

Dana Sacchetti

# La terre, le ve et

**Préparer les centrales nucléaires  
à la fureur de la nature.**

Photo : L'électricité nucléaire n'est pas produite en vase clos. L'exposition au monde extérieur peut susciter des dangers tels que cyclones, séismes, incendies, tsunamis et éruptions volcaniques. La sûreté étant une priorité absolue pour les centrales nucléaires, il incombe aux concepteurs et aux constructeurs de se préparer à ce que la nature a de pire à offrir.

L'Etna vu de l'espace. Photo : NASA

# ent le feu

**D**epuis les tout débuts de l'électronucléaire, la principale préoccupation à propos des centrales nucléaires a été suscitée par la perspective d'une erreur humaine ou d'une panne mécanique entraînant un rejet radiologique dans l'environnement. Les exemples de Tchernobyl et de Three Mile Island ont laissé l'impression que les principaux facteurs de risque provenaient de l'intérieur des murs d'une centrale.

Or, des événements survenus ces dernières années ont fait surgir le spectre de nouvelles menaces : l'exploitation d'une centrale est menacée surtout de l'extérieur et non de l'intérieur. L'électricité nucléaire n'est pas produite en vase clos, et vu l'éparpillement des centrales à la surface du globe exposée aux éléments, le risque d'une perturbation par des phénomènes naturels est omniprésent. Leur exposition au monde extérieur peut susciter des dangers tels que cyclones, séismes, incendies, tsunamis et éruptions volcaniques. La sûreté étant une priorité absolue pour les centrales nucléaires, il incombe aux concepteurs et aux constructeurs de se préparer à ce que la nature a de pire à offrir.

## Vulnérabilité sismique

Un des premiers événements externes à retenir l'attention de la communauté nucléaire s'est produit il ya plus de 30ans, en 1977, lorsqu'un séisme survenu en Roumanie a affecté la centrale nucléaire de Kozloduy dans la Bulgarie voisine. Ce séisme n'a provoqué que des dommages superficiels à des parties de la centrale qui n'étaient pas importantes pour la sûreté, mais il a néanmoins alerté la communauté internationale sur un tendon d'Achille éventuel de certaines centrales anciennes de conception soviétique.

«Le séisme de Vrancea en 1977 a sonné le réveil pour les centrales de conception soviétique», explique Aybars Gürpınar, ancien directeur de la Division de la sûreté des installations nucléaires de l'AEA. «Il a aussi incité l'Union soviétique à renforcer la centrale arménienne et amené l'AIEA à effectuer la première de ses nombreuses missions d'assistance pour se pencher sur la conception des centrales nucléaires dans toute la région».

L'accident de Tchernobyl a aussi déclenché beaucoup d'introspection au sujet de la sûreté nucléaire en Europe orientale, en Union soviétique et dans la communauté nucléaire internationale. Parallèlement aux questions plus générales touchant la sûreté nucléaire, le fait que l'on ne faisait pas assez pour protéger les centrales contre d'éventuels événements extérieurs suscitait des préoccupations croissantes.

Pendant toute la fin des années 1980 et tout le début des années 1990, l'AIEA a envoyé des missions d'examen en Arménie, puis en Tchécoslovaquie, en Bulgarie et en Fédération de Russie pour évaluer les centrales de conception soviétique. Dans le cadre de ces missions, l'AIEA a constaté que les centrales de première génération dotées de réacteurs refroidis et modérés à l'eau (VVER) avaient été conçues sans que les agressions externes aient été prises en compte dans leur construction. À l'issue des missions de l'AIEA, il a été recommandé d'examiner certains équipements des centrales, ainsi que de mettre en place des soutiens supplémentaires et de renforcer les équipements de sûreté.

Dans d'autres régions, les limites en matière de conception sismique des centrales nucléaires ont également été mises en question. Aux États-Unis, certaines centrales ont dépassé à l'occasion la base de conception pour les séismes, mais cela n'a pas entraîné le moindre risque notable pour leur sûreté.

