

Les 14 failles des centrales atomiques

On eût qualifié « d'hautelement improbable » le fait qu'une rupture de boulon pût entraîner l'écrasement d'un DC-10. Concernant les centrales nucléaires, on sait, là aussi, ce « qu'improbable » veut dire. Aussi le catalogue (dressé par la Commission américaine) des 133 tares, dont 14 défauts majeurs, affectant toutes les centrales atomiques, a-t-il des chances d'être pris au sérieux. La sécurité ne connaît pas l'improbable.

Deux mois exactement avant que ne survienne l'accident de Three Mile Island, la Commission de Réglementation nucléaire américaine, la NRC (1), remettait au Congrès des Etats-Unis un rapport d'une centaine de pages. Son titre (2) : « Identification des problèmes de sécurité non résolus dans les centrales nucléaires ». Son but : définir avec précision les défauts de construction, de fonctionnement, d'organisation d'une centrale, qui présentent, encore aujourd'hui, un risque potentiel important pour la population.

Depuis décembre 1977, la loi américaine fait obligation à la Commission de Réglementation Nucléaire, de cataloguer toutes les imperfections des centrales, de mettre sur pied un plan pour y remédier, et d'en faire part au Congrès. Il en a résulté une longue liste de 133 « tares », plus ou moins graves, qu'il est indispensable de corriger. Parmi elles, 17 ont été jugées prioritaires, justement parce qu'elle représentaient une menace réelle pour les populations. Sur ces 17 défauts graves, 3 au moins ont été à l'origine de l'accident de Three Mile Island.

Examinons donc ces 17 imperfections qui inquiètent la NRC. Quatorze d'entre elles affectent tous les types de réacteurs (PWR ou BWR : Boiling Water Reactor) et trois sont spécifiques aux centrales BWR, centrales semblables à celle

de Three Mile Island et que l'on ne construit pas en France.

● **1^{er} défaut : les coups de pression qui font éclater les tuyaux.** La première et l'une des plus importantes de ces tares est ce que les Américains ont baptisé le « Water Hammer », ou marteau à eau. Il s'agit en fait de variations de pressions très intenses qui apparaissent dans les fluides en mouvement dans le réacteur. Ces « coups de marteau » peuvent se produire aussi bien dans les tuyaux qui alimentent le générateur de vapeur, que dans ceux qui servent à extraire la chaleur résiduelle, ou ceux encore qui sont employés pour refroidir le cœur du réacteur en cas d'urgence. On pense que ces variations de pression auxquelles n'est guère habituée la tuyauterie (3) sont dues à différentes causes : condensation très rapide des bulles de vapeur qui, lorsqu'elles éclatent, entraîne des variations de la pression dans le fluide, jets d'eau poussés par la vapeur, démarrage ou fermeture des pompes sur des tuyaux à moitié vides, fonctionnement trop rapide des valves, etc. Depuis 1971, on a recensé aux Etats-Unis plus de 100 incidents résultant de ces variations de pression très intenses. La plupart du temps, les dommages furent mineurs ; mais parfois les tuyaux n'ont pas résisté. Et la NRC craint qu'un incident grave de ce type se produise soit dans le système principal, soit dans le système de secours de refroidissement du réacteur. Une

(1) NRC : Nuclear Regulatory Commission.

(2) Identification of unsolved safety issues relating to nuclear power plants — référence NUREG-0510.

(3) Voir Science et Vie n° 740, mai 1979, p. 98, Un cauchemar de plomberie : la tuyauterie nucléaire.

série de modifications destinées à empêcher qu'un incident de ce type tourne à la catastrophe a été entreprise aux Etats-Unis ; mais elle ne sera probablement pas achevée avant la fin de l'année prochaine. Le « water hammer », explique Dale Bridenbaugh, consultant en ingénierie nucléaire, est principalement une tare des réacteurs PWR, car remplis d'eau sous pression, circulant en circuit fermé, ils n'ont pas de coussins de vapeur leur permettant d'absorber les variations de pression ».

