



MÉMOIRE ET RETOUR D'EXPÉRIENCES

Three Miles Island - © Andrew Caballero-Reynolds / AFP

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE QUARANTE ANS APRÈS THREE MILE ISLAND

Thierry Charles, directeur général adjoint de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Un accident de fusion de cœur s'est produit le 28 mars 1979 dans le réacteur n° 2 de la centrale de Three Mile Island (TMI) près de Harrisburg en Pennsylvanie aux États-Unis (réacteur de 800 MWe conçu par Babcock et Wilcox, similaire aux réacteurs à eau sous pression français). Lors de cet accident, près de la moitié du cœur a fondu et environ vingt tonnes de matériaux en fusion ont atteint le fond de la cuve du réacteur, heureusement sans la percer.

Les enseignements de l'accident ont marqué un tournant majeur dans l'évolution de l'approche de sûreté des réacteurs nucléaires. Aujourd'hui encore, ces enseignements restent le fondement des actions de renforcement de la sûreté, qu'elles concernent les aspects techniques, comme la maîtrise des accidents de fusion de cœur, ou les aspects organisationnels et humains, comme la gestion des situations accidentelles.

Un accident de fusion de cœur s'est produit le 28 mars 1979 dans le réacteur n° 2 de la centrale de Three Mile Island (TMI) près de Harrisburg en Pennsylvanie aux États-Unis (réacteur de 800 MWe conçu par Babcock et

Wilcox, similaire aux réacteurs à eau sous pression français).

DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT

L'évènement initiateur a été un incident d'exploitation relativement

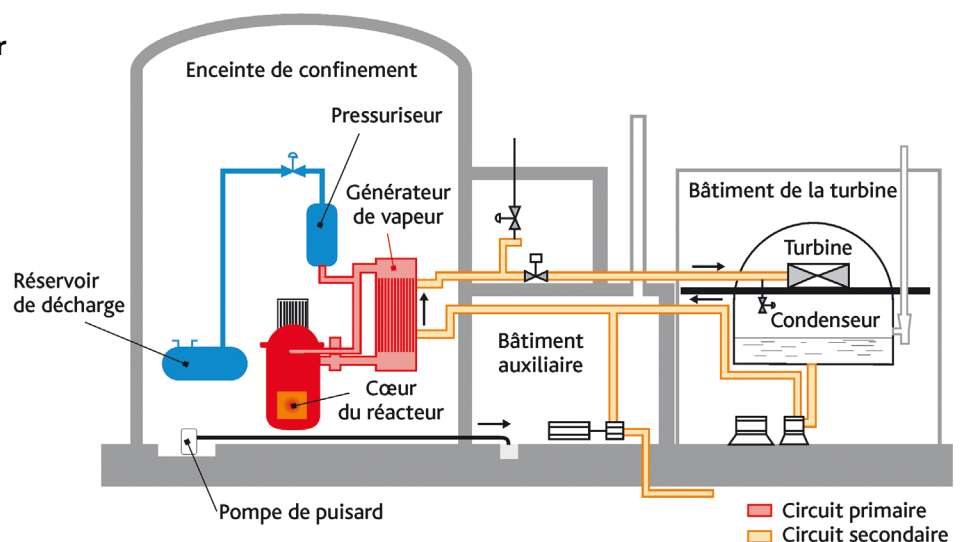


Schéma de la centrale de Three Mile Island - © IRSN

banal : la défaillance de l'alimentation normale en eau des générateurs de vapeur (cf. figure 1) alors que le réacteur fonctionnait à sa puissance nominale, entraînant une augmentation de la température et de la pression dans le circuit primaire. Cette défaillance a sans doute été provoquée par une erreur lors de travaux de maintenance.

L'incident a entraîné l'arrêt automatique du réacteur et la vanne de décharge du circuit primaire, située au sommet du pressuriseur, s'est ouverte afin de faire décroître la pression.

Deux défaillances vont déterminer l'évolution de la situation. Première défaillance, la vanne de décharge du pressuriseur ne s'est pas refermée automatiquement. Le fluide primaire a donc continué de se décharger dans un réservoir de décharge puis dans l'enceinte de confinement. Deuxième défaillance, le circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeur n'a pas pris le relais du circuit d'alimentation normal, car des vannes du circuit de secours, qui auraient dû être ouvertes, étaient fermées (elles avaient été fermées lors d'un essai réglementaire réalisé quelques jours auparavant).

La première défaillance a été la plus lourde de conséquences, car les opérateurs n'ont pas compris que la vanne du pressuriseur était restée ouverte ; pendant plus de deux heures, environ 60 t/h de fluide primaire se sont déversées dans l'enceinte de confinement (pour un inventaire initial du circuit primaire de deux cents tonnes).

