

L'ACCIDENT DE THREE MILE ISLAND (TMI-2)

1. INTRODUCTION

L'accident nucléaire survenu le 28 mars 1979 dans l'un des deux réacteurs de la centrale américaine de Three Mile Island (TMI-2), près de Harrisburg en Pennsylvanie (USA), fait partie avec Tchernobyl et Fukushima des trois accidents majeurs ayant touché des réacteurs électronucléaires de puissance.

Sa particularité est d'avoir concerné la filière des réacteurs qui a été généralisée en France, les réacteurs à eau pressurisé (REP – ou PWR en anglais).

Le compte rendu précis de cet accident était donc susceptible d'apporter à cette époque des enseignements précieux sur la sûreté de ce type de réacteur.

Cet accident fut donc particulièrement analysé en France par plusieurs organismes :

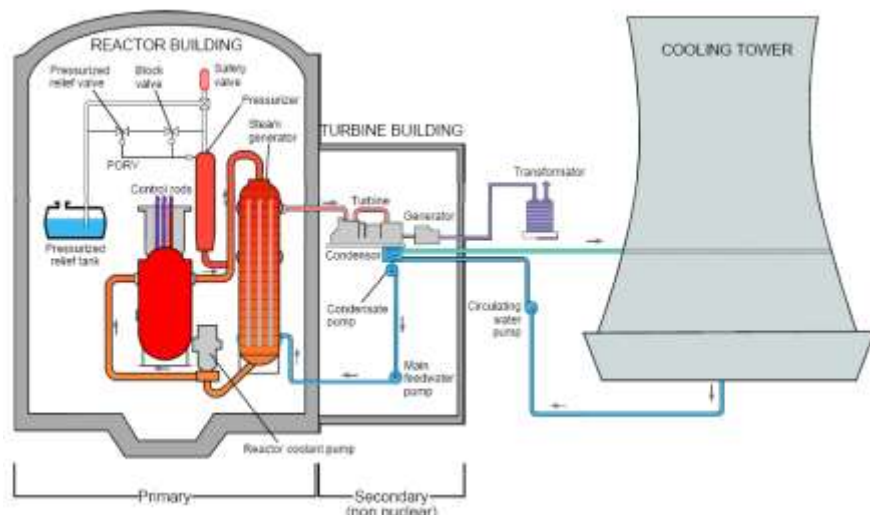
- au CEA, par l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) (devenu aujourd'hui l'IRSN) et dirigé alors par P. Tanguy
- au Ministère de l'Industrie par le Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires (SCSIN) devenu aujourd'hui l'ASN (Autorité de Sécurité Nucléaire)
- par l'Académie des sciences
- et bien évidemment, par l'exploitant nucléaire français : EDF.

2. PRÉSENTATION DU RÉACTEUR

TMI-2 est la deuxième tranche d'une puissance de 820 MWe de la centrale de Three Mile Island, réalisée sur une île de la Susquehanna River, à 15 km d'Harrisburg (90 000 habitants), la capitale de l'état de Pennsylvanie, au milieu d'une zone urbanisée de 500 000 personnes.

L'accident survient un an environ après sa connexion au réseau en avril 1978 et quelques mois après sa mise en service commercial le 30 décembre 1978. Dans le détail, il existait une petite différence entre le réacteur accidenté de conception Babcock et Wilcox et les réacteurs construits en France sous licence Westinghouse. Les circuits de refroidissement du primaire sont pour ces derniers au nombre de trois, au lieu de deux pour TMI -2, et les tubes des générateurs de vapeur sont en forme de U au lieu d'être rectilignes, ce qui peut permettre de retarder d'une dizaine de minutes un éventuel assèchement. Ces détails n'ont pas eu d'influence déterminante sur le déroulement de la séquence accidentelle.

Schéma du réacteur



3. LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

Alors que du personnel effectuait des travaux de maintenance sur le circuit secondaire, il se produit un incident mineur d'exploitation : l'arrêt de l'alimentation en eau, au secondaire des générateurs de vapeur, ce qui entraîne automatiquement le démarrage des pompes d'alimentation de secours.

Le transitoire de pression et de température généré par ce basculement a été immédiatement corrigé par les automatismes, qui d'une part ouvrent la vanne de décharge du pressuriseur pour faire chuter la pression, et d'autre part font tomber les barres de sécurité pour réduire la puissance – donc la température – en arrêtant le réacteur.

Ces deux actions correctrices ont parfaitement fonctionné.

