) :

- le dossier de permis de construire,
- les éléments géotechniques faisant apparaître la classe de sol et le site sismique,
- les informations permettant le classement de l'ouvrage vis-à-vis de la réglementation parasismique applicable, les études de sol ne comprennent généralement pas les classifications de ces sols, ce qui amène à demander des compléments.
- une notice explicative portant sur le cheminement des charges verticales et horizontales,
- une notice explicative sur le principe de fondations et de soutènement.

Dans le cas de projets d'importance, les bureaux de contrôle (BC) sont en mesure

de réaliser un rapport correct au stade du PC car on dispose de pré-étude structure et de l'étude géotechnique. Dans le cadre de petits projets, les maîtres d'ouvrage n'investissent pas dans l'étude de sol avant le retour du PC, donc, quand les mairies le demandent, les BC éditent un rapport au maître d'ouvrage avec de nombreuses observations et fournissent l'attestation au stade PC avec la référence à ce rapport.

En conclusion, comme pour tout, cela dépend des maîtres d'ouvrages et des projets; il est même souvent plus compliqué d'avoir les éléments dans le cadre du marché publics que celui du marché privé. La qualité parasismique des projets dépend beaucoup de la formation des architectes et bureaux d'études.

S'il n'ont pas l'habitude de projets en zone sismique ils conçoivent des projets « inadaptés » : structure poteau-poutre (transparence) au RDC pour parking et voile à l'étage pour les habitations, murs ne plombant pas dans les niveaux et dalles de répartition... dans ces cas-là, les BC sont souvent obligés de revoir avec eux la conception globale de l'établissement (ce qui n'est pas toujours simple à faire entendre).

Ainsi, à travers l'enquête menée auprès des bureaux de contrôle on a mis en évidence, une fois de plus, de la nécessité d'une formation adaptée aux besoins des acteurs du BTP. On a encore trop tendance à dispenser des formations trop théoriques concentrées exclusivement sur l'Eurocode 8 et sans vision sur la pratique de la construction parasismique.

Les formations d'architectes n'aborderaient que de façon allusive les règles spécifiques de construction en zone sismique. Pour les bureaux d'études il y a inadéquation entre la formation et les réalités des chantiers. Les artisans, qu'ils interviennent en entreprise générale sur les chantiers individuels, en sous-traitants sur les chantiers importants sont conscients de leurs faiblesses mais font rarement appel aux formations parasismiques proposées par leurs propres fédérations, « par manque de temps ».



Exemple d'une construction parasismique : l'hôpital Pasteur de Nice © Vinci-Construction

Finalement, pour les contrôleurs, le problème du contrôle parasismique n'est pas dans la fourniture des attestations ; il existe dans la complexité de la mission PS qui vient s'ajouter aux autres missions dont le nombre a tendance à augmenter ces dernières années (incendie, handicapés, thermique, acoustique...).

Concernant les honoraires, il est difficile de valoriser les missions PS même dans le cas de projets complexes (même lorsqu'il faut revoir la conception globale, analyser une note de calculs sismique, ...) : les honoraires des missions n'étant pas toujours en rapport avec la complexité de l'opération.

L'attestation PS finale telle que définie par la réglementation, bien qu'elle ne soit pas demandée d'une manière systématique, est ressentie comme un piège pour le contrôleur technique. Elle ne couvre en principe que le cas où il ne subsiste plus aucune observation liée à la mission PS.

Dans la réalité, cela conduit le contrôleur technique à être mis sous pression par le maître d'ouvrage, même en cas d'anomalie constatée.

Ceci a conduit le COPREC³ à modifier l'attestation finale, pour intégrer les deux cas (avec ou sans observation). Il ne s'agit pas d'une attestation sur le respect des règles parasismiques mais sur la prise en compte, par le Maître d'ouvrage, des avis du bureau de contrôle relatifs au séisme.

Il est connu que pour une bonne conception parasismique des bâtiments, les concepteurs doivent pouvoir intervenir le plus en amont possible dès les premières esquisses d'architecte, tout en sachant que dans le domaine parasismique on ne peut pas tout encadrer.

Ainsi l'intervention du bureau de contrôle, en amont, au moment du permis de construire et en aval pour la levée des réserves sont des facteurs positifs pour la construction parasismique.



³ La COPREC est une organisation professionnelle qui fédère les organismes de prévention, d'inspection et contrôle tierce partie indépendante. Ces organismes agissent, en toute impartialité, pour garantir la qualité et la conformité des produits, des installations, des constructions et des infrastructures en France.

La qualité parasismique des projets dépend beaucoup de la formation des architectes et bureaux d'études.

Un micro zonage sismique dans un PPR :

le PPR du bassin annecien

Liliane Besson - Vice-présidente de l'IRMa

Les premiers PPR multirisques élaborés en application de la loi de 1995 incluait le risque sismique en se référant à la réglementation nationale (zonage sismique de la France de 1989 et règles de construction parasismiques PS 92).

Le zonage étant représenté par unité administrative cantonale, le PPR communal ne comportait pas de zonage spécifique.

Mais depuis une vingtaine d'années, la recherche sur la caractérisation de l'aléa sismique s'est considérablement développée grâce à une meilleure connaissance de la sismicité historique et à la prise en compte de la sismicité instrumentale (multiplication des réseaux d'appareils d'enregistrement des séismes). Cette évolution a conduit, en 2005, à la nouvelle carte de l'aléa sismique de la France (opposable le 1er mai 2011).

La compilation de ces données a fait apparaître également que de très forts effets de site pouvaient modifier le signal initial en provenance du substratum rocheux. Par exemple dans la cuvette grenobloise, les formations superficielles (alluvions), plus déformables que le ro-

cher, permettraient une amplification de dix à vingt fois des mouvements du sol¹ et une prolongation de leur durée jusqu'à 20 secondes. De plus, ce sont les dizaines de mètres les plus proches de la surface qui présentent les plus fortes amplifications.

Ces éléments de connaissance ont conduit à l'élaboration d'un micro zonage qui différencie des zones d'action sismique (spectre de réponse) homogène dans lesquelles les normes parasismiques pourront être appliquées aux « classes » de bâtiments².

Le PPR sismique d'Annecy

Le séisme du 15 juillet 1996 (magnitude estimée à 5,3 et intensité VII – VIII) a provoqué d'importants dégâts (près de 80 millions d'€) sur l'ensemble du territoire annecien. L'heure très matinale du

Le séisme du 15 juillet 1996 a provoqué d'importants dégâts (près de 80 millions d'euros)

séisme a permis d'éviter un bilan humain qui aurait pu être très lourd en pleine journée. A la suite de cet événement, les 10 communes³ du bassin annecien en liaison avec les services de la Pré-

fecture de Haute-Savoie ont décidé de se doter d'une cartographie préventive du risque sismique incluant un micro zonage sismique. A la demande des services préfectoraux, le BRGM⁴ a été chargé d'évaluer et de cartographier l'ensemble des risques naturels redoutés sur le bassin en vue de l'élaboration d'un Plan de prévention des risques

naturels prévisibles : procédure permettant d'adapter localement les exigences réglementaires parasismiques nationales. Le PPR sismique (en fait multirisques dont mouvements de terrain, inondation, risque torrentiel et zones humides) d'Annecy est l'un des premiers réalisés et approuvés en France métropolitaine (Arrêté préfectoral du 29 janvier 2009).

L'aléa sismique

Pour l'aléa sismique, les effets de sites lithologiques (caractéristiques géotechniques des couches de sols) et topographiques (forme du relief), l'effet de rupture en surface de la faille active du Vuache et le phénomène de liquéfaction ont été pris en compte. Le micro zonage a permis de distinguer 6 zones d'action sismique en fonction des caractéristiques géotechniques de sol (Z0 à Z5).

La carte réglementaire et le règlement pour les projets

En application des articles L.563-1⁵ et R.563-8 du code de l'Environnement ainsi que l'article R.112-1 du code de la

1 Pour des fréquences comprises entre 0,3 et 5 Hz.

2 En 2009, la correspondance des normes est connue mais non encore applicable : les classes de bâtiments sont définies à l'article 2 de l'arrêté du 29 mai 1997. Les classes A B C et D de cet arrêté correspondent respectivement aux catégories d'importance I II III et IV des décrets et arrêté du 22 octobre 2010 (précisant les annexes nationales de l'Eurocode 8 à l'exception des bâtiments scolaires de classe B qui passent en catégorie d'importance III dans l'Eurocode 8)

3 Annecy, Annecy-le-Vieux, Argonay, Cran-Gevrier, Epagny, Metz-Tessy, Meythet, Poisy, Pringy et Seynod.

4 Bureau de recherche géologique et minière.

5 « Dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique ..., des règles particulières de construction parasismique ... peuvent être imposées aux équipements, bâtiments et installations. Si un plan de prévention des risques est approuvé dans l'une de ces zones, il peut éventuellement fixer, en application de l'article L.562-1, des règles plus sévères. »

Construction et de l'habitation (règles adaptées aux valeurs locales des actions sismiques) les règles de l'Eurocode 8, non encore publiées en 2009, ont pu être intégrées dans le règlement du PPR.