Le blocage de la vanne n'a pas été diagnostiqué rapidement, car les opérateurs ne disposaient pas en salle de conduite d'indicateur de la position réelle de la vanne, mais seulement d'un voyant indiquant que l'ordre de fermeture avait été envoyé. Ils ne savaient donc pas si la fermeture avait réellement été réalisée.

Le dénoyage partiel du cœur qui en résulte entraînera sa fusion partielle. Après rétablissement d'un refroidissement stable du cœur, la situation put finalement être maîtrisée seize heures après le début de l'accident au cours duquel près de la moitié du cœur a fondu et environ vingt tonnes de matériaux en fusion ont atteint le fond de la cuve du réacteur, heureusement sans la percer (cf. figure 2).

CONSÉQUENCES DE L'ACCIDENT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES PERSONNES

Malgré la fusion partielle du cœur du réacteur et l'important relâchement de produits radioactifs dans l'enceinte de confinement, les rejets dans l'environnement ont été faibles, l'enceinte ayant rempli son rôle.

De nombreuses études ont montré que l'accident n'a pas eu de conséquences sanitaires pour les personnes du public et n'a pas eu d'impact significatif sur l'environnement.

ENSEIGNEMENTS POUR LA SÛRETÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES EN FRANCE

L'accident n'a pas remis en cause la conception globale des réacteurs, l'application du concept de défense en profondeur (cf. figure 3) imposant notamment un confinement résistant qui a protégé les populations et le personnel de la centrale de TMI.

Indépendamment des recherches menées sur les accidents, les réflexions ont porté sur trois sujets : la place de l'humain dans la conduite des installations, l'expérience tirée de l'exploitation des centrales nucléaires et la gestion des situations d'urgence.

LA PLACE DE L'HUMAIN DANS LA CONDUITE DES INSTALLATIONS

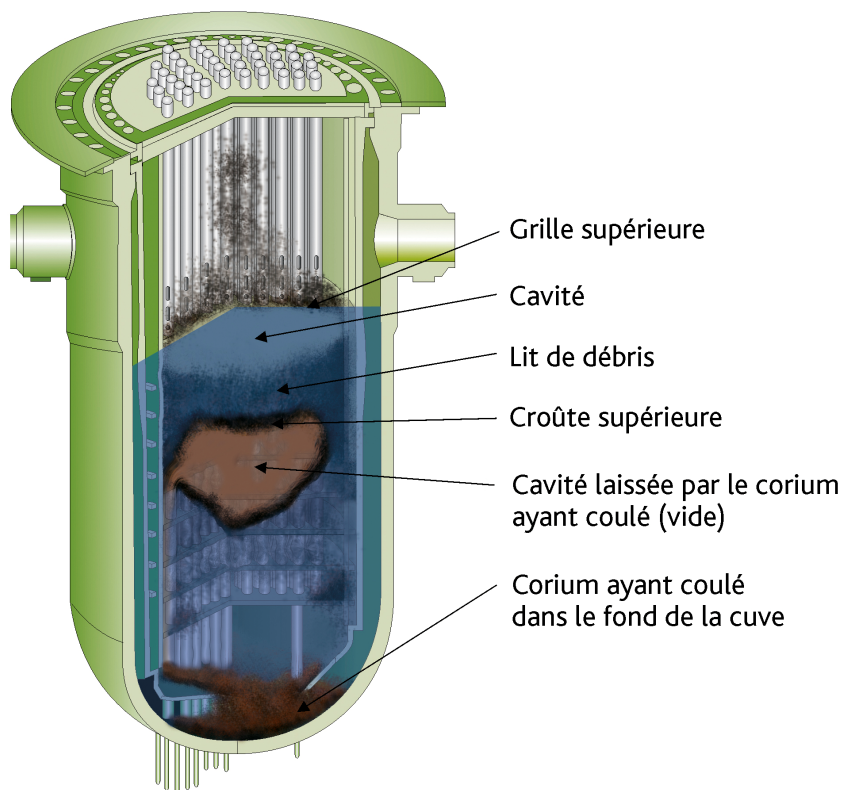
Avant l'accident, les analyses de sûreté examinaient principalement la

fiabilité des composants du réacteur nécessaires à la sûreté. L'accident a mis en exergue le fait, connu mais peu étudié, que l'humain est un maillon essentiel de la sûreté.

L'amélioration des conditions d'exploitation s'est traduite par une formation initiale et des recyclages renforcés des opérateurs, avec l'utilisation systématique de simulateurs.

L'inadéquation des procédures disponibles ayant été flagrante lors de l'accident de TMI, les procédures et consignes des réacteurs français ont été réexaminées et une nouvelle approche de la conduite accidentelle a été mise en place : « l'approche par états ». Les procédures ne sont ainsi plus fondées sur la compréhension par l'opérateur de la succession d'évènements qu'a subie le réacteur (approche événementielle), mais sur son état effectif à un instant donné, caractérisé par des données physiques.

