



DOSSIER

La vulnérabilité des églises exprimées lors du séisme de la Laigne en 2023 - © AFPS

PATRIMOINE BÂTI ET PRÉVENTION DU RISQUE SISMIQUE : ENSEIGNEMENTS DE MISSIONS POST-SISMIQUES DE L'AFPS

Ghislaine Verrhiest-Leblanc, responsable de la cellule CAREX de l'Association française de génie sismique (AFPS) En collaboration avec **François Estrade**, coresponsable de la cellule CAREX de l'AFPS et **Didier Combescure**, président de l'AFPS

Le patrimoine bâti représente une composante essentielle de l'identité culturelle des territoires. Qu'il s'agisse de villages anciens, d'édifices religieux, de centres urbains historiques ou de monuments nationaux, ce patrimoine matérialise des savoir-faire, des techniques anciennes et une mémoire collective irremplaçable. Pourtant, une grande partie de ces structures se situe dans des zones à sismicité modérée ou élevée. Les séismes récents dans le monde ont rappelé la vulnérabilité profonde des constructions anciennes face à ces phénomènes naturels. La prévention du risque sismique appliquée au patrimoine bâti devient donc un enjeu majeur pour les pouvoirs publics, les spécialistes du génie civil, les architectes du patrimoine

et les habitants. L'AFPS en tant qu'association d'experts a son rôle à jouer dans ce domaine, tant pour partager le retour d'expérience des missions post-sismiques, que pour formuler des recommandations pour optimiser la prise en compte du risque sismique dans la gestion et la préservation du patrimoine.

L'ASSOCIATION DU GÉNIE PARASISMIQUE EN QUELQUES MOTS

L'AFPS, association loi 1901 fondée en 1983, étudie les séismes, leurs effets sur le sol, les constructions et l'environnement, et promeut les mesures visant à réduire leurs impacts et à protéger les populations. Soutenue par l'État depuis sa création, elle apporte

son expertise scientifique et technique pour l'évolution de la réglementation parasismique et est régulièrement consultée par le ministère chargé de l'écologie.

Ses activités couvrent le partage des connaissances, la diffusion des bonnes pratiques, l'organisation d'événements scientifiques, la participation à des programmes de recherche, la coopération internationale, les missions de terrain en situation de crise et la formation.

Intervenant dans des domaines variés – sismologie, dynamique des structures, vulnérabilité et renforcement des constructions, impacts sociaux et économiques –, l'AFPS s'intéresse particulièrement au patrimoine exposé aux séismes. Ses réflexions s'appuient



La résilience du patrimoine en question suite au séisme du 3 avril 2024 de Hualien à Taiwan © AFPS

sur les observations réalisées lors de missions post-sismiques interdisciplinaires, qui permettent d'analyser les dommages, d'évaluer les dispositifs de gestion de crise et de former les acteurs locaux au génie parasismique.

VULNÉRABILITÉ DU PATRIMOINE CONSTRUIT : ENTRE RÉALITÉ ET COMPLEXITÉ DE GESTION

Une vulnérabilité intrinsèque

Contrairement à la construction moderne, les bâtiments anciens n'ont pas été conçus pour résister à des contraintes dynamiques fortes. Ils reposent souvent sur des matériaux poreux, hétérogènes ou affaiblis par le temps : pierre, adobe, brique, bois non armé. Cette fragilité structurelle est accentuée par la présence d'éléments architecturaux sensibles comme les voûtes, les clochers, les arcs ou les cheminées.

Le patrimoine bâti constitue un enjeu critique, car il concentre une forte valeur culturelle et symbolique tout en présentant des fragilités structurelles marquées. Les

bâtiments historiques présentent fréquemment des modes d'effondrement caractéristiques : ruptures en diaphragme, déversement de murs, fissuration des voûtes, effondrement des clochers. Bien souvent la défaillance d'un seul élément structural peut entraîner l'effondrement total d'un bâtiment ancien.

Connaitre et préparer le patrimoine face au risque sismique

En France comme ailleurs, la connaissance du patrimoine bâti, son recensement, sa cartographie, sa caractérisation et la consolidation de bases de données partagées et d'une mémoire numérique des édifices patrimoniaux constituent un enjeu crucial, notamment dans les zones les plus exposées.

La conduite d'exercices réguliers impliquant les gestionnaires de monuments historiques est également indispensable pour mieux anticiper, se préparer et limiter in fine les conséquences d'un éventuel séisme. Elle permet d'adapter les pratiques aux spécificités du

patrimoine et de prévoir des plans et procédures de gestion de crise et post-crise adaptées et respectueuses de l'héritage patrimonial. Face à des crises majeures croissantes, la préservation du patrimoine devient ainsi un élément clé de résilience face aux catastrophes.

Le renforcement préventif ou correctif

La préservation du patrimoine bâti exige des solutions de renforcement invisibles ou peu visibles, réversibles et compatibles avec les matériaux d'origine.

