

Trois accidents majeurs de centrales nucléaires

Comment l'électricité est produite - Centrales thermiques nucléaires

Ce texte est conçu comme un document compagnon du livre « L'électricité : vers un futur bas-carbone ». Il n'est pas conçu comme un document indépendant. Il complète le chapitre mentionné ci-dessus.

Les trois accidents majeurs de centrales nucléaires qui ont eu lieu jusqu'ici et présentés ci-après ont eu lieu sur trois continents différents, dans trois décennies différentes et impliquent trois types de centrales différents ; ils impliquent tous des facteurs humains soit lors de l'accident, soit dans la phase de conception de l'installation.

L'accident de Three Mile Island (États-Unis, 28 mars 1979)

Cette centrale est située en Pennsylvanie sur une île de la rivière Susquehanna qui la refroidit. La centrale a deux tranches, la première, mise en service en 1974, la seconde, où a eu lieu l'accident, mise en service en 1978, soit 13 mois avant l'accident. Le jour de l'accident, la tranche 1 était en arrêt pour rechargement.

Le déroulement de l'accident est résumé ci-après :

- L'origine de l'accident est un incident d'exploitation, la panne des pompes d'alimentation normale des générateurs de vapeur, ce qui provoqua un arrêt d'urgence standard du réacteur. L'insertion des barres de contrôle stoppa la réaction en chaîne en quelques secondes. Mais il fallait continuer d'enlever la chaleur du cœur du réacteur. Les pompes auxiliaires se mirent en route automatiquement comme il se doit. Jusque-là, les dispositifs automatiques de sécurité fonctionnaient normalement. Mais, suite à une erreur d'opérateur, les valves de ces pompes avaient été laissées fermées à l'issue d'une opération de maintenance. De ce fait, l'eau n'arrivant pas aux générateurs de vapeur, ceux-ci ne pouvaient évacuer la chaleur du circuit primaire dégagée par le cœur. La pression augmenta donc dans le circuit primaire. Ceci provoqua l'ouverture de la vanne de décharge au sommet du pressuriseur, vanne qui est fermée en situation normale pour que le circuit primaire soit fermé. Les opérateurs comprirent alors que les valves des pompes auxiliaires étaient fermées et déclenchèrent leur ouverture.
- La pression du circuit primaire baissant, les opérateurs actionnèrent la fermeture de la vanne de décharge du pressuriseur. La vanne se coinça en position ouverte pour une raison mécanique. Or, la conception du contrôle-commande était telle que l'information dont disposaient les opérateurs était l'ordre qu'ils avaient donné à la vanne et non sa position réelle. À cause de ce choix de conception, ils ne pouvaient donc pas savoir que le circuit primaire n'était plus étanche puisque la vanne était restée ouverte. L'eau du circuit primaire s'échappait donc dans l'enceinte de confinement avec des produits de fission puisque le cœur du réacteur n'était plus refroidi correctement. Sa température augmenta donc et il fondit partiellement. Il fallut seize heures aux opérateurs pour maîtriser la situation.
- Le corium, mélange de la partie fondue du cœur avec les éléments internes de la cuve, est resté à l'intérieur de la cuve, qui a donc résisté ; l'enceinte de confinement a elle aussi résisté aux surpressions, notamment d'hydrogène, jouant ainsi son rôle de protection des exploitants et de la population.

- Les opérateurs ont été submergés par un flot d'alarmes et disposaient uniquement de procédures dites « événementielles », c'est-à-dire des actions à conduire en fonction de tel ou tel incident précis, mais non de l'état réel de l'installation.
- Suite à l'accident, la partie nucléaire de la centrale a été progressivement démantelée. Le déchargement du combustible a été achevé en 1990 et une première phase du démantèlement en décembre 1993. À ce stade, l'enceinte de confinement était dans un état tel que sa déconstruction finale ne puisse intervenir que lors du démantèlement de la tranche 1. Le turboalternateur a été réutilisé dans une autre centrale nucléaire en 2010 – puisque la centrale était un REP, il était hors de la partie nucléaire de la centrale.

Les rejets extérieurs ont été limités à des radioéléments gazeux peu radiotoxiques. C'est pourquoi l'accident fut classé au niveau 5 sur l'échelle INES. L'accident a provoqué une grande anxiété dans la population, notamment suite à une décision d'évacuation générale ensuite annulée. Il n'a provoqué ni mort ni blessé. Il a conduit pour plus de vingt ans à l'arrêt du lancement de la construction de nouvelles centrales aux États-Unis ; néanmoins, les centrales en construction à l'époque furent mises en service. Dans le monde entier, il a conduit à des durcissements de la sûreté de nombreux équipements et à des améliorations de l'interface homme-machine. En particulier, les procédures de conduite sur incidents prédéfinis ont été remplacées par la « conduite par états » où l'opérateur agit à partir d'un certain nombre de paramètres estimés caractéristiques de l'état réel de la centrale.

La tranche 1 fut remise en service en 1985. En 2009, la Commission de Régulation Nucléaire, NRC, étendit sa licence d'exploitation jusqu'en 2034.