● **2^e défaut : des enceintes qui ne supportent pas des pressions dissymétriques.** Le numéro deux sur la liste de la NRC concerne tous les types de réacteurs. Il s'agit d'un défaut dont on a pris conscience en mai 1975 seulement, lorsqu'un incident grave s'est produit dans les centrales PWR North Arma 1 et 2 en Virginie. Imaginons qu'un tuyau se rompe quelque part dans le système primaire de refroidissement d'une centrale. Toute l'eau (ou la vapeur, s'il s'agit d'une BWR) va tenter de s'engouffrer par la fissure engendrant du même coup une pression formidable en un point précis du premier mur de béton entourant le réacteur. Cet accroissement de pression du côté de la fissure va s'accompagner d'une diminution de la pression sur le support opposé du réacteur. Résultat : tout le réacteur peut se déformer et ses supports risquent de ne pas résister à une telle distribution asymétrique de la pression (4). Les constructeurs de centrales (Westinghouse, Combustion Engineering, Babcock et Wilcox) ont jugé que la probabilité d'un tel accident était tellement faible qu'il n'était vraiment pas nécessaire d'en tenir compte. La NRC a tenu bon, et en principe, depuis peu, les modifications sont en cours dans toutes les centrales afin d'éviter qu'un accident ne se produise à cause d'une distribution irrégulière de la pression sur l'enceinte du réacteur.

● **3^e défaut : des tubes de générateur soumis à la corrosion.** Le troisième point faible d'une centrale, c'est son générateur de vapeur. C'est d'ailleurs là qu'une pompe s'est fermée à Three Mile Island. La NRC considère que cette partie du réacteur est tout aussi fragile dans les centrales PWR. Le générateur de vapeur d'une centrale Westinghouse est formé d'une multitude de petits tubes en forme de U inversé à travers lesquels circulent l'eau fortement radioactive du circuit primaire. Cette eau, à 300 °C sous pression, va céder sa chaleur à l'eau contenue dans le générateur de vapeur, cette dernière se mettra à bouillir et la vapeur créée entraînera la turbine d'un alternateur. Seulement, la corrosion est très intense dans cette partie de la centrale ; et les tubes qui traversent le générateur ont tendance à s'amenuiser sous l'effet de la vapeur. Westinghouse et Combustion Engineering ont été obligés de traiter l'eau du circuit

secondaire pour éviter une corrosion trop rapide. Mais depuis peu, on s'est aperçu qu'une autre forme de corrosion, pernicieuse, apparaissait sur les tubes en U inversé, à l'endroit exact où ils traversent les plaques de soutien : des produits de corrosion s'installent tout autour du tube, bosselant ce dernier, réduisant son diamètre et déformant la plaque de soutien. Résultat : des fuites apparaissent et de l'eau radioactive s'échappe du circuit primaire vers le circuit secondaire. Dans le pire des cas, la déformation de la plaque de soutien peut entraîner la rupture de plusieurs de ces tubes en U inversé, donc une perte du liquide de refroidissement du circuit primaire, qui conduit, comme on le sait, tout droit à la catastrophe. Depuis le mois de juin 1977, la NRC a constaté ce phénomène de bosselures des tubes à l'intérieur du générateur dans 6 réacteurs en fonctionnement aux Etats-Unis : le réacteur n° 2 de la centrale d'Indian Point (Etat de New York), le réacteur n° 1 de la centrale de San Onofre (Californie), les réacteurs nos 1 et 2 de la centrale de Surry (Virginie), les réacteurs nos 3 et 4 de la centrale de Turbey (Floride). Tous ont été construits par Westinghouse. Cette dernière d'ailleurs envisage le remplacement pur et simple des générateurs de vapeur dans 4 de ces 6 réacteurs, ce qui évidemment ne contribue guère à rendre compétitive l'énergie produite. A Indian Point et à San Onofre, les plaques de soutien se sont également fendues. Dès juillet 1976, la NRC avait constaté des fuites dans 14 tubes du générateur de vapeur des réacteurs de la centrale de Oconee (Caroline du Sud) qui est de même type que celle de Three Mile Island. Aujourd'hui, aucun des programmes mis en chantier par la NRC et imposés aux constructeurs pour tenter de remédier à ces défauts des générateurs de vapeur, n'est terminé. Les premiers le seront peut-être l'année prochaine ; en attendant les centrales nucléaires continuent de fonctionner.