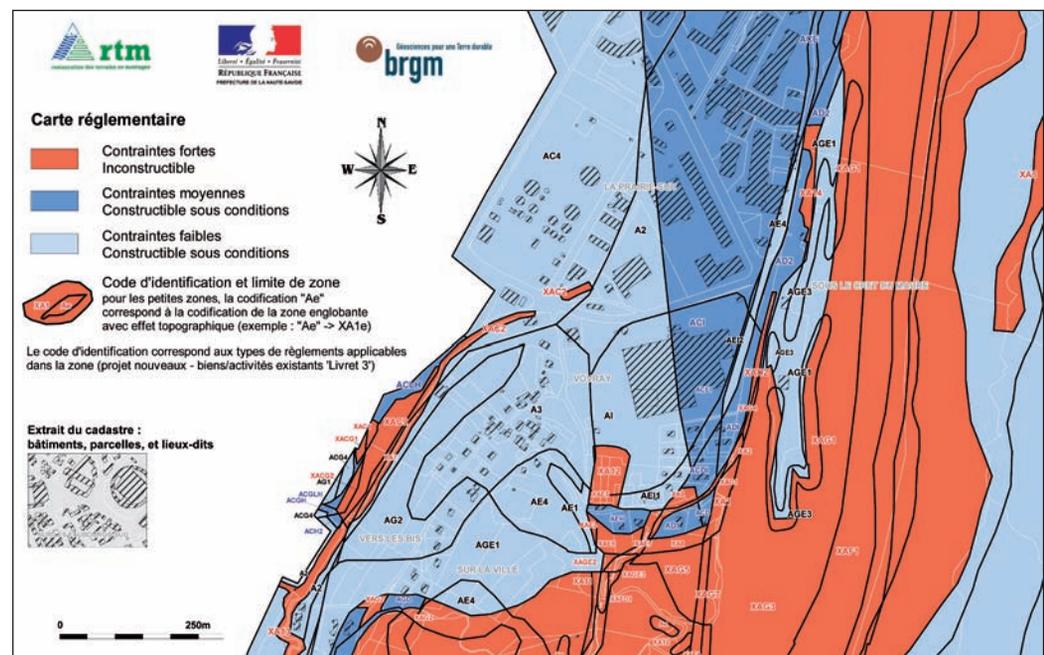
La carte réglementaire définit des zones rouges, bleues et blanches.

Les zones rouges, inconstructibles, concernent uniquement les risques de mouvements de terrain (chutes de blocs et glissement), d'inondation, de crues torrentielles et de « zones humides ». Les zones exposées au risque sismique sont représentées en bleu foncé et en bleu clair.

Les zones bleues correspondent à des contraintes moyennes (zones bleu foncé) ou faibles (zones bleu clair).

Les contraintes définies dans le règlement sont modulées en fonction du type de risque et des « classes » de bâtiments : Le règlement stipule que pour la prise en compte de l'**effet de site lithologique**, les contraintes sont définies par le croisement des zones d'action sismique (Z0 à Z5) et des « classes » de bâtiments tandis que l'**effet de site topographique** est traduit en appliquant un coefficient forfaitaire de 1,5 sur les actions sismiques spécifiques. Les éléments secondaires (non structuraux tels que cheminées, balcons, etc.) doivent être ancrés et fixés fermement au corps principal. Le risque de **rupture de la faille en surface** est délimité par une bande dite d'incertitude (200 m ou 300 m selon le tronçon) correspondant au trajet présumé de la faille du Vuache. Les constructions sont à éviter sinon une étude de site déterminera le tracé exact de la faille et la zone de rupture potentielle. Enfin, pour pallier l'**effet induit de liquéfaction**, le règlement prescrit des renforts architecturaux ou une étude géotechnique de liquéfaction pour une tranche de 0 à 20 m de profondeur.

Dans les **zones blanches**, non réputées exposées, la réglementation parasismique en vigueur s'applique (PS 92).



Extrait de la carte réglementaire du PPR sismique d'Annecy Sud (2008).

Le règlement pour les biens existants

Les mesures définies dans le règlement visent l'adaptation, dans la mesure du possible, par des études et des travaux de confortement voire de modification, des biens situés dans les zones exposées du PPR approuvé.

La plupart du temps, ces biens n'ont pas fait l'objet d'étude de vulnérabilité sismique. Dans ce cas, pour les constructions de « classe » B, le règlement du PPR impose une étude simplifiée appelée pré-diagnostic qui permet d'évaluer le comportement des bâtiments par des méthodes simplifiées au regard de la qualité de la structure, de la typologie constructive et de l'âge de la construction.

Pour les autres « classes » de bâtiments, le règlement prescrit une étude plus approfondie appelée diagnostic sismique qui comprend une analyse mécanique rigoureuse basée sur les plans des ouvrages (détails de ferrillages, connexions entre les éléments structuraux, etc.). Pour la prise en compte de l'effet topographique les contraintes applicables sont identiques à celles définies pour les projets. Dans le cas de risque de liquéfaction, la maîtrise des rejets est préconisée.

Le délai de réalisation est de 5 ans (parfois 3 pour les bâtiments sensibles tels

que les crèches et les bâtiments de classe D) à compter de la date d'approbation du PPR et le montant des travaux doit rester inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien considéré.

Conclusion

Le principe de la prise en compte du risque sismique local par le micro zonage et partant, l'application de normes constructives mieux adaptées est un progrès indéniable sur les plans économique et humain. Mais d'ores et déjà, l'application de ces contraintes lourdes pour le particulier semble minimiser le côté positif de la démarche. Les annéciens ont encore le choix d'appliquer les contraintes nationales jusqu'au 1er mai 2011 (date d'entrée en vigueur des décrets de d'octobre 2010). Ce n'est qu'à partir de cette date et progressivement, qu'un véritable bilan avantages/inconvénients pourra être établi en particulier quant à la sévérité des nouvelles normes.. Il reste aussi à gérer les lourdes conséquences administratives résultant des contrôles dans les différentes étapes de l'acte de construire (cf. l'article de V. Davidovici, ci-avant).

Enfin, le problème de l'existant, commun à tous les PPR, demeure entier : qu'il s'agisse de l'information des propriétaires ou de l'appui technique ou financier.

Les installations nucléaires et la prise en compte du risque sismique dans le sud-est de la France

Ghislaine Verrhiest-Leblanc - Inspectrice de la sûreté nucléaire et référent séisme à la division de Marseille de l'Autorité de sûreté nucléaire

Installations nucléaires et risque sismique dans le sud-est de la France

La France métropolitaine est un pays à sismicité modérée. Néanmoins, les archives historiques attestent de l'occurrence de 4 à 5 séismes responsables de dommages sévères par siècle.

A cet égard, la région Provence Alpes Côte d'Azur n'a pas été épargnée : le 11 juin 1909, une secousse, d'une magnitude estimée à 6.2, touchait les communes situées entre Salon-de-Provence et Aix-en-Provence.

Ce séisme causa une cinquantaine de victimes, deux cent cinquante blessés et endommagea plus de 2000 bâtiments.

Ce tremblement de terre, le plus fort ressenti en métropole au cours du siècle dernier, a marqué profondément la mémoire locale et laissé des traces encore très visibles dans de nombreux villages.

Il existe ainsi dans la région une sensibilité particulière de la population vis-à-vis de ce risque et une préoccupation spécifique concernant le comportement sous séisme des ouvrages industriels et nucléaires.

L'autorité de sûreté nucléaire, et plus particulièrement la division de Marseille pour les régions PACA-LR et Corse, est en charge d'assurer, au nom de l'État, le contrôle de ces installations et de contribuer à l'information des citoyens. Elle veille au respect de la réglementation en vigueur et, notamment pour ce qui est de la prévention du risque sismique, à la bonne application des règles fondamentales de sûreté.