Pour plus d'informations sur l'accident et ses conséquences, on peut consulter notamment le site de l'autorité de sûreté des États-Unis [nrc.gov].

L'accident de Tchernobyl (URSS/Ukraine, 26 avril 1986)

Cet accident est le plus grave de l'histoire de l'industrie électronucléaire et le premier classé au niveau 7 de l'échelle INES, le second étant celui de Fukushima présenté après. Il a eu lieu sur le réacteur n°4 de la centrale, de type « RBMK », comme les trois autres réacteurs du site, mis en service entre 1977 et 1983.

Il s'agit d'un réacteur de 1 000 MW, à eau légère et modéré par du graphite, et non par de l'eau comme les REP et les REB. Le réacteur n'avait pas d'enceinte de confinement. Par conception, dans certaines configurations de basse puissance, ce type de réacteur est instable, c'est-à-dire que la réaction peut s'emballer, mais l'origine de l'accident n'est pas là. Celui-ci est conséquence de l'essai décidé pour tester la sûreté en allant dans des régimes de fonctionnement interdits par les consignes et en inhibant sciemment plusieurs dispositifs de sûreté. La situation a empiré dès le début des essais par toute une série de manœuvres erronées.

L'instabilité a fait monter la température du cœur rapidement dès que la circulation de l'eau de refroidissement a été volontairement ralentie pour les besoins des essais. Le combustible et son enveloppe de zirconium ont fondu. Les hautes températures ont causé la décomposition de l'eau par craquage en hydrogène et oxygène, qui ont provoqué une explosion en se recombinant. La dalle de béton de 1 400 t au-dessus du réacteur a été soulevée ; elle est retombée en endommageant le réacteur qui s'est retrouvé avec un accès direct à l'air libre. Ceci a facilité les rejets de radioactivité solides et gazeux dus à l'explosion dans l'atmosphère et, par suite, les nuages. L'explosion provoqua l'incendie du graphite, ce dernier s'enflammant à température élevée (rappelons que c'est du carbone), et provoqua à son tour des rejets. Il fallut près de quinze jours pour arrêter l'incendie. En outre, les tubes contenant les barres de contrôle du réacteur ont été endommagés par les hautes températures ; quand les opérateurs ont donné

l'ordre de pleinement introduire les barres de contrôle pour arrêter la réaction en chaîne, elles n'ont pénétré le cœur de 1,5 m sur les 7 m des situations normales.

Il faut bien noter qu'il s'agit d'une explosion chimique et non d'une explosion nucléaire analogue à une bombe.

Cette catastrophe fit plus d'une centaine de morts rapides ou différées par cancer parmi les « liquidateurs », ces dizaines de milliers d'hommes qui intervinrent pour en réduire les conséquences. L'évacuation de la population fut tardive, tout comme la distribution de pastilles d'iode pour limiter les effets de l'irradiation sur la thyroïde. Dans les trois ans qui ont suivi, les quelque 400 000 personnes vivant dans la région de la centrale ont reçu des doses variant de 5 à 200 mSv. Les habitants du reste de l'Europe ont reçu des doses de l'ordre de 0,05 à 0,5 mSv dans l'année suivant l'accident par le biais des nuages contenant des éléments radioactifs. Les conséquences sanitaires sur les habitants (directes tels les cancers de la thyroïde, indirectes parce qu'ils ont dû quitter leur lieu de vie) restent un objet d'études médicales et de controverses. De même pour les impacts sur la faune et la flore, sur la chaîne alimentaire. On trouvera des éléments à ce sujet sur le site de l'Organisation Mondiale de la Santé [*who.int*].

La propagation de nuages radioactifs en Europe et dans le Monde, le manque de transparence des autorités soviétiques durant les jours qui ont suivi l'accident, l'impréparation générale à la gestion de la crise tant en URSS que dans les autres pays, ont durablement marqué l'opinion publique mondiale. Les réacteurs RBMK ont été fermés ou modifiés. L'amélioration de la culture de sûreté chez les exploitants, la préparation à d'éventuels accidents, sans parler de recherches en matière de remédiation, etc., font partie des leçons tirées de la catastrophe.

Le réacteur endommagé a été rapidement confiné dans un premier « sarcophage ». Celui-ci s'est dégradé et a été lui-même enfermé, dès 2016, dans un autre pour être protégé des intempéries. Une zone de 2 500 km² reste aujourd'hui interdite d'accès en raison de la radioactivité [*snrc.gov.ua*]

Les tranches 1 et 3 restèrent en fonctionnement après l'accident de la tranche 4 jusqu'à leur démantèlement commencé en 2015. La tranche 2 fut arrêtée définitivement en 1991 suite à un feu.

Des informations sur l'accident et ses suites se trouvent, entre autres, sur les sites de l'AIEA, de l'OMS, de l'UNSCEAR mentionnés précédemment ainsi que sur le site de l'autorité nucléaire d'Ukraine [*snrc.gov.ua*].

L'accident de Fukushima (Japon, 11 mars 2011)

Après celui de Tchernobyl, l'accident de Fukushima est le deuxième à être classé au niveau 7 sur l'échelle INES.