Parmi les techniques utilisées pour le renforcement structurel, les solutions courantes qui permettent d'améliorer la résistance globale sans altérer l'apparence extérieure du bâtiment comprennent : tirants métalliques intégrés dans les murs, ceinturages en fibre de carbone, injections de coulis dans les fissures, doublages internes de maçonneries, restauration des chainages, etc.

À l'international, pour les bâtiments patrimoniaux de très grande valeur (notamment des musées), l'isolation

parasismique du bâtiment, et des œuvres abritées en son sein, sont parfois mises en œuvre.

Il s'agit d'installer des appuis parasismiques entre les fondations et la structure ou entre les œuvres et leurs socles, réduisant considérablement l'énergie transmise au bâtiment ou à l'œuvre lors d'un séisme.

« Globalement, environ 60 % des biens culturels ont été affectés, posant des défis considérables pour la conservation, l'étude et la restauration de ce patrimoine d'une richesse exceptionnelle. »

ENSEIGNEMENTS ISSUS DE TROIS MISSIONS POST-SISMQUES RÉCENTES

Les séismes révèlent la vulnérabilité du patrimoine bâti et l'importance des missions post-sismiques pour comprendre et mieux gérer les conséquences d'un tel évènement. Les cas des séismes récents de La Laigne, de Turquie et de Taiwan ont été choisis ici afin de montrer la diversité des vulnérabilités liées aux techniques constructives et aux contextes locaux. Ces missions constituent une source précieuse d'enseignements pour améliorer la prévention et renforcer la résilience du patrimoine. Elles rappellent aussi la nécessité d'une stratégie proactive fondée sur l'entretien et la connaissance des structures anciennes.

En France, à la suite du séisme de La Laigne du 16 juin 2023, plusieurs églises anciennes – dont certaines remontent au XI^e siècle – ont été fragilisées par le séisme dans la zone épiscopale. Par mesure de sécurité, l'ensemble des édifices religieux proches de l'épicentre a été immédiatement fermé afin d'éviter tout risque pour le public. Seules les églises ayant

présenté des dommages légers ont pu rouvrir progressivement, à l'issue d'expertises structurelles approfondies.

Deux communes ont particulièrement souffert : La Laigne et Cram-Chaban, où les églises

Plus éloignées de l'épicentre, deux autres églises ont néanmoins subi des dommages significatifs. L'église de Courçon a été touchée par la chute d'éléments de maçonnerie provenant des créneaux situés au sommet de sa tour principale, témoignant de la vulnérabilité des



Statue renversée dans le parc de l'ancien temple de Yoshino, Hualien, Taiwan - © AFPS 2024

ont été parmi les plus touchées. Leurs clochers présentent de fortes fissurations, traduisant des sollicitations importantes lors du séisme. Sur l'église de La Laigne, des mouvements hors plan ont déformé certaines façades, fragilisant l'équilibre général de l'édifice.

parties hautes face aux accélérations sismiques. L'église d'Arçais, quant à elle, a connu un effondrement partiel de sa voûte intérieure, révélant une fragilité accrue des structures anciennes en pierre : fissures verticales, fragilisation des arcs et perte de cohésion entre blocs. Des



Lee family house endommagée séisme 2024 Taiwan © AFPS

fissures ont également été relevées sur la façade nord, notamment le long des contreforts, habituellement destinés à stabiliser la structure.

Trois mois après le séisme, un confortement d'urgence a été réalisé sur la partie haute du clocher d'Arçais, afin de prévenir de nouvelles dégradations – une intervention qui illustre la nécessité d'actions rapides pour protéger le patrimoine après un choc majeur.

Ces dommages rappellent que les édifices anciens, malgré leur robustesse apparente, restent particulièrement sensibles aux effets sismiques.

Ils soulignent l'importance d'un diagnostic régulier, d'une maintenance adaptée et d'une stratégie de prévention spécifique pour préserver durablement ce patrimoine historique.

Une gestion d'urgence du patrimoine suite au séisme de Turquie de 2023

Le double séisme de Turquie du 6 février 2023 a fortement touché une

vaste zone du sud du pays, riche d'un patrimoine culturel exceptionnel comprenant sites archéologiques, centres urbains anciens, fortifications, bâtiments religieux, palais, maisons et ponts historiques. Sur les 8 500 biens culturels recensés dans les 11 provinces affectées, environ 21 % ont été gravement endommagés ou détruits et 40 % ont subi des dégradations partielles. Une cinquantaine de sites ont été visités durant la mission, révélant des situations très variées.

La Turquie dispose d'un cadre spécifique pour la gestion d'urgence du patrimoine culturel, mobilisant notamment l'AFAD et les instances du ministère de la Culture. Ce dispositif, déjà testé après le séisme d'Izmir en 2020, a de nouveau été activé en 2023 pour coordonner l'évaluation et la protection des biens endommagés. Chaque site culturel a fait l'objet d'un traitement différencié et a été protégé contre toute intervention non autorisée.