● **4^e défaut : l'insuffisante probabilité de pouvoir stopper à coup sûr un réacteur.** Lorsqu'un incident grave se produit, le premier acte des opérateurs est d'arrêter la réaction nucléaire en laissant tomber dans le cœur du réacteur les barres de contrôle. Seulement que se passe-t-il si ces barres de contrôle refusent de tomber ? Cette éventualité, jugée tout à fait improbable par les constructeurs et les exploitants de centrales nucléaires, constitue la quatrième préoccupation de la NRC : ils l'ont baptisée « incidents prévisibles sans déclenchement » (Anticipated Transients Without Scram ou tout simplement ATWS). Durant plusieurs années, de 1973 à aujourd'hui, l'industrie, au dire même de la NRC, a refusé de considérer cet accident comme probable et donc refusé d'entraîner le personnel des centrales à y faire face. L'attitude de la NRC est trop conservatrice, ont prétendu les industriels américains, et il serait trop coûteux de modifier les programmes d'entraînement des personnels. La NRC néanmoins, a tenu bon.

(4) La NRC appelle ce type de défaut : *Asymmetric Blowdown Loads on Reactor Codant System.*

« En tenant compte, explique-t-elle dans son rapport au Congrès, de la fréquence des incidents dans les centrales, la fiabilité des systèmes d'arrêt des réacteurs n'est pas suffisante. » En principe, une série de mesures destinées à améliorer les probabilités d'arrêt d'un réacteur en cas d'urgence, doivent être entreprises par la NRC dans le courant de cette année.

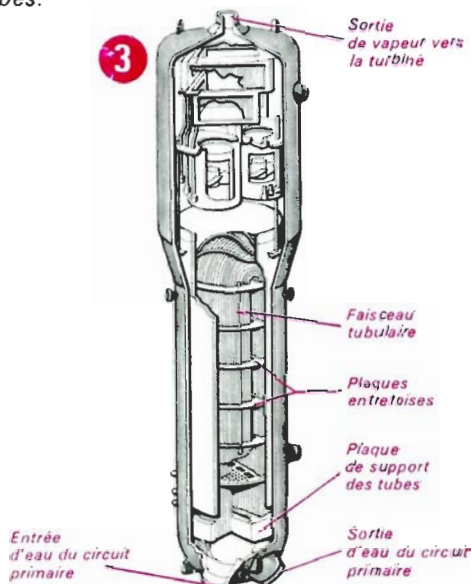
● **5° défaut : des enceintes d'acier dégradées par l'irradiation.** Le cinquième accusé aux yeux de la NRC, c'est le matériau même dont est fait l'enceinte du réacteur. Cette enceinte — en acier — doit être suffisamment résistante à la cassure. Or, cette résistance varie avec la température, la pression et l'irradiation neutronique. Les centrales doivent donc fonctionner, durant les mises en service et les arrêts, dans des conditions de température et de pression telles, qu'une malencontreuse combinaison de ces deux paramètres, n'entraîne pas une cassure brutale de l'enceinte du réacteur si par hasard il existait une paille dans l'acier. Durant la vie d'une centrale, l'accroissement de l'irradiation à laquelle est soumise l'enceinte, oblige à continuellement mettre à jour les valeurs de la température et de la pression à éviter. Or, la NRC s'est aperçue que 20 réacteurs PWR américains parmi les premiers construits, avaient été fabriqués avec des aciers dont la résistance à la cassure devenait faible après une courte période de fonctionnement. La Commission est donc en train d'étudier la dégradation de ces aciers et donnera ses conclusions dans le courant de cette année.

● **6° défaut : des supports d'acier insuffisamment résistants.** La résistance des matériaux constituant les supports sur lesquels reposent le générateur de vapeur et les pompes du liquide de refroidissement, constitue le sixième point faible des centrales nucléaires PWR. « Bien sûr, constate la NRC, ces supports faits d'acier, sont prévus pour résister aux graves accidents, mais leur résistance à la cassure et à l'effort tranchant n'est pas suffisamment élevée pour garantir qu'ils pourront faire face à tous les types d'accidents. Et la rupture d'un de ces supports diminuerait considérablement l'efficacité des systèmes de sécurité. » Imaginons, poursuit le rapport, une large brèche dans le circuit primaire ; le liquide de refroidissement s'engouffrerait par la brèche, les supports seraient soumis à des charges inhabituelles et pourraient se tordre entraînant un déplacement du générateur de vapeur qui aurait pour conséquence de réduire considérablement l'efficacité du système de refroidissement de secours. A l'heure actuelle, la NRC continue d'accorder des autorisations de fonctionnement aux centrales PWR, bien qu'elle considère que les supports des générateurs de vapeur et de pompes de refroidissement soient loin d'être parfaits. « Parce que, explique-t-elle, la probabilité d'un accident de ce type est très faible. » A Harrisburg aussi l'enchaînement de défaillances techniques et hu-