Exigences et contrôles

Les ouvrages industriels et nucléaires peuvent en effet présenter des risques spécifiques pour l'environnement ou la

Dans le sud-est de la France, les installations nucléaires sont concentrées sur trois sites :

- Le site du Tricastin¹ regroupant des installations du cycle du combustible nucléaire et une centrale nucléaire. Les trois grands exploitants nucléaires français (AREVA, CEA et EDF) y sont représentés.
- Le site CEA de Cadarache, exploité depuis les années 60, comprenant 20 installations nucléaires de base (INB) et 1 INBS (défense) répondant à des objectifs de recherche, de développement et de soutien industriel. Il est à noter la construction à venir à proximité du centre du réacteur de fusion ITER.
- La plate-forme de Marcoule comportant : le centre de recherche CEA (2 INB et 1 INBS) créé en 1955, l'installation Melox exploitée par AREVA et dédiée à la fabrication du combustible MOX et l'installation CENTRACO exploitée par SOCODEL pour le traitement de déchets nucléaires.

population en cas de survenue d'un séisme. Ce sont par exemple les grands barrages, les installations classées pour la protection de l'environnement et les installations nucléaires. Autant d'ouvrages présents en région PACA, pour lesquels la réglementation retient des exigences plus contraignantes que celles imposées au bâti courant et prévoit un dispositif de contrôle spécifique.

Les installations nucléaires de base, au même titre que certaines installations industrielles dangereuses (ICPE) et les grands barrages, font l'objet d'une réglementation renforcée en matière de risque sismique. Cette réglementation² impose que les bâtiments ou ouvrages résistent au séisme maximal observé historiquement, majoré par un facteur de sécurité forfaitaire. L'intégrité du bâti-

ment doit en effet être conservée pour éviter toute conséquence pour la population ou l'environnement.

Cette réglementation impose que les bâtiments et ouvrages résistent au séisme maximal observé historiquement majoré

A titre d'exemple, pour le site de Cadarache, la prise en compte des événements sismiques locaux les plus importants³ conduit à considérer les références suivantes :

- un séisme maximal historique vraisemblable (SMHV) : magnitude 5,3 et intensité VII-VIII ;
- un séisme majoré de sécurité (SMS) : magnitude 5,8 et intensité VIII-IX ;

¹ Le contrôle du site du Tricastin est assurée par la division de Lyon de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

² Il s'agit de règles fondamentales de sûreté (RFS) établies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) portant sur :
- la détermination des niveaux de séisme auxquels doivent résister les installations nucléaires (RFS 2001-01) ;
- la conception parasismique des installations nucléaires (guide ASN/2/01) ;
- l'instrumentation nécessaire sur les centrales nucléaires pour mesurer les mouvements sismiques (RFS 1.3.b)

³ Le séisme de Manosque (1708), le paléoséisme de Valveranne (daté entre -26000 et -9 000 ans) ainsi que le séisme de Lambesc (1909)

- un paléoséisme : magnitude 7 et intensité IX.

Pour le dimensionnement du génie civil, les références considérées sont le SMS et le paléoséisme.

Les règles parasismiques ont évolué au cours du temps, et les installations les plus anciennes peuvent ne pas satisfaire aux règles actuelles. Lors des ré-évaluations de sûreté périodiques menées sur les installations, l'ASN contrôle leur conformité à ces règles.

Elle peut imposer aux exploitants nucléaires que des aménagements soient apportés dans des délais raisonnables aux installations pour les mettre en conformité avec les règles ou des mesures pour minimiser les conséquences d'un séisme (par exemple, réduction de la quantité de matières radioactives présentes dans l'installation), voire la fermeture des installations. Dans ce cadre et à la demande de l'ASN, le CEA a dû fermer définitivement certaines installations et procéder à leur démantèlement, comme l'ATPu, et a dû s'engager à réaliser d'importants travaux de renforcement parasismique sur d'autres, comme le LECA-STAR ou le LEFCA (Figure 1).

En complément des règles de conception et de construction, les exploitants nucléaires doivent établir des procédures automatiques de mise en sécurité et des plans d'urgence pour assurer la protection des personnes et de l'environnement en cas de séisme. A ce titre et à la demande de l'ASN, le centre de Cadarache a mis en place une organisation spécifique de l'ensemble de ses moyens généraux permettant d'assurer la sûreté et la sécurité du centre en cas de séisme.

Pour tester l'organisation en place sur et à l'extérieur du centre ainsi que la coordination des différents acteurs impliqués dans la gestion d'un séisme (exploitant, préfectures, services de secours, autorités de contrôle, collectivités territoriales, ...), un exercice de crise sismique est par ailleurs en préparation. Il sera conduit début 2012.

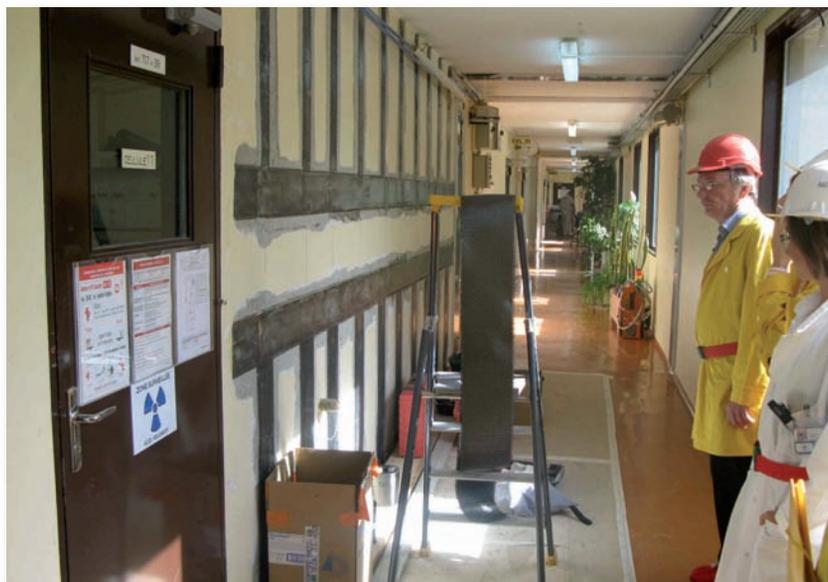


Figure 1 - Pose de bandes de fibres de carbone dans l'installation Lefca © asn

Concertation et transparence autour du risque sismique et des installations nucléaires dans le sud-est de la France

L'autorité de sûreté nucléaire et les exploitants veillent à faire progresser la transparence sur le sujet de la prise en compte du risque sismique dans les installations nucléaires du sud-est et notamment sur le centre de Cadarache. Les actions prennent diverses formes : des échanges avec le public tels que des interventions au sein de la Commission Locale d'Information (CLI ; www.cli-cadarache.fr) du centre et l'organisation de manifestations publiques organisées le 4 février 2010 à Marseille (Figure 2) et le 7 décembre 2010 à Avignon (actes et interventions téléchargeables sur

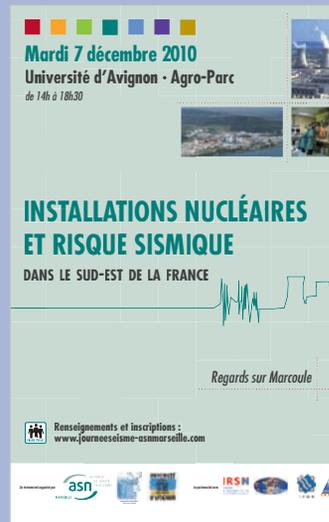
www.journeesisme-asnmarseille.com);

le développement d'outils d'information et de communication (film⁴, internet, posters, articles...) dont la plupart sont accessibles www.seisme-1909-provence.fr et www.journeesisme-asnmarseille.com ;

une participation active à la mémoire collective du risque et à la valorisation du retour d'expérience. Elle a notamment donné lieu à de nombreuses actions dans le cadre de la commémoration du séisme de Provence de 1909.

Par ailleurs, les contrôles réalisés par l'ASN font l'objet de lettres de suite adressées aux exploitants et mises en ligne sur le site de l'autorité⁵. Par l'ensemble de ces actions, et aux côtés de partenaires nationaux et locaux, l'ASN veut ainsi permettre à l'ensemble des parties prenantes de prendre position et d'exprimer la diversité de leurs opinions. Le débat public permet une approche de gestion concertée du risque, indispensable à la démarche de progrès continu de la sûreté nucléaire.

Affiche de la journée « installations nucléaires et risque sismique » du 7 décembre 2010 ➤



4 Par exemple : le film « renforcement parasismique des constructions existantes » sorti en août 2010 et téléchargeable sur www.planseisme.fr et www.risquesmajeurs-hautes-pyrenees.pref.gouv.fr et le film « Séisme en Provence » téléchargeable www.seisme-1909-provence.fr

5 www.asn.fr

La préparation à la gestion d'une crise sismique.

Les exercices RICHTER

Emilie Crochet – Bureau des Risques Majeurs, Sous-Direction de la Gestion des Risques, Direction de la Sécurité Civile
Ministère de l'Intérieur, de l'Outre-Mer, des Collectivités Territoriales et de l'Immigration

La Terre vient de trembler ... que faire ? Qui appeler ? Comment s'organiser ? Face à un tel événement, les citoyens se tournent naturellement vers les pouvoirs publics pour obtenir aide et protection.

Pour faire face à cette demande l'Etat a mis en place toute une organisation.