En une dizaine de secondes, la pression est revenue à sa valeur nominale et les automatismes ont donné l'ordre de refermer la vanne de décharge du pressuriseur, et l'opérateur en salle de contrôle reçoit cette information, qui va s'avérer erronée.

A ce moment, il reste à évacuer la puissance résiduelle, soit 4 % de la puissance thermique, 30 secondes après l'arrêt, puis 1 % (soit 30 MW) 2 heures après l'arrêt.

La chaleur liée à cette puissance résiduelle doit s'évacuer normalement par les générateurs de vapeur, la circulation du fluide primaire étant assurée par les pompes ou naturellement par thermosiphon.

Le circuit primaire va perdre l'eau qui s'échappe par la vanne de décharge du pressuriseur, qui ne s'est en fait pas refermée.

La pression baisse et, à un seuil déterminé, les automatismes enclenchent le système d'injection de secours, opération tout à fait adéquate.

Mais l'opérateur doit, en fonctionnement normal, veiller à conserver une bulle de vapeur en haut du pressuriseur afin de réguler la pression et empêcher de rigidifier l'ensemble du circuit primaire. En effet, si ce matelas disparaît, l'eau étant incompressible, tout transitoire de pression va se répercuter brutalement sur l'enveloppe du circuit primaire. Il est donc très attentif sur ce point.

Or l'indication de niveau du pressuriseur se trouve perturbée par un mélange eau vapeur, il n'y a plus de séparation nette liquide-vapeur, l'opérateur va donc penser que le pressuriseur a trop d'eau, il arrête donc l'injection de secours et l'eau du circuit primaire non remplacée se vide.

Si H est l'heure de l'ordre non exécuté de fermeture de la vanne, à H + 6 min, les conditions d'ébullition du fluide primaire sont atteintes.

L'extraction de la chaleur par les générateurs de vapeur est entravée par l'oubli de vannes en position fermée quelques jours auparavant pour des raisons de maintenance, bien que les procédures indiquent que l'opérateur doit vérifier qu'elles sont bien laissées en position ouverte en fin d'opération.

On va donc se trouver dans la situation suivante :

Un circuit primaire qui s'échauffe et se vide, et un secondaire qui n'évacue pas la chaleur résiduelle : on se dirige rapidement vers l'accident. A H + 15 min, les disques de rupture du circuit primaire cèdent, ce qui entraîne la mise en communication du circuit primaire avec l'atmosphère de l'enclencheur.

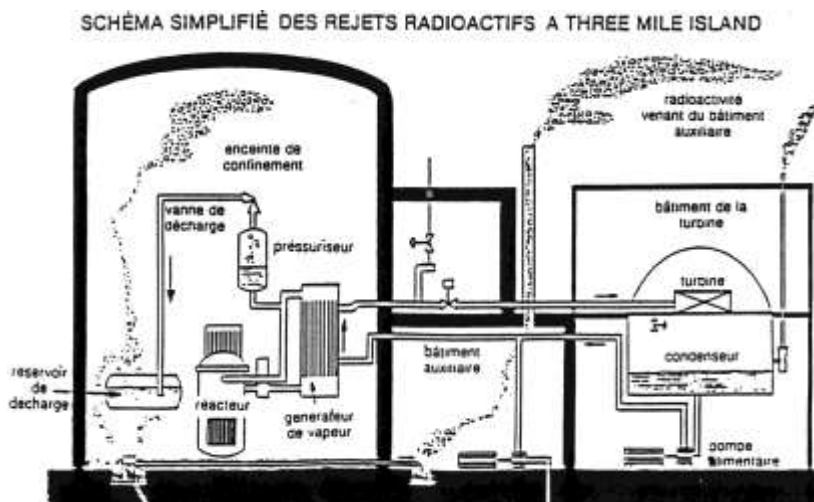
Comme le circuit primaire véhicule un mélange eau-vapeur qui les fait caviter, à H + 30 min puis H + 40 min l'opérateur va arrêter successivement les deux pompes de circulation du circuit primaire, s'en remettant au phénomène de thermosiphon, qui s'avère inopérant car la vapeur s'est accumulée dans les points hauts, et l'eau dans les points bas.

Le niveau baissant dans la cuve, le cœur se trouve rapidement dénoyé, faisant fondre les gaines en zirconium, ce qui entraîne, par réaction avec l'eau, la production d'hydrogène.