Un séisme de magnitude 4,9 sur l'échelle de Richter s'est produit en janvier 1986 à proximité de la centrale nucléaire à une seule tranche de Perry, située dans le nord-est de l'Ohio. On a enregistré sur le site des accélérations au sol allant de 0,19 à 0,23g, soient supérieures au chiffre de 0,1g pris comme base de conception pour la centrale. Celle-ci était déconnectée à ce moment-là, mais elle devait être rechargée en combustible neuf le lendemain. Après l'événement, une équipe d'ingénieurs et de sismologues a été dépêchée à la centrale pour rechercher d'éventuelles pannes de systèmes et vérifier si des répliques sismiques se produiraient les jours suivants. De petites fissures dans le béton et des fuites dans des tuyauteries non critiques ont été observées, mais dans

Les deux cas elles existaient peut-être avant le séisme. Le séisme de la centrale nucléaire de Perry a déclenché une bataille juridique prolongée, mais il a été établi que la centrale y avait bien résisté et elle a redémarré peu de temps après.

Le séisme le plus important qui ait jamais touché une centrale nucléaire s'est produit l'an dernier au Japon à proximité de la plus grande centrale nucléaire du monde. La force du séisme a tué 11 personnes dans les zones voisines, détruit près de 400 constructions et perturbé des usines automobiles. La centrale nucléaire de Kashiwazaki-Kariwa, installation à sept tranches située sur le littoral de la mer du Japon, a été secouée par le séisme de magnitude 6,6 survenu le 16 juillet 2007, qui a entraîné un arrêt sûr de la centrale. Les réacteurs fonctionnaient bien, mais on a constaté que le séisme s'était produit dans une faille inconnue des concepteurs de la centrale et que sa force dépassait largement les limites de conception originelles de la centrale.

Deux visites d'experts de l'AIEA sur le site ont conclu que bien que la base de conception ait été dépassée, la centrale était conçue convenablement et avait bien résisté, malgré la force inattendue du séisme. Toutefois, la centrale reste à l'arrêt depuis le séisme et aucun calendrier n'a été fixé pour son redémarrage.

Le Japon étant un des pays de la planète où l'activité sismique est la plus forte, il est doté de réglementations strictes conçues pour limiter l'impact des séismes sur les centrales nucléaires. Ces normes prévoient que les centrales doivent être construites sur une assise rocheuse solide afin de réduire les secousses et que tous les composants de la centrale doivent être classés en différentes catégories de sûreté. Certains aspects de la centrale étant plus vulnérables que d'autres, la robustesse de leur conception doit être renforcée.

## Tsunamis et inondations

Nombre de centrales nucléaires de la planète prélevant de l'eau de mer aux fins de leur refroidissement, une deuxième menace à laquelle elles sont confrontées réside dans les inondations côtières, et plus spécialement les tsunamis. Le séisme massif survenu dans l'océan Indien le 26 décembre 2004 a engendré une série de tsunamis dévastateurs, tuant près d'un quart de million de personnes et causant des dommages catastrophiques étendus dans 11 pays.

Deux tranches de la centrale nucléaire de Kalpakkam en Inde ont été touchées par le tsunami, mais toutes deux ont bien résisté aux vagues. Les concepteurs n'avaient jamais prévu qu'un tsunami puisse s'abattre sur la centrale, mais ils avaient néanmoins tenu compte du phénomène analogue des ondes de tempête associées à un cyclone. Les constructeurs de la centrale avaient

estimé le niveau d'eau maximum qui pouvait approcher de la centrale en cas d'onde de tempête et l'avaient construite en conséquence. Deux puits situés l'un en haute mer et l'autre sur terre avaient été construits pour alerter les exploitants de l'arrivée d'une onde de tempête. Lorsque les exploitants ont reçu l'avis d'alerte, la centrale a immédiatement été mise à l'arrêt. Mais même sans cela, les bâtiments réacteurs étaient dotés de parois de plusieurs mètres d'épaisseur, en sorte qu'il était peu probable que de l'eau puisse pénétrer dans les tranches.