En premier lieu, la loi de modernisation de la sécurité civile d'août 2004 réaffirme que la protection générale des populations nécessite d'impliquer de multiples acteurs dont la diversité est devenue une caractéristique de la sécurité civile.

Ensuite, l'Etat dispose à tous les échelons de plans de secours élaborés par les différents acteurs intervenant dans la gestion de crise. Ainsi, au niveau zonal et départemental, les plans ORSEC (organisation de la réponse de sécurité civile) sont conçus pour mobiliser et coordonner, sous l'autorité unique du préfet, les acteurs de la sécurité civile au delà du niveau de réponse courant ou quotidien des services.

Au niveau communal, le maire dispose de deux outils : le plan communal de sauvegarde (PCS), qui permet de bâtir par anticipation l'organisation des différentes ressources (humaines et matérielles), et la réserve communale de sécurité civile (RCSC).

Au niveau des écoles, le plan particulier de mise en sécurité (PPMS) met en place une organisation interne à l'établissement scolaire permettant d'assurer la sécurité des élèves et des personnels, en attendant l'arrivée des secours.

Enfin, le plan familial de mise en sûreté (PFMS) permet à chaque famille de se protéger et d'organiser son autonomie durant la phase critique de la crise.

Si la France a été épargnée par les séismes depuis de nombreuses décennies, la possibilité qu'un séisme fort se produise et engendre des victimes et des dégâts importants est avérée en métropole, en particulier pour les départements alpins et pyrénéens.

Mais la véritable question n'est pas de savoir quelle sera la localisation du prochain séisme, ni même sa magnitude, mais plutôt si nous serons collectivement suffisamment prêts pour l'affronter.

Ainsi du niveau communal au niveau national, les exercices permettent à tous les acteurs de se préparer à la survenue d'un séisme. Ils permettent entre autres :

- de mettre en pratique les différents plans élaborés,
- aux acteurs de se familiariser avec leurs rôles et leurs missions,
- de se coordonner ensemble,
- de sensibiliser la population,
- d'acquérir des réflexes opérationnels,
- de mettre en évidence des dysfonctionnements et de réfléchir à des pistes d'amélioration.

Le but final est d'aboutir à une maîtrise

partagée (inter services) et pérenne d'un savoir faire opérationnel.

Dans le cadre du plan séisme lancé en 2005 et qui vient de s'achever, la direction de la sécurité civile a réalisé un scénario départemental de crise sismique (SDCS) chaque année.

Ces exercices, dénommés « RICHTER », permettent, outre l'entraînement des services gestionnaires de la crise (préfecture, services déconcentrés, communes, établissements publics dont les établissements scolaires, ...), une forte sensibilisation des acteurs et en particuliers des collectivités locales. En effet, ces exercices sont basés

Mais la véritable question n'est pas de savoir quelle sera la localisation du prochain séisme, mais plutôt si nous serons collectivement suffisamment prêts pour l'affronter

sur un jeu de données réalistes, incluant une évaluation quantifiée des dommages et des estimations (qualitatives et globales) du nombre de victimes, permettant d'évaluer les capacités de réaction et d'intervention lors

de différentes phases de la crise. Ceci permet aux acteurs de prendre conscience de la réalité du risque sismique et des conséquences concrètes qu'il peut engendrer.

Les retours d'expérience menés auprès des communes qui ont participé à ces exercices montrent que, bien que conscientes d'être soumises à un risque sismique, elle n'avait pas la représentation des dégâts que cela pourrait entraîner pour leurs communes.

Lors des exercices RICHTER, l'ensemble des services centraux et déconcentrés de l'Etat, des collectivités territoriales (aux

travers des élus locaux et de leurs services techniques), des opérateurs publics et privés et des médias participent. Pour les communes, trois niveaux de « jeu » sont proposés :

- le niveau A : les communes ont une implication complète pendant tout l'exercice. Elles reçoivent directement ou indirectement des événements successifs (dommages et/ou dysfonctionnement) qu'elles doivent gérer en temps réel ;
- le niveau B : les communes ont une implication partielle pendant l'exercice. Elles ne reçoivent pas les événements à gérer en temps réel, mais une description évolutive dans le temps des dommages aux biens et aux personnes ainsi que des éventuels dysfonctionnements ;
- le niveau C : les communes ont une implication minimale au cours de l'exercice. Elles reçoivent uniquement une description complète des dommages aux biens et aux personnes ainsi que des éventuels dysfonctionnements dans un délai d'une à deux heures après l'événement.

Comme en cas de crise sismique réelle, les communes doivent rendre compte au COD de la préfecture au travers d'un ou plusieurs point(s) de situation faisant état d'une description et quantification des dommages et des dysfonctionnements, des actions entreprises et des besoins.

A ce jour quatre exercices se sont déjà déroulés : RICHTER 13, RICHTER Antilles, RICHTER 65, RICHTER 68 et RICHTER 38.

Le premier exercice, **RICHTER 13**, a été mené le 15 février 2007 sur une zone comprenant 25 communes ayant été touchées par le séisme historique de Lambesc (1909). Cet exercice était de type « Etat-major », il n'y avait donc pas de jeu en réel sur le terrain. Toutes les communes avaient alors été sollicitées en niveau B.

Puis, l'exercice **RICHTER Antilles** (18 et 19 novembre 2008) concernant les deux départements d'outre mer et se déroulant sur 36 heures, a permis un travail d'Etat Major entre les préfectures, les sous-préfectures et les communes, à la gestion de chantiers de sauvetage déblaiement où la mobilisation des moyens de secours a fait intervenir les moyens locaux, zonaux et nationaux sous la forme d'un détachement de l'UIISC de



Les services de secours mobilisés sur le site de l'ancienne papeterie de Villard Bonnot pour l'exercice Richter 38 ©IRMa

Corte. Pour la première fois dans un exercice, la difficile question de la gestion d'un grand nombre de décédés a fait l'objet d'un atelier théorique et pratique à Fort de France.

Le 22 avril 2009, l'exercice **RICHTER 65** (Etat-Major) a permis de tester l'ensemble de la chaîne de commandement du niveau local au niveau national et même européen. Cet exercice a permis de prendre conscience de la gestion des sans-abris et du risque de sur-accident naturel (rupture d'un embâcle dans la vallée au-dessus de Lourdes).

L'exercice **RICHTER 68** s'est déroulé le 4 février 2010 dans le Haut-Rhin et le Territoire de Belfort. Il a permis de tester l'appel aux ressources secours des pays limitrophes, ainsi que la participation de la population par des mouvements de populations spécifiques limités tels que l'évacuation d'établissements scolaires. Il a aussi été joué le risque de sur-accident afin de tester les procédures d'évacuation de secteurs exposés à un accident technologique potentiel. Par ailleurs, la dichotomie entre les deux consignes « sortir des bâtiments » en cas de séisme et « se confiner » en cas d'accident industriel a permis une réflexion sur ce sujet. D'autre part quatre chantiers de manœuvre ont été mis en place par le SDIS 68 : un chantier sauvetage déblaiement à Mulhouse, un chantier spéléo-secours dans les galeries de Pfstatt, un chantier intervention en milieu périlleux sur un IGH

à Mulhouse et un chantier recherche de victimes sous une coulée de neige à Stosswihr.

Le dernier exercice, **RICHTER 38**, s'est joué dans la vallée du Grésivaudan le 14 avril 2011. Le scénario était un séisme de magnitude 5,7 dont l'épicentre se situait sur la commune des Adrets. Une réplique de magnitude 4,0 a eu lieu vers 14h sur la commune de Frogès.

Les bilans à la fin de l'exercice sont de 106 personnes décédés, 18 disparus, 110 blessés graves, 480 blessés légers et 16720 sans-abris.

- Plus d'un millier de personnes ont été impliquées dans cette simulation : pompiers, forces de l'ordre, armée, samu, CG de l'Isère, DDT, DDSCS, ARS, DREAL, préfecture, gestionnaires d'infrastructures ou de réseaux.
- 55 communes ont participé à cet exercice, dont 12 en niveau A.
- Plus de 68 000 élèves ont été mobilisés dans plusieurs centaines d'établissements scolaires (de la maternelle au lycée).

Un chantier de sauvetage-déblaiement s'est déroulé sur le site d'une ancienne papeterie à Villard-Bonnot.

Le point fort de cet exercice a été le départ en réel de l'ensemble du COD de la préfecture, ainsi que le CTA-CODIS et la salle de crise du SAMU sur la commune de Voiron. Ce transfert a été testé ici pour la première fois.

■ ■ ■

Information préventive

Le risque sismique, un patrimoine à valoriser ?

