

Feuille d'information

Février 2018

La sûreté sismique des centrales nucléaires

Dans une centrale nucléaire, la sécurité doit être garantie à tout moment. Cela vaut également lors de catastrophes naturelles telles que les séismes et leurs conséquences. Cette exigence a été prise en compte à titre préventif lors de la construction des centrales nucléaires suisses, bien que celles-ci se trouvent toutes dans des zones peu exposées à ce type de risque.

Pour autant, nos installations sont conçues de sorte à pouvoir résister à des séismes puissants tels qu'il en survient rarement. Leur protection fait l'objet de vérifications et d'améliorations permanentes en fonction du nouvel état des connaissances. Toutes ces précautions permettent aujourd'hui à nos centrales de figurer parmi les bâtiments les plus résistants aux séismes de Suisse.

L'accident survenu en mars 2011 au Japon a montré toute l'importance d'une planification préventive. Au cours de celui-ci, un tsunami a frappé la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi, insuffisamment protégée contre ce type de phénomènes alors même que les côtes japonaises ont déjà été touchées par des vagues de cette ampleur suite à des séismes au cours des siècles derniers. La centrale nucléaire d'Onagawa, qui se trouvait à proximité de l'épicentre du séisme, a quant à elle été peu impactée, le risque d'énormes tsunamis ayant été pris en compte lors de sa construction.

En Suisse: un risque sismique modéré

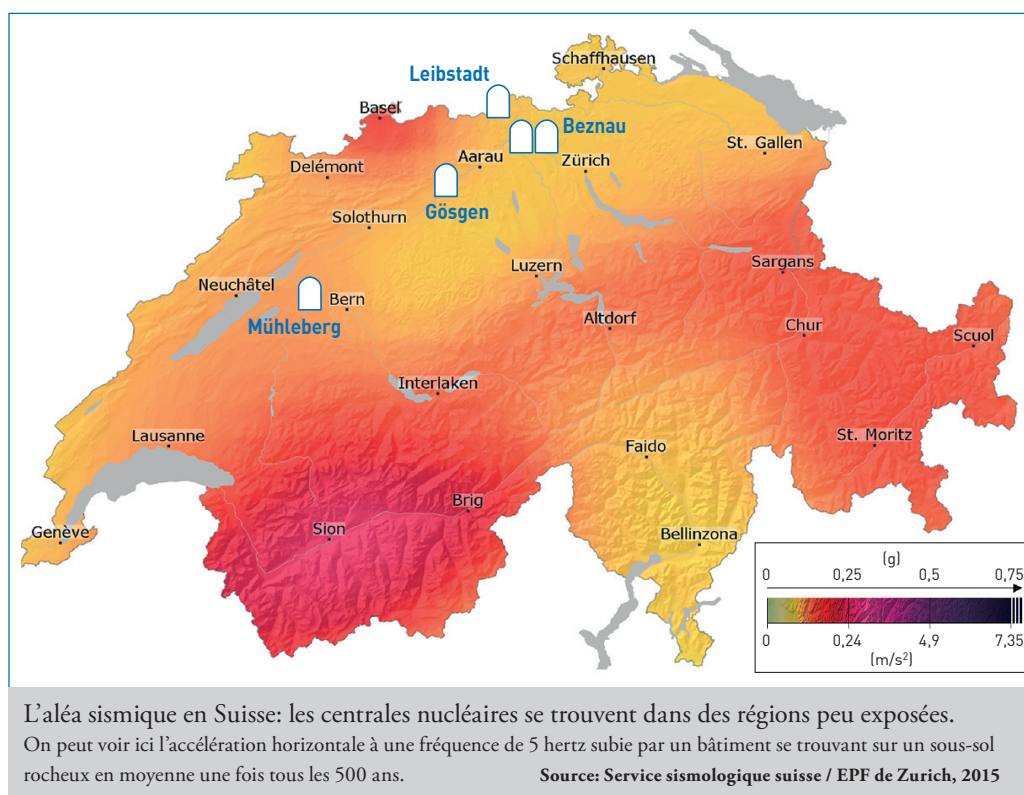
Contrairement au Japon, la Suisse est située dans une zone de basse à moyenne activité, soit dans une zone de transition entre une région à activité sismique élevée (Italie, Grèce) et une zone calme dans le nord de l'Europe.

Les séismes ne peuvent être ni empêchés, ni prédits de manière fiable. C'est la raison pour laquelle la protection contre les séismes se



En Suisse, la terre peut trembler à n'importe quel moment. Les centrales nucléaires sont donc construites de sorte à pouvoir résister aux séismes de forte magnitude, tels qu'il en survient rarement. Elles figurent parmi les bâtiments les plus résistants du pays.