Ainsi, malgré l'élévation du niveau de l'eau et l'impact écrasant d'une vague massive, la centrale de Kalpakkam s'est bien comportée sous la contrainte.

« Pour faire en sorte que ces bâtiments vitaux résistent aux séismes, on construit une grande dalle de soubassement en béton », a expliqué L. V. Krishnan, ancien directeur du Centre de recherche atomique Indira Gandhi à Kalpakkam. « De cette manière, si la construction se déplace, ce sera en bloc, sans se fissurer ».

Plusieurs inondations ont touché la centrale nucléaire du Blayais dans la région de Bordeaux en France. Lors d'une grosse tempête qui a frappé en décembre 1999, de hautes vagues sont passées par-dessus la digue protectrice de la centrale en submergeant partiellement certaines parties de l'installation. L'eau a nui au fonctionnement de la centrale, plus exactement de ses tranches 1 et 2. Les pompes utilisées normalement pour évacuer l'eau de la centrale ont été mises hors service, ce qui a obligé les responsables de la centrale à prendre des mesures d'urgence en vue d'éviter une éventuelle fusion du cœur. Les systèmes d'alimentation en eau de secours ont été utilisés pour remédier à l'inondation et la centrale a été remise ultérieurement en service.

Les normes de sûreté françaises prévoient que la plateforme supportant les systèmes en rapport avec la sûreté doit être placée à un niveau au moins aussi élevé que le niveau d'eau maximum et que toutes les voies possibles par lesquelles des eaux extérieures pourraient atteindre les équipements de sûreté des réacteurs situés en dessous de la plateforme du site doivent être bloquées. À la suite de l'inondation du Blayais, dans le cas de laquelle ces deux normes n'ont pas donné les résultats attendus, les autorités françaises chargées de la sûreté nucléaire ont été contraintes de réexaminer les normes relatives aux inondations.

## Perspectives d'avenir

L'AIEA s'est attachée à évaluer les centrales nucléaires sous l'angle de leur préparation aux dangers dans le monde entier depuis la fin des années 1970. Ses premières missions ont intéressé pour la plupart les pays en développement, où l'AIEA a aidé à faire en sorte que

les installations nucléaires soient suffisamment robustes pour résister à certains risques environnementaux. L'AIEA publie en outre depuis longtemps des normes de sûreté qui formulent des recommandations à l'intention des pays souhaitant bénéficier de conseils pour améliorer la sûreté de leurs installations nucléaires.

Il y a huit ans environ, l'AIEA a commencé à établir des normes de sûreté qui prennent davantage en compte les risques en considération et s'appuient sur des évaluations probabilistes. Ce changement d'approche exige que les constructeurs de centrales tiennent compte de la probabilité qu'une agression externe ait lieu pendant la construction d'une centrale, alors qu'auparavant un ensemble de normes plus uniforme était prescrit pour toutes les centrales du monde entier.

L'AIEA dirige par ailleurs des conférences et des réunions entre les pays électronucléaires pour examiner comment on peut construire des centrales ou les mettre en conformité pour qu'elles résistent aux événements externes. L'an dernier, elle a organisé, au sujet des agressions externes, deux conférences de ce genre qui ont porté sur la sûreté sismique et sur les menaces posées par les tsunamis.

La charge de travail de l'AIEA dans le domaine des agressions externes devrait augmenter dans les années à venir.

« Désormais, beaucoup de pays construisant de nouvelles centrales s'adressent à nous pour demander à l'AIEA de les aider en ce qui concerne l'évaluation des sites et la prise en compte des événements externes », explique M. Gürpınar.