Claire Arnal - Chargée de mission « Plan Séisme » à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de la région Provence Alpes Côte d'Azur.
Coordinatrice de l'ensemble des actions relatives à la commémoration du séisme de Provence de 1909

L'article 12 de la loi du 22 juillet 1987 (loi n° 87.565) instaure que " le citoyen a le droit à l'information sur les risques qu'il encourt en certains points du territoire et sur les mesures de sauvegarde pour s'en protéger ".

Le décret du 11 octobre 1990 précise le contenu, la forme et les modalités de mise à disposition des informations qui doivent être accessibles aux personnes susceptibles d'être exposées à des risques majeurs.

Le risque sismique dans certaines régions françaises métropolitaines constitue un risque important souvent sous estimé par la population car la fréquence des événements est heureusement très faible. Pourtant, nos voisins suisses, qui ont une sismicité comparable à celle des Alpes françaises considèrent que « le potentiel de dégâts est tel, que le tremblement de terre est le phénomène naturel qui occasionne le risque le plus élevé en Suisse. »

Ceci s'explique car les « quelque 90 % des bâtiments actuels n'ont pas été conçus pour résister aux séismes, ou ont été construits selon des normes désuètes, de telle sorte qu'ils pourraient s'avérer insuffisamment sûrs¹. »

La sortie de la nouvelle réglementation parasismique va constituer une opportunité et même une obligation de com-

muniquer sur le phénomène, ses conséquences et les moyens de s'en préserver. Mais comment rendre attractive cette information qui semble n'intéresser surtout que les acteurs de la construction ?

Dans le domaine de la communication sur les risques auprès des citoyens, les atouts du risque sismique s'appuient paradoxalement sur les faiblesses soulignées plus haut :

■ « L'action est devant nous » : L'évènement se produit rarement et les premières actions réglementaires pour en réduire les conséquences remontent au plus tôt aux années 1970. Il est donc possible de parler du phénomène en abordant « ce qui est à faire » plutôt qu'en regrettant « ce qu'il aurait fallu faire » et qui ne l'a pas été. Perspective positive d'amélioration !

■ « Le séisme historique, un élément de l'histoire du territoire » : Le dernier événement² connu est généralement bien lointain : il est plutôt dans les archives historiques des communes qu'il a affectées que dans la « mémoire vive » et récemment douloureuse des habitants. Des associations ont reconstitué la mémoire de l'évènement, il est devenu un élément du patrimoine sur lequel les érudits, les vieilles familles, les nouveaux habitants peuvent communiquer hors du cadre institutionnel parfois un peu rigide de « l'information sur les risques majeurs ».

■ « Le risque sismique permet d'analyser un territoire dans son ensemble » : Le séisme lorsqu'il survient affecte largement un territoire. Contrairement à d'autres phénomènes ce sont des communes entières qui sont affectées et à même d'être concernées. La réduction de la vulnérabilité de l'ensemble des biens constitue un objectif fédérateur puisque tous sont concernés.

■ « Mettre en place un réseau d'acteurs » : La gestion du risque sismique est complexe, elle nécessite la

La réduction de la vulnérabilité des biens constitue un objectif fédérateur

connaissance du phénomène, du comportement du bâti, des conséquences sur les fonctionnalités du territoire (réseaux, transports..) et la préparation des acteurs de la sécurité civile et de la population. Cette complexité est l'occasion d'associer tous ces acteurs afin que chacun apprenne des autres.

Cette complexité est l'occasion d'associer tous ces acteurs afin que chacun apprenne des autres.

La commémoration du centenaire du séisme de Provence du 11 juin 1909, une illustration

Cet événement a constitué une véritable « chance » pour communiquer sur le risque sismique et les actions aux-

¹ « Le risque sismique en Suisse et les mesures prises par la confédération » in <http://www.bebende.ch/download/mesures.pdf>
² Le site <http://www.sisfrance.net/> (EdF, CEA, BRGM) permet de savoir quels sont les séismes recensés dans une zone au cours du dernier millénaire.

quelles il a donné lieu illustrent bien les propos précédents.

Le séisme de Provence de 1909 est un élément fort du patrimoine provençal et de très nombreux acteurs se préparaient en 2008 à commémorer cet événement. La mise en place du « Plan séisme³ » en PACA fin 2007 a permis de donner à l'ensemble de ces manifestations toute leur ampleur et de créer une dynamique territoriale très forte sur le thème du séisme.

La DREAL⁴, chargée de mettre en oeuvre le Plan séisme, appuyée par le Conseil Régional, la Communauté du Pays d'Aix (CPA) et l'Agglopolo de Salon a mutualisé les financements, coordonné l'ensemble des acteurs intéressés par les actions de commémoration et organisé des actions communes afin de donner à cet événement la portée qui lui revenait. Des entités institutionnelles (ASN, IRSN,...) et associatives (AFPS, IPGR,...) se sont mobilisées pour participer à des actions commémoratives, des acteurs scientifiques (CEREGE, BRGM, CETE) ont appuyé les musées régionaux (Parc Régional du Luberon, musée Nostradamaus...), les représentants de l'éducation nationale, les communes et les associations pour créer un fond muséographique et des animations. Les services de secours (SDIS13), avec la DREAL, les scientifiques, les communes, ont mis en place des exercices communaux et des démonstrations de terrain. Le député des Bouches du Rhône, Christian Kert⁵, a apporté par sa présence un fort soutien à l'organisation. C'est ainsi que s'est instaurée une synergie entre les acteurs couplée à une connaissance mutualisée du territoire : Les réunions d'organisation ont été l'occasion d'échanges de savoirs car chaque réunion a été l'occasion de présentations techniques faites par les différents participants : Origine du phénomène, aléa local (par les scientifiques), événement de 1909 (par les associations et les communes), vulnérabilité du bâti, modes de réhabilitation (par les architectes), gestion de crises (par la sécurité civile), réglementation (par l'administration)... De plus, afin de permettre à tous de mieux connaître le territoire et ses ressources ainsi que les impacts du séisme encore visibles, les



© Collection O. Gerin

réunions ont eu lieu dans les différentes communes affectées en 1909 et dans les locaux des services de secours.

Les actions susceptibles d'être menées ont été évoquées au cours du congrès des responsables de la gestion du risque (plus d'une centaine de participants) qui s'est déroulé le jour anniversaire de l'événement. Egalement **deux exercices communaux ont été « joués » (Lambesc et Pelissanne) tandis que les collègues et écoles testaient aussi leurs plans de secours.** Il est important de noter ici que la réalisation d'exercices ayant pour déclencheur un séisme permet de mobiliser l'ensemble de la commune car tout le territoire est affecté, de réfléchir à la vulnérabilité fonctionnelle du territoire et d'informer les participants sur la nature du risque sismique tout cela dans un contexte dénué de la recherche de responsables de la catastrophe. C'est ce qui était évoqué plus haut sous le label « l'action est devant nous »...

Au cours de l'organisation et du déroulement de la commémoration, l'élément sans doute le plus fort et le plus surprenant pour les responsables de « l'information préventive » a sans doute été la mobilisation des communes et des associations. Au cours de soirées vraiment émouvantes, les unes ont réuni les habitants en procession à la nuit tombée (heure du séisme) sur les lieux détruits, les autres ont refait à pied les chemins qui les avaient conduits à secourir leurs voisins... Environ 5 000 personnes ont participé à ces manifestations communales. Ceci montre qu'il est très important en matière d'information préventive

de prendre en compte ce qu'est un événement catastrophique dans l'histoire d'un pays et d'utiliser cette appropriation du phénomène pour y apporter les compléments techniques, scientifiques ou réglementaires qui sont souvent nécessaires. D'autres actions fortes ont également eu lieu : un congrès scientifique sur les séismes de moyenne intensité (150 participants), des expositions qui se sont poursuivies au cours de l'été, un topoguide... ont concerné plus de 8 000 personnes. L'ensemble des manifestations et des données collectées à l'occasion de cette année de travaux a fait l'objet de la mise en place d'un site internet⁶. Les actions réalisées et le réseau mis en place perdurent. A la suite de ces manifestations l'Etat a entrepris l'audit de la vulnérabilité sismique de ses bâtiments, de nouveaux exercices sismiques communaux sont en cours et des actions de sensibilisation des collègues avec la réalisation d'expositions sont réalisées. Le site internet perdure, présentant les actions en cours sur PACA et fournissant des informations sur la sismicité régionale. L'intensité de la participation est bien sûr moins grande qu'en 2009, mais le travail autour des événements historiques, en en rappelant la fréquence reste un élément de compréhension de l'histoire et donc du risque imaginable tout à fait motivant.



³ Action mise en place par le Ministère de l'Environnement, qui s'est étendue de 2005 à 2010.

