

# Risque résiduel

## Résumé et conclusions<sup>1</sup>



*Le récit d'évènements survenus dans les centrales nucléaires depuis l'accident de Tchernobyl de 1986*

Avril 2007

### Auteurs

Georgui Kastchiev\*, Wolfgang Kromp\*, Stephan Kurth+,  
David Lochbaum\*\*, Ed Lyman\*\*, Michael Sailer+, Mycle Schneider\*\*,

\*Institut für Risiko Forschung, Université de Vienne, Autriche; +Öko-Institut, Darmstadt, Allemagne;  
\*\*Union of Concerned Scientists, Washington, D.C., USA; \*\*Mycle Schneider Consulting, Paris, France;

Coordonné par Mycle Schneider

Commandité par Rebecca Harms, Députée européenne

Avec le soutien des fondations 'Altner Combecher Stiftung für Ökologie und Frieden' et 'Hatzfeldt Stiftung'

<sup>1</sup>Le rapport complet peut être téléchargé gratuitement à l'adresse  
[http://www.greens-efa.org/cms/topics/dokbin/181/181995.residual\\_risk@en.pdf](http://www.greens-efa.org/cms/topics/dokbin/181/181995.residual_risk@en.pdf)



Les Verts | Alliance Libre Européenne  
au Parlement européen

Il y a cinquante ans, le 25 mars 1957, était signé le traité Euratom. L'article 1 de ce traité stipule que « *la Communauté a pour mission de contribuer, par l'établissement des conditions nécessaires à la formation et à la croissance rapides des industries nucléaires, à l'élévation du niveau de vie dans les États membres et au développement des échanges avec les autres pays* ». Six mois plus tard, le 10 octobre 1957, un incendie dans un réacteur de Windscale au Royaume-Uni entraînait le relâchement de quantités massives de radioactivité, avec comme conséquence directe - ce qui fut une première en Europe - la destruction de quantités importantes de lait et de légumes contaminés.

Cependant, l'accident de Windscale eut étonnamment peu d'impact sur l'opinion publique européenne. Au Royaume-Uni, la toute jeune industrie nucléaire civile, poursuivait la conception de sa première centrale Magnox, qui, à l'instar de Windscale, ne disposait pas d'enceinte de confinement, et le gouvernement maintenait son impératif militaire de production de plutonium, ignorant apparemment le risque d'un nouveau relâchement de radioactivité que représentait la poursuite de l'exploitation du second réacteur – identique – de Windscale.

Au milieu des années soixante, le nucléaire était solidement établi en Europe et connaissait une expansion rapide. Mais en mars 1979, alors que l'on comptabilisait une expérience mondiale cumulée de plus de 1.000 années-réacteurs, le réacteur à eau sous pression (PWR) de Three Mile Island (TMI) aux Etats-Unis subissait un grave accident de fusion de cœur avec un potentiel de relâchement très important de radioactivité dans l'environnement. Bien que l'industrie mit alors en œuvre des programmes considérables de remise à niveau des réacteurs et de leur conception, l'impact fut massif : il n'y eut plus une seule commande de réacteur aux Etats-Unis depuis et plus d'une centaine de projets furent définitivement abandonnés. En Europe, on assistait à la poursuite des projets de réacteurs déjà commandés et/ou en construction au moment de l'accident de TMI, et compte tenu des retards et de la durée de construction imputables aux modifications de conception, le nombre continua à s'accroître jusqu'en 1985, pour atteindre un total de 155 réacteurs en service dans les 27 pays qui forment aujourd'hui l'Union Européenne.

En fait, en 1986, l'industrie nucléaire européenne était assez optimiste et confiante parce que, après tout, elle s'était bien sortie de la tempête TMI, même si c'était au prix de mesures de sûreté onéreuses, basées sur le retour d'expérience. C'est alors que survint Tchernobyl, le pire accident dans une centrale nucléaire à ce jour, qui entraîna un relâchement massif de radioactivité, inimaginable jusqu'alors, qui dispersa largement la contamination à travers l'Europe, avec des interdictions touchant les produits alimentaires et l'agriculture dont l'effet fut catastrophique sur la conscience collective des citoyens ordinaires.