La détermination du meilleur moyen de protéger les installations nucléaires contre la fureur de la mère nature reste encore un processus d'apprentissage. « Nous constatons que c'est toujours après de forts événements sismiques que nous apprenons le plus au sujet des effets des séismes sur les centrales nucléaires », a dit Antonio Godoy, chef par intérim de la Section de la sûreté au stade des études de l'AIEA.

Avec le maintien de la communication et de la transparence entre les pays électronucléaires, l'AIEA et les responsables de la réglementation du monde entier s'emploient à protéger les centrales contre tout ce que la nature a à offrir.

M. S.N. Ahmad, du Département indien de l'énergie atomique, a résumé comme suit la conception des centrales nucléaires pour ce qui est des phénomènes naturels. « L'homme doit vivre avec les calamités naturelles », a-t-il dit. « La sagesse consiste à relever efficacement les défis posés par de telles situations et à protéger la vie humaine et les biens. Dans les centrales nucléaires, tout le spectre de ces calamités naturelles et des conditions accidentelles hautement improbables est pris en compte dans le choix du site et la conception ». ☸

Dana Sacchetti, Division de l'information, AIEA.  
Courriel: [d.sacchetti@iaea.org](mailto:d.sacchetti@iaea.org).

## Les leçons durables de tremblements

**Kashiwazaki (Japon)** — À la suite du fort séisme qui a frappé l'an dernier la plus grande centrale nucléaire du monde, celle de Kashiwazaki-Kariwa, il y a eu un regain d'intérêt au niveau international pour la résistance des structures des installations nucléaires. Du 19 au 21 juin 2008, l'AIEA a organisé un atelier qui avait pour objet de mettre en commun les connaissances et les approches techniques récentes en matière de conception qui permettent d'assurer et de préserver la robustesse des centrales nucléaires afin qu'elles résistent de manière sûre à des agressions externes aussi graves. Cette réunion, qui a rassemblé plus de 300 participants de diverses disciplines, s'est tenue au Japon.

« Nous avons organisé cet atelier en vue de mettre en commun les conclusions et les informations récentes fournies par de forts séismes ayant eu un impact sur des centrales nucléaires, ainsi que les bonnes pratiques et les leçons qui en ont été tirées », a expliqué Antonio Godoy, chef par intérim de la Section de la sûreté au stade des études de l'AIEA et directeur de l'atelier.

Les principales conclusions de l'atelier ont été notamment les suivantes :

- ① L'évaluation des risques sismiques reste essentielle pour assurer la sûreté sismique d'une centrale nucléaire ;
- ② Des informations sur le site d'une centrale nucléaire et une connaissance exhaustive de ses caractéristiques géologiques et tectoniques revêtent une importance cruciale pour assurer la sûreté sismique ;
- ③ Il ressort du séisme survenu en juillet 2007 à la centrale de Kashiwazaki-Kariwa que la réglementation en matière de conception et de sûreté joue un rôle décisif dans le maintien de la robustesse d'une centrale malgré une sous-estimation dans les données sismiques d'entrée pour les études sismologiques effectuées à l'époque ;
- ④ Les enseignements tirés de l'expérience de la centrale nucléaire de Kashiwazaki-Kariwa fournissent d'utiles informations pour les normes de sûreté de l'AIEA.

« La science fait d'énormes progrès, mais nous devons rester avides d'obtenir des observations et des informations nouvelles pour assurer la sûreté des centrales nucléaires. Et nous devons aussi préserver la transparence », a déclaré M. N. Hirawaka, de la compagnie japonaise d'électricité Tohoku.

Cet atelier a été organisé par l'AIEA en coopération avec l'Agence de sûreté nucléaire et industrielle (NISA), la Commission de la sûreté nucléaire (NSC) et l'Organisation japonaise de sûreté nucléaire (JNES). L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire a coopéré à son organisation.

Un atelier apparenté consacré aux effets des tsunamis sur les centrales nucléaires s'est tenu sous les auspices de l'AIEA le 23 juin 2008 à Daejeong, en République de Corée.