Photo: Forum nucléaire suisse



¹ Les accélérations de surface, provoquées par des séismes, sont mesurées en mètres par seconde au carré (m/s^2) ou en g (accélération normale de la terre: $9,81 m/s^2$). La direction des accélérations, ainsi que les oscillations (exprimées en hertz = nombre d'oscillations par seconde) jouent également un rôle important.

concentre sur la prévention, ou au moins sur l'atténuation des conséquences. Le risque auquel est exposée la population provient, d'une part, de l'aléa sismique (intensité et fréquence) et, d'autre part, de la vulnérabilité des bâtiments. Car ce ne sont pas les tremblements de terre qui tuent, mais l'effondrement des bâtiments, les incendies consécutifs, les glissements de terrain, ou encore les tsunamis.

Sur le Plateau: une activité sismique faible

Le risque sismique à un endroit particulier se détermine par la force de chocs à escompter en surface en corrélation avec leur fréquence moyenne (période de retour) pendant une durée précise. En 2015, le Service sismologique suisse de l'EPF de Zurich a publié des cartes de dangers actualisées fondées sur les méthodes d'évaluation les plus modernes.

La carte ci-dessus montre les accélérations dans la roche qui sont pertinentes pour des bâtiments. Dans les régions jaunes et orange, les spécialistes ne s'attendent qu'à des secousses faibles en moyenne. Dans les régions rouges, comme dans le Valais ou dans la région de Bâle par exemple, ils escomptent par contre

des événements plus sévères, et par là donc des accélérations plus fortes. La carte montre que les centrales nucléaires suisses sont implantées dans des zones sismiques plutôt calmes – ce qui ne veut pas dire que des tremblements de terre plus importants ne peuvent pas s'y produire, même si ce n'est que très rarement. Pour ces zones calmes avec des périodes de retour de 10'000 ans, les experts escomptent des accélérations caractéristiques de l'ordre de $0,25 g$ ¹.

En comparaison internationale, cela correspond à un niveau de danger moyen. Pour les tremblements de terre très forts survenus au Japon ou à Taïwan, on a mesuré des accélérations dans la roche déjà supérieures à $0,5 g$.

Une protection garantie par des normes de construction strictes

Les éléments déterminants des dégâts que subissent les constructions en cas de tremblement de terre sont les énergies qui se dégagent alors en surface, la durée de l'impact et les accélérations générées. Dans le cas des séismes de forte magnitude, on constate systématiquement que la résistance des bâtiments – et par là la mise en danger des personnes – dépend

essentiellement du mode de construction et du terrain de fondation. En 1970, la Suisse a donc introduit pour la première fois dans les normes de construction des dispositions relatives à une protection minimale contre les séismes. Ces normes ont été modernisées depuis à plusieurs reprises. A ce jour, ces bâtiments sont conçus de sorte à résister à des séismes possédant une période de retour de 475 ans. Des prescriptions beaucoup plus sévères s'appliquent pour les bâtiments spéciaux tels que les barrages et les centrales nucléaires. Ces dispositions étaient déjà en vigueur avant 1970, lorsque les premières centrales nucléaires ont été construites en Suisse.

Les centrales nucléaires doivent pouvoir résister aussi aux séismes extrêmes

Comme telle est la norme au niveau international, deux catégories de séismes s'appliquent en matière de planification, de construction et de remise à niveau des centrales nucléaires suisses: le séisme majoré de sécurité (SSE, Safe Shutdown Earthquake), et le séisme de maintien en exploitation (OBE, Operational Basis Earthquake). Le SSE correspond à un séisme dont la fréquence sur un site donné se situe aux alentours d'une fois tous les 10'000 ans.

Selon la pratique américaine, on admet pour l'OBE une force égale à la moitié de celle du SSE. Sur la base de la pratique internationale actuelle, la période de retour moyenne pour l'OBE varie entre 200 et 400 ans. Les centrales nucléaires suisses sont projetées, construites et rééquipées de manière à pouvoir résister à un OBE sans dégât d'aucune sorte et à pouvoir continuer d'être exploitées.

Par ailleurs, les composants de l'installation importants pour la sûreté, à savoir le bâtiment réacteur et les systèmes de secours d'urgence, sont conçus pour résister à un SSE beaucoup plus rare. *Ils résisteraient sans peine à un séisme d'une magnitude comparable à celui de Bâle en 1356 (voir encadré) survenant dans leurs environs immédiats.* Si des dégâts se produisaient après un tel séisme, il serait toujours possible d'arrêter le réacteur de manière sûre et d'évacuer la chaleur résiduelle. De même, aucun rayonnement qui dépasse les limites admises pour l'homme et l'environnement ne serait émis.

Magnitude et intensité

La **magnitude** permet de mesurer l'énergie libérée au cœur du séisme (épicentre). On la calcule actuellement le plus souvent en magnitude de moment (M_w), qui remplace l'échelle de Richter bien connue. Le tremblement de terre de Sumatra par exemple, survenu le 26 décembre 2004, qui a déclenché un tsunami catastrophique, avait une magnitude de 9,1. Le tremblement de terre le plus grave qui s'est produit en Suisse à Bâle en 1356 a probablement atteint une magnitude de 6,6.