L'analyse des dégâts s'est révélée complexe, car la vulnérabilité dépend

de nombreux facteurs : état initial du bâti, caractéristiques constructives, géologie locale, interactions entre structures et effets topographiques. Cela explique l'hétérogénéité des dommages, allant de la bonne tenue de certains édifices à la destruction totale d'autres.

Les mosquées et minarets ont fait l'objet d'investigations spécifiques : certaines structures élancées, comme celles d'Adana, ont bien résisté en raison de sollicitations sismiques modérées, tandis que d'autres ont subi des ruptures lorsque les fréquences du séisme correspondaient à leurs modes propres de vibration.

Plusieurs ponts anciens ont été examinés, notamment le pont romain de Misis, déjà fragilisé par le passé, où une fissure préoccupante a été relevée. Le site archéologique de Kastabala et la ville historique d'Antakya montrent également des dommages majeurs, révélateurs d'une longue histoire sismique.

Enfin, le patrimoine vernaculaire traditionnel, bien que dégradé, a

globalement résisté, possiblement grâce aux bandes sismiques en bois intégrées aux murs.

Globalement, environ 60 % des biens culturels ont été affectés, posant des défis considérables pour la conservation, l'étude et la restauration de ce patrimoine d'une richesse exceptionnelle.

Dans les zones densément peuplées ou récemment urbanisées, les constructions anciennes utilisant des techniques traditionnelles – maçonnerie, bois, terre ou bambou – deviennent rares. Lors de la mission de terrain, plusieurs ensembles patrimoniaux représentatifs de ces savoir-faire ont été étudiés, notamment la Maison de la famille Lee, l'ancien temple japonais de Yoshino à Hualien, et l'ancien quartier général ferroviaire de la région.

La Maison de la famille Lee, construite en 1895 dans le style architectural du Fujian, se compose de bâtiments d'un étage articulés autour de cours intérieures, mêlant murs de pierre, cloisons en bois et torchis, et toitures en tuiles maçonnées. Bien que ce monument national ait été épargné par les séismes et typhons précédents, le séisme du 3 avril a provoqué l'effondrement du faitage du pavillon Nord et des fissures verticales et diagonales dans les murs. Ces dommages, sans compromettre la stabilité générale, s'expliquent par la masse importante de la toiture et par une résonance probable entre la structure et la période propre du sol. Les réparations ont été rapidement engagées, en partie avec des matériaux d'origine.

L'ancien temple de Yoshino, structure en bois sur soubassement maçonné, a mieux résisté. Les dommages restent limités : rupture locale d'un assemblage en pied de poteau et dégradation d'un panneau de remplissage. En revanche, de nombreuses statues en pierre du parc se sont renversées, probablement sous l'effet d'accélération verticales particulièrement fortes enregistrées dans la zone.

Les anciens bureaux de la compagnie ferroviaire de Hualien, ensemble en bois des années 1930, ont été davantage fragilisés. Leur état d'entretien médiocre et la surcharge de la toiture en tuiles ont contribué à la rupture de nombreux assemblages et au glissement de certains appuis. L'intensité des accélérations mesurées à proximité – jusqu'à 1,4 g en horizontal et 0,8 g en vertical – explique ces dommages.

Ces trois exemples illustrent la vulnérabilité mais aussi la résilience de l'architecture traditionnelle face aux séismes, soulignant l'importance de l'entretien, du diagnostic et de la connaissance des techniques constructives anciennes pour préserver ce patrimoine.

CONCLUSION

La préservation du patrimoine bâti face au risque sismique apparaît plus que jamais comme un enjeu stratégique, révélant à la fois la fragilité de nos édifices anciens et la richesse qu'ils incarnent. Les missions post-sismiques montrent que la vulnérabilité n'est pas une fatalité : une meilleure connaissance des structures, un entretien régulier et des renforcements adaptés permettent d'en améliorer la résilience.

Les retours d'expérience accumulés démontrent aussi la nécessité de dispositifs de gestion de crise spécifiquement pensés pour le patrimoine. Dans ce contexte, le rôle des experts et des institutions comme l'AFPS demeure essentiel pour accompagner les territoires et diffuser les bonnes pratiques. L'avenir passe par un dialogue renforcé entre science, patrimoine et aménagement, afin d'intégrer pleinement le risque sismique dans les politiques de conservation. Préserver l'héritage bâti, c'est ainsi contribuer durablement à la résilience culturelle et sociale des sociétés exposées aux séismes. L'AFPS tient à remercier les responsables et les membres des missions post-sismiques mentionnées dans le présent article pour leur implication et les retours d'expérience consolidés.



POUR EN SAVOIR PLUS :

Site internet de l'AFPS : www.afps-seisme.org/

Rapport de la mission post-sismique AFPS des séismes de Turquie du 6 février 2023. 225 pages. Publication septembre 2023.

Rapport de la mission AFPS du séisme de La Laigne du 16 juin 2023. 98 pages. Publication septembre 2023. Publication mars 2024.

Rapport de la mission post-sismique du séisme du 3 avril 2024 de Hualien (Taïwan) réalisée en coopération avec la SGEB (Suisse). 94 pages. Publication novembre 2024.