La nature inexplicable et la profonde gravité de Tchernobyl exigeaient un réexamen important de la sûreté nucléaire, alors que l'on réclamait à l'industrie nucléaire et ses organes de contrôle des explications publiques. L'accident arrêta pratiquement la construction de nouveaux réacteurs. On atteignit dans les 27 états membres de l'actuelle Union Européenne le pic de 177 réacteurs en service dans les deux ans qui suivirent le désastre de Tchernobyl. Par la suite, même si l'on achevait et mettait en service quelques réacteurs commandés avant l'accident de Tchernobyl, les fermetures de réacteur dépassaient les nouvelles mises en service, entraînant un rapide déclin du nombre de réacteurs en service dans l'Union Européenne, qui s'établit aujourd'hui à 145 tranches.

Les enseignements de TMI n'avaient pas permis d'éviter l'accident de Tchernobyl.

Au départ, la réponse de l'industrie nucléaire à l'accident de Tchernobyl, au niveau international, fut défensive: elle mettait en cause une technologie soviétique défectueuse, des exploitants démoralisés, l'absence d'enceinte de confinement, etc., ce qui faisait apparaître Tchernobyl comme un accident spécifiquement soviétique « *qui devait arriver* » et qui « *ne pourrait jamais arriver ici* ». A l'abri de l'attention publique, toutefois, les autorités de sûreté des Etats Membres de l'Union Européenne et d'autres pays mettaient en œuvre une révision des régimes de sûreté, obligeant les exploitants à introduire de nombreuses améliorations relatives au facteur humain et aux procédures portant sur le management de l'exploitation des centrales, des programmes de formations, et, là où cela était possible, des modifications et des révisions de remise à niveau des installations existantes.

Pour les nouvelles constructions, la philosophie de la sûreté a significativement poussé les concepteurs de centrales à accroître le rôle des systèmes de sûreté passifs permettant de maintenir ou de ramener l'installation et les réactions nucléaires à un état stable et sûr. Les retombées des incidents anormaux prennent désormais plus fermement en compte les conséquences radiologiques et le risque individuel des préjudices sanitaires. Les incidents et les rejets radioactifs potentiels doivent désormais être quantifiés afin de pouvoir éventuellement prévoir à l'avance les mesures de secours à l'extérieur du site. Et probablement par-dessus tout, il a fallu à l'industrie nucléaire se montrer 'transparente' et démontrer, pour pouvoir poursuivre l'exploitation des réacteurs nucléaires, que « les risques étaient acceptables et les conséquences supportables ».

Aujourd'hui, 21 ans après Tchernobyl, et une expérience mondiale cumulée de 8.000 années-réacteurs, à en croire les déclarations nationales et internationales, cette période post-Tchernobyl s'est déroulée sans accident grave, contamination étendue, ou conséquences radiologiques étendues. Mais s'agit-il d'un véritable accomplissement ou simplement de chance ?

Pour répondre à cette question, nous avons examiné les bilans de sûreté des centrales nucléaires depuis Tchernobyl dans une sélection de pays. L'analyse montre qu'il continue à s'y produire un nombre élevé d'événements anormaux. Nous avons tenté d'en analyser en profondeur une sélection, malgré les nombreux obstacles à une analyse comparative et systématique, en particulier :

- Il est difficile de comparer les événements graves affectant différents types de centrales nucléaires au niveau mondial, d'abord parce qu'il y a une multitude de termes et de définitions pour décrire ce que l'on pourrait appeler un incident nucléaire ; et deuxièmement, parce qu'il n'y a aucune définition objective, adoptée et reconnue au niveau international pour les événements particulièrement graves, tant internes qu'externes, ayant un potentiel de conséquences radiologiques graves.
- Au plan international encore, les systèmes permettant d'évaluer de tels événements nucléaires et leur potentiel ne sont pas harmonisés, variant de façon prononcée d'un pays à l'autre. La quantification ou les indicateurs définis ne fournissent pas d'indications comparables tant du niveau que du bilan de sûreté.
- Même dans le cas de l'échelle internationale INES (International Nuclear Event Scale) le classement des événements est celui déclaré par les exploitants des installations où ils surviennent ou des autorités de contrôle nationales. Il n'existe pas de système d'évaluation indépendante permettant de faire des comparaisons judicieuses, et, qui plus est, dans certains Etats, les autorités de contrôle peuvent ne pas être totalement dégagées d'influences ou d'intérêts politiques.