L'**intensité** décrit les dégâts provoqués par un tremblement de terre en surface à un endroit précis et est donc fonction de l'éloignement de l'épicentre et des caractéristiques du sous-sol. On utilise le plus souvent l'échelle modifiée de Mercalli, une échelle graduée de 12 degrés en chiffres romains. A partir des intensités V à VI, de premiers dégâts légers surviennent sur les bâtisses. En cas d'intensité IX et plus, les immeubles construits selon les prescriptions classiques s'effondrent et des glissements de terrain se produisent.

Depuis le Haut Moyen Age, la Suisse a connu plusieurs séismes forts à l'origine de dommages matériels et humains importants. Le pire a été celui de Bâle en 1356, qui a probablement atteint une intensité IX dans le centre de la ville, largement détruit. En 1855, un séisme d'intensité VIII a frappé la vallée de Viège, et en 1946 un séisme similaire a touché Sierre, dans la vallée du Rhône.

Représentation du séisme qui a frappé la ville de Bâle en 1356. Repris de la Chronique de Bâle de Christian Wurstisen, 1580.





La protection sismique, une tâche permanente: analyse géotechnique du sol dans une centrale nucléaire suisse.

Photo: KKG

Informations complémentaires:

swissnuclear, Avant-propos concernant Pegasos, et l'étude d'affinement qui a suivi (PRP):

www.swissnuclear.ch,
Lien «Savoir» →
«Sûreté sismique»

Service sismologique suisse (SED) de l'ETH Zurich:
www.seismo.ethz.ch

swissnuclear
Case postale 1663
4601 Olten
Téléphone 062 205 20 10
info@swissnuclear.ch
www.swissnuclear.ch

Forum nucléaire suisse
Froburgstrasse 20
4600 Olten
Téléphone 031 560 36 50
info@forumnucleaire.ch
www.forumnucleaire.ch

Des appareils d'enregistrement des séismes sont installés dans toutes les centrales nucléaires. Si un séisme dépasse les valeurs limite de sécurité, le réacteur est mis à l'arrêt et on doit vérifier si l'installation a subi des dégâts avant de pouvoir la remettre en service.

Une démarche prudente

Dans leurs calculs sur la protection anti-sismique des bâtiments, les ingénieurs procèdent de manière conservatrice, c'est-à-dire avec des marges de sécurité supplémentaires. Il en résulte que dans la pratique, les installations nucléaires sont encore plus résistantes que ce qui figure en théorie sur le papier.

Bien que dans les centrales nucléaires situées dans les régions sismiques classiques, telles que le Japon et la Californie, des accélérations supérieures aux limites calculées se soient déjà produites, les secousses n'ont encore jamais provoqué de dommages de grande ampleur ni de libération de radioactivité dépassant les valeurs autorisées. La démarche conservatrice et les marges de sécurité supplémentaires appliquées lors de la planification et de la construction ont fait leurs preuves. Ainsi, même dans la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi, l'ensemble des réacteurs ont été arrêtés en toute sécurité immédiatement après le séisme. Les tsunamis provoqués par le fort tremblement de terre ont touché la côte seulement une demi-heure plus tard, endommageant alors l'alimentation électrique de secours de l'installation.

Une étude sismique unique

Comme cela est également le cas dans d'autres pays, en Suisse, les exploitants nucléaires sont tenus de contrôler en permanence la sûreté de leurs installations, à la lumière du progrès des connaissances. Dans ce contexte, ils ont lancé en 1999 le projet de recherche «Pegasos», puis dans son sillage, en 2008, le Pegasos Refinement Project (PRP). Fin 2013, le rapport final relatif à l'étude a été remis à l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN).

L'objectif du projet était d'évaluer l'impact de séismes extrêmement rares susceptibles de se produire une fois tous les 10 millions d'années – une étude pionnière. Les exploitants nucléaires ont investi 25 millions de francs dans le projet.

Des résultats rassurants

L'équipe de projet PRP se composait d'experts internationaux renommés. Ces derniers sont parvenus à lever la plupart des incertitudes qui persistaient suite au projet «Pegasos».

Des méthodes modernes et une procédure qui permettait de garantir l'indépendance des experts ont été appliquées. Ainsi, le risque sismique sur les sites nucléaires a pu être évalué avec une précision encore jamais obtenue:

- Les nouvelles courbes moyennes d'aléas se situent en dessous de celles de l'étude «Pegasos» précédente.
- Elles se situent également en dessous des courbes provisoires demandées par l'IFSN en 2011 suite à l'accident de Fukushima.
- Elles rejoignent pratiquement les courbes sismiques du Service sismologique suisse (SED) de l'ETH Zurich, publiées en 2015, qui sont utilisées pour les bâtiments dans toute la Suisse.

L'IFSN n'a pas accepté dans leur intégralité les résultats fournis pourtant par les meilleurs experts internationaux. En 2016, elle a ainsi formulé de nouvelles hypothèses d'aléa, plus strictes que celles calculées par l'ETH en 2015. En vertu de celles-ci, les exploitants étudient actuellement la nécessité de procéder à des rééquipements.