L'opérateur se rendra compte, trop tard, de la fuite du pressuriseur qu'il va finir par traiter, puis il reprendra à H + 3h30 l'injection d'eau dans le circuit primaire, opération rendue difficile par la présence, dans le circuit, de gaz incondensables, essentiellement de l'hydrogène.

Vers H + 4h le cœur peut être considéré comme correctement refroidi, mais le tiers du combustible a fondu, l'activité du circuit primaire est très importante ($800\,000\text{ Ci/m}^3$ [40 PBq/m^3] contre 1 Ci/m^3 en fonctionnement normal),

$2\,400\text{ m}^3$ sont au fond de l'enceinte étanche, qui a conservé son intégrité en jouant parfaitement son rôle de troisième barrière, des produits radioactifs gazeux sont toutefois passés dans les bâtiments auxiliaires avant que le circuit primaire ne soit isolé (à H + 4h), et une fraction de ceux-ci est rejetée à l'extérieur par les circuits de ventilation.



4. LA GESTION DE LA CRISE

La situation d'urgence est déclarée à H + 3h20.

La présence d'une bulle d'hydrogène au sommet de la cuve a fait craindre un risque d'explosion, d'où une certaine confusion entre l'exploitant, la NRC [Autorité de Sûreté Américaine] et les autorités politiques, avant que la NRC, cinq jours plus tard, admette qu'il ne pouvait y avoir explosion (milieu réducteur et absence d'oxygène).

Cette situation de panique a été aggravée par des transferts d'effluents radioactifs pour libérer des réservoirs de stockage, ce qui a donné lieu à des rejets à la cheminée, certes faibles, mais la cacophonie des informations a engendré la frayeur des populations et entraîné une évacuation non fondée.

Au total, c'est près de 200 000 personnes qui ont abandonné provisoirement leur domicile. Les médias en ont largement rendu compte à l'époque, au plan national et international.

« Sitôt l'accident connu, la centrale a été sous le feu des médias et a subi sans préparation une invasion de journalistes sans précédent dans cette industrie. Des échanges téléphoniques entre la NRC et la centrale ont été rendus publics alors même que les experts de part et d'autre « pataugeaient » encore. Les informations contradictoires émanant de la presse, du bureau du Gouverneur et de la NRC ont stressé le public. On a appris alors qu'il ne suffisait pas de gérer l'accident « techniquement », mais qu'il fallait être prêt à en gérer la communication » [3].

Ce retour d'expérience a entraîné en France la réalisation régulière d'exercices de crise mettant en jeu tous les acteurs : exploitants, autorité de sûreté, autorités de sécurité et de protection civile, autorités politiques, et médias, afin que des décisions, parfois lourdes de conséquences (évacuation, par exemple) puissent être prises dans des conditions optimales de pertinence, et de pouvoir donner au public une information fiable et compréhensible dans laquelle il puisse avoir confiance.

5. LE BILAN

Les rejets essentiellement atmosphériques ont été très faibles, les exploitants de la centrale comme les populations ont été peu exposés.

Compte tenu des niveaux d'exposition des populations et des exploitants, la Commission d'enquête [2] a chiffré les risques de mortalité par cancer.

Ces estimations sont représentées par une loi de Poisson :

- il y a 53 % de chance pour qu'il n'y ait aucun cas de surmortalité
- il y a 35 % de risque qu'il y ait 1 mort par cancer
- il y a 12 % de risque pour qu'il y ait 2 morts
- il y a quasi-certitude pour que la surmortalité ne puisse excéder 5 cas

Or, sur les 2 millions de personnes vivant dans les 50 miles (80 km) autour de TMI, on sait que statistiquement 325 000 mourront d'un cancer, indépendamment de l'accident nucléaire : il ne sera donc jamais possible de mettre en évidence ces quelques cas, s'ils devaient exister.

Par contre, les conséquences du stress des populations, avec les accidents (notamment de la route) générés par l'évacuation, représentent certainement le détriment sanitaire majeur.

6. LA SITUATION ACTUELLE

TMI-2 a été décontaminé, le combustible évacué, le circuit primaire nettoyé, les effluents liquides traités par évaporation. Depuis 1993, le réacteur est placé en situation de surveillance et le démantèlement pourrait intervenir dans les décennies à venir.

Sur le site, le second réacteur (TMI-1) a redémarré en 1985 et fonctionne encore à ce jour dans de très bonnes conditions.