⁴ Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement

⁵ Président de l'Association Française de Prévention des Catastrophes Naturelles (AFPCN) et président du COPRNM (Comité d'Orientation pour la Prévention des Risques Naturels Majeurs)

⁶ <http://www.seisme-1909-provence.fr>

Le séisme d'Epagny

du 15 juillet 1996

Roland Daviet - Maire d'Epagny

Il s'est produit à 2h13 avec une magnitude estimée à 5,3. La localisation situait l'épicentre à la commune d'Epagny (Haute Savoie), avec une profondeur du foyer de 3 km.

Dans la zone épiscopale, l'intensité VII – VIII a été atteinte. Dans le monde entier, un grand nombre de stations sismologiques l'ont enregistré (par exemple en Asie Centrale ou dans le centre des Etats-Unis). Heureusement, sur l'ensemble de la commune, aucun dégât corporel n'a été à déplorer, mais 590 déclarations de sinistre ont été enregistrées (50 émanant du Centre Commercial du Grand Epagny).

Plusieurs bâtiments communaux ont dû être démolis ou entièrement rénovés à cause des déstabilisations suite au séisme (une ferme, la salle des fêtes, l'église, la mairie, la bibliothèque, le cimetière). Concernant le réseau d'eau, les réservoirs ont dû être purgés et l'eau a fait l'objet de différentes analyses. Le débit de la source « Chez les Roux » a été modifié et n'a pas repris son cours à ce jour. Depuis le séisme de 1996, un Plan de Prévention des Risques Naturels a été

590 déclarations de sinistre ont été enregistrées

prescrit par le préfet. A Epagny, il a été approuvé le 29 janvier 2009 et annexé au POS par arrêté du 07 avril 2009. Il est donc opposable aux tiers.

Le règlement du PPRn impose des prescriptions à respecter pour les nouveaux projets ainsi que pour les biens et activités existants. Il est consultable sur le site de la Mairie d'Epagny : <http://www.epagny.mairies74.org/Pages/urbanisme/ppr/ppr.html>

Un plan communal de sauvegarde a été élaboré. C'est un outil de prévention (diagnostic des risques) et d'intervention (modalité d'alerte et d'information). Différents points de la commune ont été identifiés pour constituer une « cellule d'approvisionnement » (matériels, lits de camps, outillages...). Tous les deux ans une réunion d'information de la population, visant à reprendre les informations de base, est organisée (la prochaine aura lieu le vendredi 30 septembre 2011 à 19h à la Salle d'animation).

Un système électronique de gestion des cloches de l'église a été mis en place : différentes sonneries sont programmées pour alerter la population en cas



Les dégâts de l'église d'Epagny
© Mairie d'Epagny

de danger immédiat. Une liste des entreprises de la commune pouvant être réquisitionnées a été élaborée. Une convention de fourniture d'aliments de première nécessité et d'eau a été passée avec l'hyper Marché local. Un DI-CRIM a été élaboré et distribué à la population, il est mis à jour tous les deux ans.

Les informations liées à la prévention des risques sont diffusées dans un cadre particulier et spécifique voulu, afin de ne pas « déstabiliser » les populations fragiles ayant souffert de cet événement.



Lourdes : de la contrainte au développement

Michel Azot - Maire adjoint de Lourdes, Vice Président de la communauté de communes du Pays de Lourdes

La Ville de Lourdes se situe au cœur du massif Pyrénéen, mondialement connue, elle accueille chaque année plus de 6 millions de visiteurs.

Compte-tenu de sa localisation, de sa place dans une zone de sismicité moyenne, elle a connu au cours de l'histoire récente, des séismes d'intensité importante.

Pour la collectivité la question sismique a été posée dans le cadre du plan sismique avec une étroite relation entre les services de l'Etat, les chercheurs et en particulier l'OMS (observatoire Midi Pyrénées des séismes) et la Ville de Lourdes. A partir des premières observations réalisées, une approche a permis d'envisager de mettre en place une vraie politique de prévention du risque sismique. Cela signifiait pour la collectivité, une prise de conscience de la réalité de l'aléa, mais aussi de mettre en place des actions de prévention très spécifiques dans le domaine sismique.

Toutes les études menées à partir de là ont permis de progresser dans cette optique (micro zonage, première étude de vulnérabilité ...).

Pour les élus, ce passage est difficile car le risque sismique n'a pas la même nature que les autres risques naturels. En effet, il peut être profondément anxiogène, par l'image catastrophiste des séismes dans le monde ou complètement ignoré par une fréquence de retour trop longue. Dans les deux cas, le travail de l'élu consiste à s'approprier le risque dans sa réalité et à le transformer en outil. Des outils de prévention par une



La Maison de la Connaissance et des Préventions du Risque Sismique
© Mairie de Lourdes

communication active auprès de tous les publics. A Lourdes, c'est le projet de création de la Maison de la Connaissance et des Préventions du Risque Sismique, véritable lieu de rencontre pour des chercheurs, mais aussi d'information pour le grand public. L'objectif est de rendre simple et lisible la notion de prévention du risque sismique. A cet égard, montrer des exemples de renforcement des bâtiments vulnérables semble déterminant.

Des outils techniques : le vrai grand problème d'une collectivité comme Lourdes, c'est son bâti ancien. Dans le cadre du plan de prévention du risque sismique, l'Etat accompagné de la collectivité a lancé une étude plus approfondie de près d'une centaine de bâtiments recevant du public ou stratégique. Il est indispensable aujourd'hui, en France, de franchir une étape qui doit nous permettre de proposer des moyens de renforcement. Il faut le faire avec

calme et raison en connaissant l'importance et en mesurant les enjeux.

Des outils économiques : le risque sismique et la façon de l'appréhender peut être un extraordinaire tremplin économique. Il y a là un important réservoir de savoir-faire à imaginer, à concevoir, qui sont autant d'innovation potentielle et

Le vrai grand problème d'une collectivité comme Lourdes, c'est son bâti ancien.

donc d'activités économiques nouvelles sur nos territoires. Il faut montrer que des contraintes nécessaires à la préservation des personnes et des biens sont facteurs de développement (innovation

dans les techniques de construction, sur les matériaux, sur les conceptions architecturales...) L'ambition de la collectivité c'est de produire de la richesse sur son territoire, une zone sensible comme la nôtre doit être un modèle pour le reste du pays. Nous pouvons montrer que d'une contrainte peut naître le développement.



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 l'analyse de la vulnérabilité sismique d'une région ou d'un groupe de bâtiments 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. 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).

Déterminer les bâtiments les plus vulnérables vis-à-vis du séisme reste une tâche particulièrement ambitieuse.

Elle s'appuie sur des informations détaillées décrivant la structure, des moyens de simulations et de calculs qui mobilisent des ressources financières importantes, et des compétences qualifiées en dynamique des structures. Pour ces raisons, elle n'est pas adaptée à une étude d'envergure.

Déterminer les bâtiments 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 « réglementaire » de comportement ?

Cette situation a entraîné l'établissement de méthodes "empiriques" qui, pour pallier le manque de moyens et 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 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 par la nature de ses éléments résistants et sa

Exemple d'une construction en béton armé endommagée lors du tremblement du Chili (2010). Même en béton armé, un mauvais respect des règles de conception entraîne la destruction complète de la structure
© Philippe Gueguen



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. En effet, 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.

Pour tous les types d'analyse (précise 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 défini 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 stratégies normées 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. 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 récemment 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 qui permettront d'améliorer la connaissance du bâti existant.

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-iglit.obs.ujf-grenoble.fr/~pgueg/VULNERALP>)

Vulnérabilité des ouvrages de la rocade sud de Grenoble

au séisme

Pascal Belin - Service vulnérabilité et gestion de crise, et Denis Davi, division ouvrages d'art
Centre d'Etudes techniques de l'Équipement Méditerranée

Indispensable au fonctionnement de notre société, les réseaux de transport terrestres et d'énergie, de collecte et d'élimination des déchets sont vulnérables face à certains risques majeurs.

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes, DREAL de zone de défense et de sécurité, a engagé un programme d'actions pour évaluer et réduire la vulnérabilité de ces réseaux.

Dans ce cadre, à l'occasion de l'exercice séisme RITCHER 38 et de la publication du nouveau zonage sismique national, La DREAL a confié au Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) Méditerranée une étude sur la vulnérabilité aux séismes des infrastructures de transports routiers de l'agglomération de Grenoble.

Cette étude exploratoire ne développe pas une approche globale prenant en compte l'ensemble du réseau de l'agglomération avec tous les gestionnaires (Conseil Général, communes ...). Elle s'est intéressée uniquement au réseau national géré par la Direction Interdépartementale des Routes (DIR) Centre-Est, au travers des éléments d'infrastructure les plus sensibles que représentent les ponts. Dix ponts de la rocade sud ont été retenus. Le choix de ces ouvrages a été fait en fonction d'une approche zonale de la gestion du risque



Un pont de la rocade sud © CETE de Lyon

plutôt que locale, c'est à dire en privilégiant l'acheminement des secours vers le territoire de Grenoble plutôt que favorisant la circulation au sein de

l'agglomération. Un autre critère de sélection a été l'impact possible de la défaillance d'ouvrages sur le réseau ferroviaire.