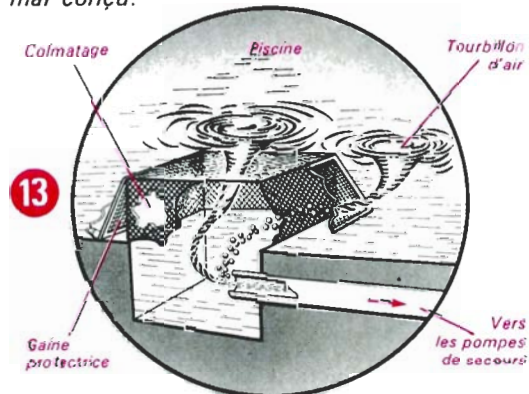
(suite du texte page 82)

LA LISTE NOIRE DE LA N.R.C.,

1. Tuyauterie : les « coups de bélier ».
2. Mur de béton du réacteur : le danger d'une dissymétrie de pression.
3. Générateur de vapeur : la corrosion des tubes.

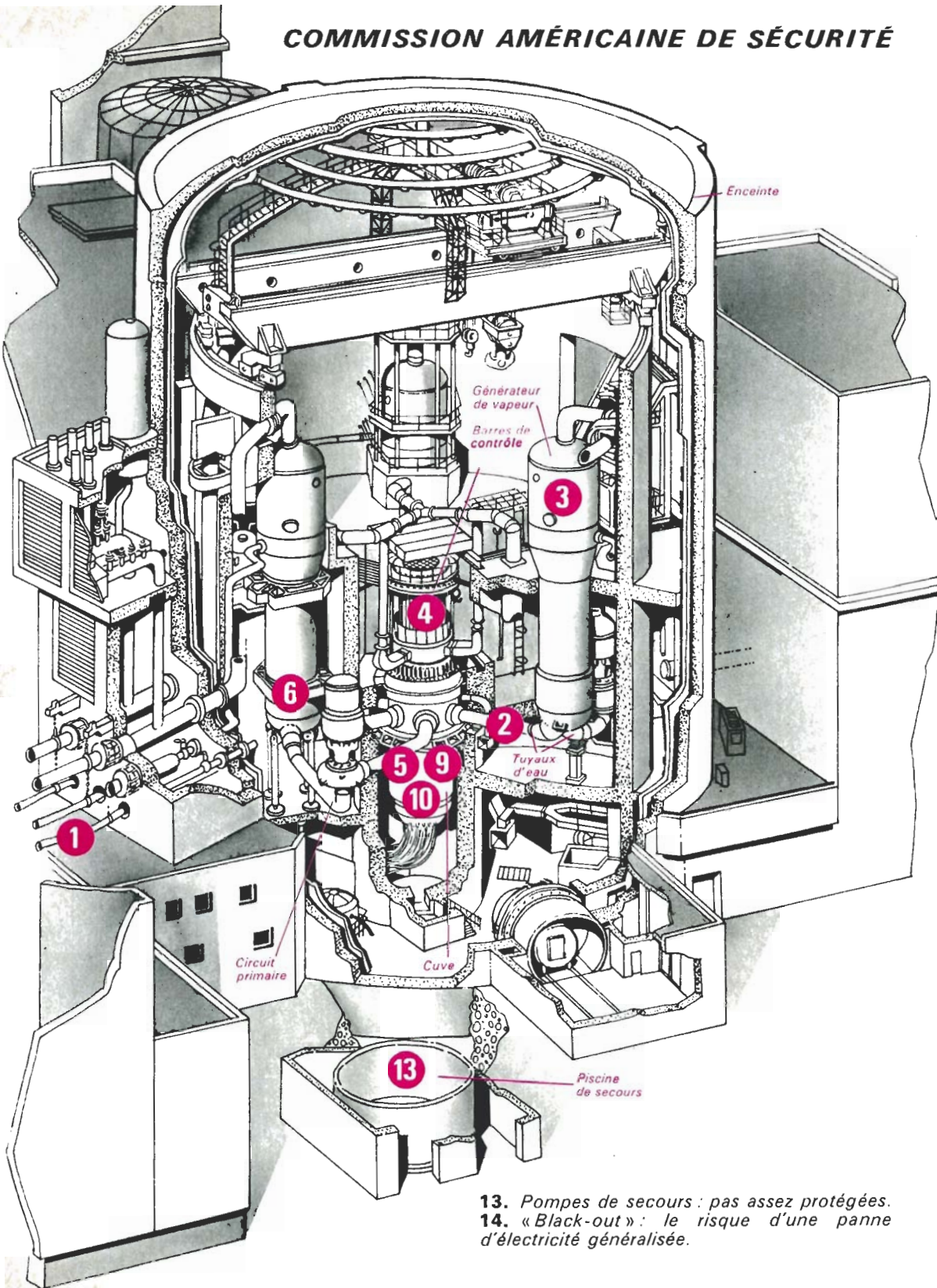


4. Barres de contrôle : si elles ne tombaient pas.
5. Enceinte du réacteur : l'acier irradié se dégrade.
6. Supports d'acier du générateur et des pompes de refroidissement : pas assez résistants.
7. Équipes humaines : des interventions contradictoires.
8. Instruments de mesure : inutilisables en cas d'accident.
9. Fausses manœuvres : des procédures de sécurité insuffisantes.
10. Système de refroidissement de secours : mal conçu.



11. Manipulations des combustibles usés : trop de risques.
12. Normes antisismiques : pas respectées.

COMMISSION AMÉRICAINE DE SÉCURITÉ



13. Pompes de secours : pas assez protégées.
14. « Black-out » : le risque d'une panne d'électricité généralisée.

maines qui ont conduit à l'accident le plus grave de l'histoire nucléaire, avait une probabilité quasi nulle.

● **7^e défaut : des actions contradictoires entre les équipes de sécurité.** Le septième souci de la NRC, c'est l'interaction des différents systèmes et équipes en présence dans une centrale. Là, l'ingénieur nucléaire côtoie l'électricien, le mécanicien, ou l'ingénieur civil. Chacun effectue sa tâche parallèlement à l'autre, chacun en cas d'urgence a un plan d'action à mettre en place.

HARRISBURG : C'ÉTAIT LA FAUTE A L'OBÉSITÉ

Le vendredi 18 mai, le San Francisco Chronicle, l'un des plus importants quotidiens de la ville, publiait les premières conclusions de la NRC concernant l'accident survenu le 28 mars dernier à la centrale nucléaire de Three Mile Island près de Harrisburg. Conclusions étonnantes qui prouvent qu'une catastrophe peut être déclenchée par les causes les plus inattendues. Selon les paroles mêmes d'un expert de la Commission de Régulation Nucléaire américaine, les erreurs humaines qui se sont produites en chaîne à la centrale de Pennsylvanie, sont dues en partie à l'obésité d'un