7. LE RETOUR D'EXPÉRIENCE (REX)

Analyse synthétique des causes de l'accident et des contre-mesures prises

- l'opérateur n'a pas reçu l'information que la vanne du pressuriseur était restée ouverte
- l'opérateur ne savait pas qu'en conditions anormales, l'indication du niveau d'eau du pressuriseur pouvait être erronée, indication qui se trouvait par ailleurs dans un local annexe à la salle de contrôle, d'où une action fatale : l'arrêt de l'injection d'eau dans le circuit primaire

Les causes secondaires qui ont aggravé la situation

- la position anormalement fermée des vannes d'injection d'eau au secondaire des générateurs de vapeur, ce qui a freiné l'évacuation de la chaleur résiduelle
- l'arrêt des pompes de circulation du primaire pour refroidir par thermosiphon, phénomène qui s'est avéré inopérant

Le REX au niveau mondial

Le retour d'expérience pour les réacteurs PWR qui sont prépondérants dans le parc mondial (près de 60% des réacteurs de puissance) a été considérable, mais il a aussi apporté des enseignements précieux pour la sûreté des autres réacteurs, en particulier les autres réacteurs à eau, tels les réacteurs à eau bouillante (BWR) qui représentent 21 % du parc mondial de 436 réacteurs.

On peut citer :

- le constat d'exécution d'un ordre envoyé doit parvenir à l'opérateur
- la formation du personnel à des conditions exceptionnelles hors dimensionnement
- l'ergonomie de la salle de commande, avec une synthèse de certaines alarmes afin que l'exploitant ne soit pas noyé sous une avalanche d'alarmes
- la présence de recombineurs d'hydrogène (qui équipent toutes les centrales françaises)
- l'importance de travailler en qualité, afin d'éviter que des vannes devant être ouvertes ne puissent se trouver en mauvaise position à la suite d'une opération de maintenance
- enfin, la gestion de crise pour éviter des réactions de paniques des populations, y compris l'existence de correspondants avec les médias

L'impact sur les centrales françaises

180 thèmes d'études regroupés en 46 actions ont constitué le plan d'action post TMI présenté par EDF à l'Autorité de sûreté, dont 11 thèmes principaux ; parmi ces thèmes on peut citer celui concernant la salle de commande avec l'information sur l'état physique des vannes, le regroupement de toutes les commandes liées fonctionnellement, l'adjonction d'un panneau de sécurité qui regroupe d'une manière synthétique les paramètres importants en situation accidentelle.

Enfin, pour prévenir l'erreur humaine, il est créé un Ingénieur de sûreté et de radioprotection (ISR) afin de disposer d'une redondance humaine en permanence dans chaque centrale française.

Il est appelé en salle de contrôle en cas de transitoire important ou en cas d'évènement anormal.

Tant que la conduite reste dans le cadre des procédures dites événementielles, elle reste sous la responsabilité du chef de quart assisté de l'ISR.

Lorsque les circonstances imposent une sortie du cadre des procédures de routine, la mesure des paramètres physiques et leur évolution doit permettre aux opérateurs, en fonction de ces états thermodynamiques, de prendre les mesures nécessaires pour évacuer la puissance résiduelle ; l'ISR prend alors la responsabilité des actions menées.

Le maintien de l'intégrité du fond de cuve a constitué une ligne de défense essentielle dans l'accident de TMI-2 mais une rupture aurait pu se produire dans des conditions de température et de pression plus élevées. L'injection d'eau de refroidissement joue un rôle essentiel pour limiter ces paramètres.

Des fonds refroidis aptes à recevoir le corium ont été conçus pour les réacteurs EPR de 3ème génération. La cuve est une excellente barrière de confinement, même en présence de corium.

L'enceinte de confinement a parfaitement joué son rôle. La double enceinte qui commençait à cette époque à équiper les réacteurs du palier P4 (1300 MW) s'est avérée particulièrement justifiée.

Pour l'EPR, à la lumière des événements terroristes du 11 septembre 2011, cette double enceinte est destinée à découpler les agressions internes et externes et permet de vérifier facilement l'étanchéité de leur peau métallique.

8. RÉFÉRENCES

- [1] La sûreté nucléaire en France et dans le monde.
J. Bourgeois, P. Tanguy, F. Cogné et J. Petit, Polytechnica, 1996.
- [2] Le rapport de la commission d'enquête diligentée par le Président des Etats-Unis
Report of the President's Commission on the accident at Three Mile Island, The Need For Change, The Legacy Of TMI; Chairman: John. G. Kemeny (Darmouth College) Octobre 1979 Washington.DC.
- [3] L'accident de TMI : un accident riche d'enseignements ! B. Barré, SFEN/GR21, Février 2009.