La centrale nucléaire de Fukushima Daiichi est située à 230 km au nord de Tokyo au bord de l'océan Pacifique. Elle était constituée de six tranches à eau bouillante, refroidies à l'eau de mer. Les unités 1 à 4 étaient groupées et furent mises en service entre 1971 et 1978. Les Unités 5 et 6, mises en service en 1978 et 1979, sont situées à 1 km au nord des quatre autres. Début 1980, l'ensemble constituait une des plus grandes centrales nucléaires au monde avec une puissance installée de 4 680 MW_e.

L'origine de l'accident est un séisme de magnitude 9 sur l'échelle de Richter, un des plus puissants jamais enregistrés au Japon, dont l'épicentre était sous l'océan à 130 km à l'est des côtes. Il a provoqué l'arrêt automatique des six réacteurs sur le site ainsi que de quatre autres réacteurs sur le site de Fukushima Daini situé 11 km au sud.

Aucun de ces 10 réacteurs n'a été endommagé par le tremblement de terre lui-même.

Le tremblement de terre a provoqué un tsunami qui a touché la côte quelque 40 minutes plus tard. La vague, dépassant 20 m par endroits, a causé des destructions massives sur plusieurs centaines de km le long de la côte ; elle a pénétré jusqu'à 10 km à l'intérieur des terres. On estime à quelque 20 000 le nombre des personnes mortes ou disparues.

La vague du tsunami qui a atteint le site de Fukushima Daiichi était d'environ 14 m. Elle a détérioré les prises d'eau de refroidissement dans la mer, envahi la centrale, détruit l'alimentation électrique des systèmes de secours ainsi que les génératrices diesel de secours, malencontreusement situées en partie basse de la centrale. Les réacteurs 5 et 6, situés plus haut au-dessus de l'océan, n'étaient pas en fonctionnement ce jour-là et n'ont pas été atteints. Cette perte totale d'alimentation électrique, donc de refroidissement, a conduit progressivement à la fusion d'une partie des cœurs des réacteurs 1 à 3. Malgré des explosions d'hydrogène, les structures de confinement ont résisté aux surpressions et ont donc empêché la dispersion d'éléments solides des cœurs autour de la centrale, contrairement à l'accident de Tchernobyl. Par contre, les rejets gazeux ont contaminé une zone autour de la centrale et au-delà vers le nord-ouest à cause des vents, avant de se diluer dans l'atmosphère. En outre, alors que la tranche 4 était arrêtée lors de l'accident, quelques jours après, des difficultés sont survenues dans le refroidissement du bassin de stockage d'éléments de combustible nucléaire de cette tranche ; ces bassins de stockage de combustible se trouvent en haut de l'enceinte de confinement dans ce type de centrales.

Par ailleurs, la centrale a dû être refroidie à l'eau de mer. Ceci a entraîné l'accumulation de centaines de milliers de mètres cubes d'eau contaminée, notamment dans les sous-sols de la centrale. Une partie s'est échappée et/ou a été rejetée en mer avant la mise en place de réservoirs de stockage et d'outils de décontamination. Globalement, les conséquences en termes de radioactivité étaient plus élevées qu'après l'accident de Three Mile Island mais plus faibles qu'à Tchernobyl.

Compte tenu des mesures prises pour protéger les milliers d'intervenants impliqués dans le traitement de l'accident, on ne déplorait à début 2016 pas de conséquence sur leur santé liée à la radioactivité. De même, l'évacuation rapide de près de 125 000 personnes dans un rayon de 20 km autour de la centrale ainsi que les restrictions sur l'alimentation avec des produits locaux ont permis d'éviter d'atteindre des niveaux dangereux d'irradiation donc de provoquer des cancers : on peut consulter sur ce point le «Fukushima 2015 White Paper» du Comité scientifique des Nations Unies sur les radiations ionisantes [unscear.org]. Par contre, les traumatismes liés à l'évacuation et au déplacement ne sont pas sans poser des problèmes graves à la population locale, tout comme leur retour éventuel dans leur lieu de vie après décontamination.

Cet accident a, comme les précédents, eu des conséquences mondiales sur l'opinion publique mondiale et sur l'industrie nucléaire. Dans la mesure où le Japon connaît fréquemment des tremblements de terre entraînant parfois des tsunamis, l'absence de mur de protection suffisamment haut et la position des génératrices diesel de secours ont été questionnées. Ceci a conduit les autorités japonaises à refonder leur autorité de sûreté nucléaire. Cet accident a aussi montré, si besoin était, la responsabilité de l'exploitant pour prévenir et traiter de tels accidents. Il a réinterrogé sur la sûreté des centrales face aux agressions externes, face à une perte totale des alimentations électriques, et conduit chaque pays concerné à prendre des mesures. Il a confirmé aussi l'importance de se préparer à une juste évacuation pour limiter tant les risques liés aux irradiations que ceux conséquences du déplacement des habitants. Outre les sites internet précédemment cités, sur cette catastrophe, on pourra consulter aussi celui de la NRA, autorité de sûreté nucléaire du Japon [nsr.go.jp].