des opérateurs. En effet, explique l'ingénieur de la NRC, un opérateur particulièrement imposant, a laissé son proéminent abdomen recouvrir les cadrans où s'affichaient des mesures importantes. Incapable de lire des données qu'il ne voyait pas, il n'a pas pu savoir que deux valves cruciales étaient fermées alors qu'elles auraient dû être ouvertes.

Parallèlement, d'autres opérateurs, entendant à travers un amplificateur des gargouillements dans le générateur de vapeur, en ont déduit que ce dernier était rempli d'eau. Il était au contraire en train de s'assécher et le peu d'eau qu'il restait, en train de bouillir. Dès que l'on ordonna aux opérateurs de se protéger grâce à des masques, ils furent incapables de communiquer entre eux. Lorsque l'ordre fut donné d'évacuer le bâtiment du réacteur, presque personne n'obéit et ceux qui partirent laissèrent les portes ouvertes. Puis au beau milieu de la crise, alors que le combustible commençait à manquer d'eau, les opérateurs n'ont pas mis en fonctionnement les pompes qui auraient permis le refroidissement, de peur que des vibrations ne les endommagent. C'est également à un moment crucial de l'accident que l'ordinateur se mit à imprimer n'importe quoi durant 90 minutes. Enfin, pour couronner le tout, le responsable régional de la NRC était, au moment de l'accident, bloqué dans un embouteillage monstre et incapable de répondre au bip-bip qui le harcelait. □

Or, la NRC n'est pas certaine que l'une des équipes, pour faire face à ses problèmes, ne déclenche pas une série de tâches qui seraient nuisibles à une autre équipe. La Commission de régulation Américaine a donc chargé les laboratoires Sandia d'examiner, de comparer les procédures de toutes les équipes en place, afin d'être sûre que l'action de l'une ne contrecarrera pas les plans de l'autre. Il est tout de même curieux qu'il ait fallu attendre près de 25 ans de fonctionnement des centrales nucléaires, pour qu'un plan multi-disciplinaire de sécurité soit envisagé. N'oublions pas que les actions contra-

dictoires des opérateurs ont été l'une des causes de la catastrophe d'Harrisbourg.