Cette étude s'appuie sur les outils Sismoa/Sisroute, développés ou en cours de développement au sein du Réseau Scientifique et Technique du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) sous le pilotage du Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra), pour l'évaluation préliminaire du risque sismique sur les ponts existants.

L'analyse consiste dans un premier temps à évaluer la vulnérabilité intrinsèque des différentes parties de structure (tablier, piles, culées, fondations...) vis-à-vis de l'aléa sismique à partir des données géométriques et typologiques des ouvrages. Cet aléa sismique se décompose en :

- l'aléa vibratoire proprement dit résultant de la mise en vibration des masses de la structure (forces d'inertie) ;
- les aléas liés aux effets potentiellement induits par le séisme (liquéfaction du sol de fondation, chutes de blocs, glissements de terrain).

Le recueil des données d'ouvrages a été effectué par le CETE de Lyon en raison de sa connaissance approfondie du site et du patrimoine des ouvrages. Il a été réalisé en deux temps, à partir des dossiers d'archives disponibles (plans et notes de calculs), complétées et validées le cas échéant par des relevés de terrains structurels et géologiques.

Les résultats, issus du croisement des indices d'aléas et de vulnérabilité, aboutissent à l'évaluation d'une valeur de risque, représentative de la susceptibilité d'effondrement par ouvrage, et permettent donc de localiser les éléments les plus sensibles pour différents scénarios sismiques (zonage PS92, nouveau zonage national associés à différentes périodes de retour, scénario établi par le BRGM dans le cadre de l'exercice...). L'exploitation des résultats sous forme de cartes permet alors de visualiser les niveaux de risques et les enjeux (dessertes, possibilités de déviations...) pour les différents scénarios envisagés. En outre, l'identification des vulnérabilités partielles les plus critiques pour la tenue de chaque ouvrage permet une première prédiction du mécanisme d'endommagement pressenti et de sa cause (ou point faible structurel) en vue d'une pré-orientation des mesures de renforcement à envisager le cas échéant. Les niveaux de risque calculés dans le cadre de l'étude s'avèrent très variables en fonction des scénarios sismiques considérés. Ainsi sous l'effet de l'aléa sismique de référence associé à la nouvelle carte de zonage national et à une période de retour de référence « conventionnelle » de 475 ans¹, le risque sismique sur les ouvrages d'art les plus stratégiques de la zone d'étude peut être qualifié de moyen : seulement 3 ouvrages sur 10 présentent un risque avéré, 5 sont associés à un risque d'effondrement possible et 2 à un risque d'effondrement peu probable. La redondance du réseau des infrastructures routières sur la zone d'étude devrait a priori permettre dans ce premier scénario d'établir sans trop de difficulté des déviations pour l'acheminement des secours. La nature probabiliste du nouveau zonage et les coefficients de sécurité associés aux différentes catégories d'importance des ouvrages permettent d'envisager des scénarios correspondant à des périodes de retour plus élevées d'événements sismiques. Ainsi lorsque l'on augmente les périodes de retour de référence à 800 ans ou 1 250 ans, on obtient des niveaux de risque sensiblement plus élevés associés à des risques d'effondrement possibles ou avérés sur la totalité des ouvrages. La prédiction de dommage est encore aggravée

dans le cas du scénario correspondant aux valeurs d'accélération de dimensionnement imposées par l'application de l'ancien zonage sismique national (zonage PS92) pour une classe d'importance maxi-

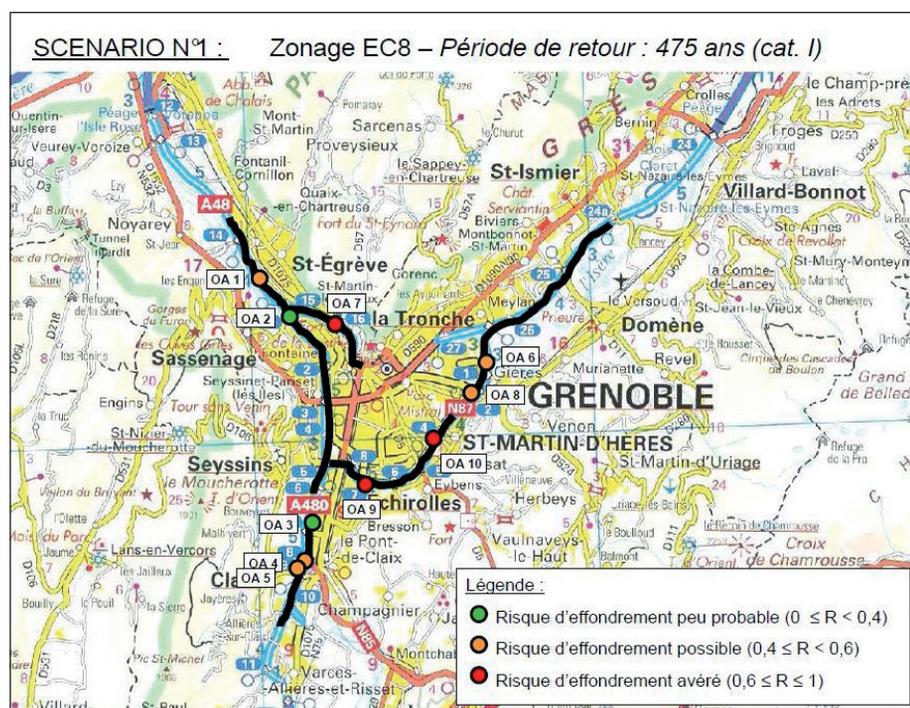
l'épicentre ou situés dans des zones caractérisées par de forts effets de site. Il convient de noter que l'aléa liquéfaction apparaît comme très prégnant sur toute la zone d'étude (bassin alluvionnaire drainé

Les niveaux de risque calculés dans le cadre de l'étude s'avèrent très variables en fonction des scénarios sismiques considérés.

male des structures (classe D). Concernant le scénario défini par le BRGM dans le cadre de l'exercice Richter 38, qui consiste en une simulation grandeur nature d'un séisme historique sur le secteur de l'agglomération grenobloise, celui-ci conduit à des accélérations sur la zone d'étude relativement faibles compte tenu de la distance à l'épicentre supposé, et ne devrait pas être en mesure d'endommager significativement les ponts. En revanche, l'accélération critique moyenne globale évaluée autour de 3,0 à 3,5 m/s² pour l'ensemble des ouvrages étudiés amène à penser que le même séisme que celui envisagé dans le scénario de crise retenu par le BRGM mais avec un épicentre centré sur l'agglomération grenobloise s'avérerait beaucoup plus dommageable et se traduirait par un risque d'effondrement avéré pour tous les ouvrages localisés à proximité immédiate de

par la Vence, le Drac et l'Isère) et pourrait justifier des études géologiques complémentaires plus poussées sur quelques ouvrages, de façon à fiabiliser les résultats de l'analyse vis-à-vis de ce phénomène très sensible. A terme, cette étude pourrait être étendue à davantage de tronçons d'itinéraires et d'ouvrages dans le cadre plus général de l'évaluation et de la réduction de la vulnérabilité de l'agglomération grenobloise face à un séisme, permettant ainsi d'avoir une vision plus précise et complète de la sensibilité relative des ouvrages de la zone, en vue d'établir des priorités pour une éventuelle opération de renforcement.

1 La période de retour de 475 ans est celle la plus généralement utilisée dans la communauté internationale du génie parasismique (d'où l'expression "période de retour de référence conventionnelle"). C'est la valeur recommandée dans l'Eurocode 8. Elle correspond à une probabilité de dépassement de référence de 10 % sur une période de 50 ans.



La vulnérabilité aux séismes de 10 ponts de la rocade sud © CETE Méditerranée

De bonnes vibrations pour les bâtiments

Pierre-Eric Thévenin, Thierry Vassail, Antoine Petiteau
Spécialistes construction parasismique Bureau Veritas

Évaluer la capacité d'un bâtiment à résister au séisme n'est pas chose facile

Il y a un grand nombre de paramètres à intégrer et une très grande difficulté à surmonter : l'ouvrage étant construit, il n'y a plus moyen d'accéder à nombre d'informations essentielles, comme la qualité réelle des matériaux utilisés, la bonne mise en place des armatures, voire même tout simplement le niveau d'endommagement ou d'usure des éléments de structure, pour beaucoup inaccessibles ou cachés. D'où l'idée de doubler l'analyse visuelle, phase incontournable de l'évaluation, par une série de mesures de la réponse du bâtiment à des sollicitations très faibles, toujours présentes : les vibrations ambiantes.