Par ailleurs, le principe de procédures dites hors dimensionnement (procédures H) et ultimes (procédures U) a été retenu à partir de 1981 : elles visent à prévenir la fusion du cœur (en cas de perte de la source froide, de perte des alimentations électriques...) et à limiter les relâchements de produits radioactifs hors de l'enceinte de confinement, si une telle fusion survenait.



État final du cœur - © IRSN



Niveau	Objectif	Principales mesures	État de l'installation
1	Prévention des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes	Conception prudente, avec des « marges », et qualité de construction et d'exploitation	Fonctionnement normal
2	Détection et maîtrise des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes	Systèmes et procédures pour revenir à un fonctionnement normal	Anomalies de fonctionnement ou défaillances
3	Maîtrise des accidents	Systèmes et procédures pour éviter la fusion du cœur	Accidents sans fusion du cœur
4	Maîtrise des accidents de fusion de cœur	Systèmes et procédures pour limiter les rejets	Accidents
5	Limitation des conséquences radiologiques en cas de rejet de substances radioactives	Organisation et actions pour protéger les personnes et l'environnement	Accidents

Niveaux de la défense en profondeur - © IRSN

Les insuffisances en termes d'indications et de hiérarchisation des alarmes ont conduit à modifier les salles de conduite des réacteurs. De plus, les informations essentielles ont été doublées sur un panneau de sûreté.

L'IMPORTANCE DES ÉVÈNEMENTS PRÉCURSEURS

Un autre enseignement important concerne la gestion du retour d'expérience du fonctionnement des centrales nucléaires. Un incident précurseur semblable avait eu lieu en 1977 dans un réacteur américain du même type (Davis Besse), sans dommage pour le réacteur ; les opérateurs avaient commis la même erreur d'analyse. Un incident précurseur similaire avait également affecté le réacteur suisse de Beznau en 1974.

Depuis l'accident, la détection des événements précurseurs, susceptibles de conduire à un accident, est devenue une préoccupation importante des exploitants et des organismes de sûreté nucléaire.

LE TRAITEMENT DES SITUATIONS D'URGENCE

L'accident a montré que les opérateurs, les responsables de la centrale et les autorités chargées de la protection des populations n'étaient pas suffisamment préparés pour un accident de fusion de cœur.

C'est au début des années 1980 que les plans d'urgence spécifiques aux installations nucléaires ont été mis en

place en France. Des Plans d'urgence internes (PUI) ont été développés par les exploitants pour maîtriser autant que possible les accidents et en limiter les conséquences. Les pouvoirs publics ont établi des Plans particuliers d'intervention (PPI) répondant à l'objectif général de protection des populations en cas d'accident nucléaire ainsi qu'un « plan national de réponse » en cas d'accident majeur.

D'autres améliorations techniques découlent du retour d'expérience de l'accident, notamment :

- ▶ la mise en place de vannes de décharge du pressuriseur qualifiées pour permettre leur ouverture et également leur fermeture en présence d'un mélange d'eau et de vapeur d'eau ;
- ▶ la mise en place d'un système d'éventage de l'enceinte de confinement équipé d'un filtre à sable (dispositif U5) ;
- ▶ l'implantation de recombineurs d'hydrogène dans l'enceinte de confinement pour maîtriser les risques d'explosion résultant de l'oxydation des gaines de combustible en cas d'accident.

LA SÛRETÉ QUARANTE ANS APRÈS TMI : UNE DYNAMIQUE D'AMÉLIORATION PERMANENTE

L'accident a été riche d'enseignements, pour la plupart confortés par ceux de l'accident de Fukushima en 2011 : importance de la défense en profondeur, des facteurs humains et des procédures de conduite et rôle essentiel de

l'enceinte de confinement, barrière ultime entre les substances radioactives et l'environnement.

Quarante ans après TMI, la démarche de sûreté a évolué, apprenant des connaissances issues de la recherche, de l'exploitation des installations et de l'étude des accidents. TMI a conduit à une remise en question, qui a refondé la démarche sans remettre en cause les principes fondateurs, notamment la défense en profondeur et la culture de sûreté. De nombreuses évolutions, à la fois des installations et des pratiques de sûreté, ont permis de renforcer la sûreté.

Il convient cependant de garder à l'esprit que la sûreté n'est jamais définitivement acquise, que l'accident est toujours possible et que tous les acteurs de la sûreté doivent maintenir un haut niveau de vigilance pour limiter autant que possible l'occurrence d'un accident.

Dans ce cadre, l'IRSN est dans une dynamique permanente d'évolution pour faire avancer la sûreté, en veillant à une expertise proportionnée aux enjeux, ouverte à la société et s'appuyant sur le retour d'expérience et la recherche

Référence : Les accidents de fusion de cœur des réacteurs nucléaires de puissance, États des connaissances - IRSN - EDP Sciences - Didier Jacquemain, coordinateur - ISBN : 978-2-7598-0972-1