● **8^e défaut : des instruments de mesure qui ne sont plus fiables en cas d'anomalies.** En huitième position sur la liste noire de la NRC, viennent les problèmes liés aux équipements électriques. Un accident sérieux, et ce fut le cas en Pennsylvanie, crée des conditions extrêmes à l'intérieur de l'enceinte de confinement, conditions de température, de pression, de radioactivité auxquelles ne sont guère habitués les appareils de mesure électrique qui pourtant doivent continuer à fonctionner et continuer à renseigner les ingénieurs sur ce qui se passe réellement dans le cœur du réacteur. A la suite d'un programme de tests effectués par les laboratoires Sandia, et d'une pétition émanant de l'Union of Concerned Scientists — groupe qui aux Etats-Unis réunit les scientifiques de tous bords ayant une attitude critique vis-à-vis de l'énergie nucléaire — la commission de Régulation Américaine a ordonné en juin 1978 la fermeture temporaire de 7 centrales nucléaires afin d'effectuer des modifications de leurs appareils électriques, ou de mieux étudier le comportement de ces instruments de mesures soumis à des conditions extrêmes. Et aujourd'hui encore, la NRC essaie d'instaurer sur tous les instruments de mesure des normes de fiabilité suffisante.

● **9^e défaut : une insuffisante protection contre les fausses manœuvres.** Parfois, lorsqu'un opérateur fait une fausse manœuvre lors de la mise en service ou de la fermeture d'une centrale, la pression et la température à l'intérieur du cœur du réacteur dépassent les limites permises. Les Américains appellent ces incidents « *pressure transient's* » — ou conditions transitoires de pression et ils constituent la 9^e préoccupation de la NRC. La Commission de Régulation a recensé 33 incidents de ce type aux Etats-Unis. Aucun, bien sûr, n'a tourné à la catastrophe et les vérifications effectuées a posteriori ont indiqué qu'aucune enceinte de confinement n'avait été endommagée. Néanmoins, comme la fragilité des enceintes augmente dans le temps en raison de l'accroissement de l'irradiation, la NRC a exigé un affinement des procédures de mise en service et de fermeture des réacteurs. Ce fut en principe fait à la fin de l'année 1978. Elle a aussi demandé que des valves supplémentaires qui s'ouvrent automatiquement lorsque la pression devient trop grande, soient ajoutées à la tuyauterie des centrales, et c'est en cours de réalisation.

● **10^e défaut : des normes trop justes pour pallier les défaillances de refroidissement.** En dixième position sur cette liste bien longue pour une industrie qui prétend que toutes les garanties de sécurité ont d'ores et déjà été prises, on trouve les problèmes liés au système d'extraction de la chaleur résiduelle. Imaginons qu'à la suite de la fermeture d'un réacteur, l'on soit incapable d'ôter la chaleur résiduelle qui continue durant quelques temps d'émaner du réac-

(suite du texte page 130)

LES 14 FAILLES

(suite de la page 82)

teur (défaillance du circuit de refroidissement secondaire par exemple). On met alors en service un système de secours qui pompe l'eau du réacteur, l'envoie vers un échangeur de chaleur où elle se refroidit avant de l'injecter de nouveau vers le réacteur. Or, ce système de secours dans toutes les centrales, PWR ou BWR, était mal conçu. (A Three Mile Island d'ailleurs, les exploitants de la centrale furent incapables de mettre en service cette roue de secours.) Il a fallu lui fixer de nouvelles normes ; le rapport final de la Commission de Régulation sur ce sujet ne sera terminé qu'en début d'année prochaine.

● **11° défaut : des épées de Damoclès au-dessus des piscines.** Le onzième sujet d'inquiétude de la NRC n'est pas un défaut propre aux centrales. Mais la Commission a constaté que bien souvent lors des manipulations des combustibles nucléaires usés, les grues qui servent à transporter les fûts de béton, passent et repassent au-dessus des piscines où séjournent, pour perdre une partie de leur radioactivité, les combustibles irradiés. Il suffit d'une fausse manœuvre pour qu'un fût de béton aille s'écraser au fond de la piscine (ou dans le cœur du réacteur s'il s'agit d'une opération de rechargement) endommageant du même coup le combustible usé qui risque de laisser échapper de fortes quantités de radioactivité. Là, la parade était simple ; la NRC est en train d'interdire toutes opérations nécessitant les transports de lourdes charges à proximité des piscines de stockage. Il est tout de même étonnant qu'il ait fallu attendre les premiers mois de cette année pour qu'une mesure de sécurité aussi évidente soit rendue obligatoire.