Un exemple : une tour de 18 niveaux

Nous avons été sollicités pour donner un avis sur le risque encouru en cas de séisme par les occupants d'un bâtiment de grande hauteur (18 niveaux sur 8 niveaux de sous-sols pour une hauteur totale en superstructure de 80 mètres) situé dans un pays à forte sismicité. De construction récente, le bâtiment avait été conçu et dimensionné selon les règles de construction parasismique en vigueur dans le pays, règles assez proches de celles applicables en France. La structure porteuse est une ossature poteaux poutres en béton armé, continue sur toute la hauteur du bâtiment. Le bureau d'études a procédé à un calcul de cette structure et défini le dimensionnement des éléments à partir des résultats de ce calcul.

Première phase : l'examen visuel

Lors de l'examen visuel, deux points ont été relevés :

- Un grand nombre de remplissages en maçonnerie étaient présents
- Un changement notable de section des poteaux entre le 14^{ème} et le 15^{ème} étage.

Ces 2 points sont considérés comme des facteurs notables de vulnérabilité, entraînant une augmentation du risque en cas de séisme :

- Les remplissages en maçonnerie bloquent la déformation des poteaux pendant le séisme et absorbent donc une grande part de l'énergie sismique, avant de casser brutalement, si leur résistance n'est pas suffisante. L'énergie ainsi dégagée se transmet instantanément aux poteaux « libérés », qui voient alors leur charge augmenter considérablement ;
- Le changement brutal de section d'un étage à l'autre signifie un changement de raideur, qui se traduira pendant le séisme par un phénomène de « coup de fouet » : la partie supérieure, plus souple que le reste du bâtiment, aura à supporter des mouvements beaucoup plus importants, générateurs d'efforts et de déformations également plus importants.

Deuxième phase : les mesures sous bruit de fond

Une série de mesures de la réponse du bâtiment sous vibrations ambiantes a été effectuée. Ceci consiste à enregistrer les mouvements du bâtiment sous les sollicitations très faibles dues au vent, au trafic, aux petits mouvements sismiques ...

L'avantage est que ces sollicitations sont constamment présentes et que le matériel nécessaire pour faire ces enregistrements est très limité, en taille et en poids. Il est ainsi possible de multiplier les points de mesure pour mieux analyser et comprendre la réponse du bâtiment.

Les résultats des mesures confirment les impressions de l'analyse visuelle :



Le bâtiment étudié © Bureau Veritas

■ Le bâtiment est nettement plus raide que le modèle de calcul du bureau d'études. La fréquence fondamentale mesurée est égale à 0,69 Hz tandis que le calcul indiquait 0,31 Hz. L'écart est beaucoup trop important pour être expliqué par la seule différence de masse ou par des caractéristiques mécaniques meilleures que prévu. L'explication est à rechercher dans la présence des maçonneries de remplissage

■ Les visualisations tirées des enregistrements démontrent un comportement en torsion du bâtiment, probablement causé par l'excentrement des panneaux de remplissage en maçonnerie ;

■ On note bien l'effet coup de fouet en partie supérieure du bâtiment. Les mesures ont donc été particulièrement utiles dans ce cas pour limiter les discussions suite à l'examen visuel. Il est en effet plus facile de s'appuyer sur des éléments convergents pour porter un avis que sur le seul ressenti de l'ingénieur ayant inspecté le bâtiment.

Cependant, les mesures sont effectuées sous bruit de fond, donc sous des sollicitations infiniment plus faibles que celles qui auront lieu lors d'un séisme (de l'ordre de 100 000 fois plus faibles). Elles donnent donc des indications sur le comportement du bâtiment avant séisme mais pas pendant séisme. D'où l'intérêt d'une étape complémentaire qui a consisté à recalculer la réponse du bâtiment, mais en utilisant les résultats des mesures, représentatives de l'ouvrage réel.

Troisième phase : les calculs

Un nouveau modèle a donc été réalisé, avec 2 objectifs :

- Retrouver les fréquences de vibration

mesurées et en déterminer l'influence des maçonneries de remplissage

- Etudier la réponse du bâtiment sous l'effet du séisme réglementaire et vérifier la tenue des maçonneries.

Pour le premier objectif, le seul moyen de retrouver les fréquences mesurées est de faire participer les maçonneries à

la raideur d'ensemble. Les modes de calcul et les modes mesurés correspondent alors parfaitement.

L'analyse des modes calculés démontre également le comportement en torsion du bâtiment, ce qui avait déjà été mis en évidence par les mesures. Cette tor-

sion est due au fait que les panneaux de maçonnerie ne sont pas régulièrement distribués sur l'étage mais concentrés au voisinage des cages d'escalier et des ascenseurs, qui forment comme un noyau excentré.

Ces panneaux de maçonnerie avaient pourtant été désolidarisés de la structure principale (poteaux-poutres) par un joint en polystyrène d'épaisseur 2 cm. On constate que cette disposition ne fonctionne pas : le polystyrène confiné ne peut pas vraiment s'écraser et possède même une certaine capacité à transmettre des efforts. On rappellera que c'est la matière utilisée dans les casques de protection des cyclistes. En cas de choc, ce polystyrène confiné absorbe ne s'écrase quasiment pas mais répartit l'effort.

C'est exactement le même fonctionnement dans une ossature avec remplissage : le polystyrène transmet les efforts de l'ossature vers la maçonnerie. Comme celle-ci est plus raide, c'est elle qui supporte alors les efforts jusqu'à ce que sa limite de résistance soit atteinte. Les calculs sous séisme ont ensuite montré que cette résistance n'était pas suffisante à certains étages, d'où un risque très fort de rupture fragile (les maçonneries cèdent brutalement), ce qui doit être évité en contexte sismique.

Les zones fragiles étant identifiées, il a ensuite été facile de trouver des solutions de renforcement adaptées.

Il est ainsi possible de multiplier les points de mesure pour mieux analyser et comprendre la réponse du bâtiment

Les enseignements

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de cette expérience. Bien que l'étude ait été faite pour un bâtiment à l'étranger, ces conclusions peuvent être intégralement reprises pour les analyses des bâtiments français :

- Un avis sur la vulnérabilité au séisme d'un bâtiment peut être considéré comme fiable lorsque tous les critères (examen visuel, calculs, mesures) vont dans le même sens

■ Un bâtiment peut être parfaitement conforme aux règles parasismiques tout en présentant un certain degré de vulnérabilité. En effet, les règles ne couvrent pas tous les aspects de la construction. En particulier, les dispositions relatives aux éléments non structuraux sont bien souvent inexistantes voire limitées au strict minimum

■ Le bâtiment réel doit être le plus proche possible du bâtiment conçu : les adaptations de dernière minute sur le chantier sont donc à éviter puisqu'elles écartent l'ouvrage réel du modèle de calcul. Il n'est alors plus possible de garantir le même niveau de sécurité vis-à-vis du séisme

■ Les mesures sous bruit de fond donnent des informations très intéressantes sur le comportement de l'ouvrage réel, pour peu qu'on sache les interpréter, dans leur domaine d'utilisation. Et en cas d'évènement sismique, il sera toujours possible de comparer les résultats des mesures avant et après le séisme, afin d'en tirer des conclusions sur l'état d'endommagement du bâtiment.

Comment valider votre Plan Communal de Sauvegarde ?



L'objectif d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) n'est pas d'être un document en réponse à une exigence légale mais de permettre de bâtir un dispositif opérationnel et de former les intervenants pour qu'ils puissent réagir de manière adaptée en cas d'évènement.

La validation du dispositif ne peut se faire qu'au travers d'exercices. En effet, ils sont l'occasion de mettre en pratique les apprentissages théoriques, de s'approprier les rôles et missions, et de valider certains aspects du dispositif.

Un guide « Plan Communal de Sauvegarde, s'entraîner pour être prêt » a été élaboré par le ministère de l'Intérieur, en collaboration avec l'IRMa.

Il est téléchargeable sur le site de l'IRMa :
http://www.irma-grenoble.com/05_documentation/01publications_index.php

En novembre 2011, l'IRMa organise une nouvelle formation « Exercices Plan Communal de Sauvegarde » au cours de laquelle les participants seront observateurs d'un réel exercice terrain dans une collectivité.

Les objectifs de la formation sont les suivants :

- Être capable de proposer et de mener des actions concrètes pour rendre le PCS opérationnel
- Identifier les processus de vigilance et d'alerte, de sensibilisation et d'implication de la population
- Identifier les différents types d'exercice et la manière de les organiser
- Participer à un exercice réel dans une collectivité
- Formaliser et capitaliser le retour d'expérience d'un exercice
- Savoir organiser et mettre en oeuvre un exercice PCS

Vous pouvez d'ores et déjà vous préinscrire en contactant l'IRMa

Pour plus d'informations : info@irma-grenoble.com - 04 76 47 73 73