● **12° défaut : non respect des normes anti-sismiques.** Il y a quelques mois, on s'en souvient, cinq centrales nucléaires ont été purement et simplement fermées aux Etats-Unis. Motif : elles ne répondaient pas aux normes anti-tremblement de terre que la NRC a établies récemment. C'était aux yeux de la Commission Américaine le douzième défaut des centrales nucléaires.

● **13° défaut : insuffisante protection des pompes de secours.** Leur treizième et avant dernier, concerne la piscine de secours où l'eau radioactive qui risque de s'échapper du circuit primaire lors d'un accident est recueillie. De là, elle est renvoyée vers le cœur du réacteur (grâce à des pompes de secours) pour contribuer à la refroidir. Si, pour une raison quelconque, on ne peut pas repomper l'eau de cette piscine, le cœur se vide de ce qui, on le sait, peut conduire tout droit à la fusion du combustible qui n'est plus suffisamment refroidi. On saurait dans ce cas si des débris (ceux en particulier libérés lors de la rupture des gaines d'isolation thermique) venaient boucher les tuyaux reliant la piscine aux pompes de secours, ou bien si des tourbillons prenaient naissance au voisinage de la pis-

cine, endommageant les pompes. Seulement, il y a peu de temps que la NRC a pris conscience de ce problème et le plan d'action pour y remédier n'était pas encore établi lorsqu'en janvier de cette année le rapport fut présenté au Congrès.

● **14° défaut : la perte possible de toutes les sources de courant.** Tout en bas de la liste, en quatorzième position se trouve le « black out » du réacteur. C'est ce qui risque de se produire lorsqu'une panne générale d'électricité affecte la centrale elle-même. Le courant électrique qui alimente les systèmes de sécurité provient de deux sources distinctes et redondantes. Chaque source comprend une connection au courant alternatif du réseau, un générateur diesel de courant alternatif de secours et un générateur de courant continu. Si, une centrale perd à la fois toutes ces sources de courant alternatif dont dépend le fonctionnement des pompes, elle devient incapable de refroidir le cœur de son réacteur. Cette perte totale des deux sources de courant, bien qu'improbable, doit être envisagée. Et la NRC recommande que certaines pompes auxiliaires soient reliées au groupe diesel ou fonctionnent grâce à la vapeur et non au courant. Mais ces imperfections, identifiées récemment comme présentant des risques importants, n'ont pas encore été corrigées dans toutes les centrales.

● **3 autres défauts spécifiques aux centrales américaines (BWR).** Les réacteurs du type BWR, en plus des « tares » énumérées précédemment, ont trois défauts supplémentaires selon les officiels américains : l'un dans la piscine circulaire où la vapeur (échappée lors d'une rupture de tube par exemple) va se condenser ; le second dans les manchons d'acier qui recouvrent les tuyaux d'alimentation en eau, juste à la jonction avec le cœur du réacteur, le troisième dans les tuyaux du circuit primaire qui ont tendance à se fissurer près des soudures.

Chaque année, à la lumière des incidents survenus au cours des 12 derniers mois, la NRC modifie la liste des défauts à corriger en priorité. A la lumière de l'accident de Harrisburg, de nouveau « points faibles » vont allonger cette liste des imperfections à haut risque. « Mais, n'oublions pas, explique Dale Bridenbaugh, que ces 17 défauts classés prioritaires, sont les premiers des 133 problèmes en suspens dans les centrales nucléaires. » A n'en pas douter la NRC américaine ou le SCSIN (Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires) français, ont encore bien du pain sur la planche pour venir à bout des inconvenients des centrales nucléaires et les rendre aussi fiables que les populations soient en droit d'exiger. Peut-être serait-il sage comme le réclame une commission du Congrès Américain d'arrêter pour six mois au moins toutes les délivrances de permis de construire des centrales. Cela permettrait de faire le point et de corriger les défauts les plus criants.

Françoise HARROIS-MONIN ■