- Les catégories définies dans l'échelle INES excluent également un nombre important d'événements d'une classification appropriée sur le plan technique, uniquement parce qu'ils n'ont pas d'effet radiologique immédiat. D'une manière globale, il semble qu'il existe une tendance à la sous-estimation de l'importance des événements. Bien que l'AIEA ait développé l'échelle INES à partir de l'ancienne échelle [nationale] française des événements, ce sont les autorités nucléaires des états membres de l'AIEA qui arrêtent les indicateurs finaux du potentiel des événements. En particulier l'AIEA ne donne aucune instruction sur la façon d'évaluer les situations *sur le fil du rasoir* dans l'échelle INES.
- On n'a inventé aucun système permettant de classer sans ambiguïté les événements et les accidents qui découlent d'une immense variété de causes possibles. Par exemple, dans le cas du trou dans le couvercle de cuve du réacteur de Davis-Besse (voir les détails au point 9.2.1.2) s'agissait-il : (i) d'un défaut matériel ? (ii) d'une défaillance de management imputable à une culture de sûreté inappropriée au niveau de l'ensemble de l'installation ? (iii) d'un enchaînement d'erreurs humaines impliquant inspection et surveillance ? et/ou (iv) d'une défaillance du programme d'assurance qualité ? - ou bien d'autre cause encore ?
- Une approche prudente est généralement adoptée au moment de poser l'hypothèse de la progression *possible* d'un événement arrêté, avec une tendance à s'en remettre aux systèmes de sûreté subsistant en aval et à des mesures mises en place rapidement et de façon efficace, ce qui va à l'encontre du fait qu'un certain nombre de systèmes de sûreté en amont ont déjà subi une défaillance. On dépeint invariablement le côté le plus optimiste de ce qui aurait pu se solder par un événement bien plus grave.
- Si les arrêts de réacteurs sont généralement connus du public, les événements qui les ont provoqués ne sont pas toujours publiés. La base de données internationale des accidents nucléaires gérée par l'AIEA est confidentielle, réservée à ses membres<sup>1</sup>, et certains pays sont portés à considérer les détails sur la déclaration des événements nucléaires comme une information protégée qui n'a pas à être divulguée au public. Depuis le 11 septembre, on observe la rétention de davantage d'information portant sur les performances des installations dans des situations d'exploitation anormale.

L'AIEA n'impose ni n'exige tellement de discipline aux pays signataires en ce qui concerne l'évaluation et la déclaration des incidents. En d'autres termes, en l'absence de critères adoptés au niveau international pour décrire, classer et évaluer d'un pays à l'autre le risque d'événements, on ne peut dire comment on pourrait arriver à des statistiques utiles. De ce fait, si un pays particulier déclare un nombre élevé d'incidents, cela peut être révélateur d'un grave problème de sûreté dans ce pays, mais peut aussi caractériser honnêtement un système de déclaration particulier faisant preuve d'une ouverture inhabituelle dans la communication concernant ces événements.

Cette propension aux anomalies est révélée par la comparaison de trois pays, la France, l'Allemagne et les Etats-Unis.

Au cours des dernières années, l'exploitant nucléaire français, EDF, a déclaré entre 600 et 800 'incidents significatifs' (avec une tendance à la hausse) à l'autorité de sûreté nucléaire. Sur plus de 10.000 événements déclarés entre 1986 et 2006, la plupart étaient considérés hors échelle INES ou au niveau 0, alors que 1.615 incidents étaient classés au

---

<sup>1</sup> L'Agence Internationale de l'Energie Atomique n'a donné suite à aucune des demandes répétées du coordinateur de la présente étude.

niveau 1, et 59 au niveau 2. Un seul événement a été classé au niveau 3.<sup>2</sup> En comparaison, depuis la mise en place de l'échelle INES en 1991, l'Allemagne a déclaré plus de 2.200 événements au niveau 0 ou hors échelle, alors que 72 événements étaient classés au niveau 1 ou au-dessus. De son côté, au cours de la même période, la NRC (Nuclear Regulatory Commission) américaine n'avait déclaré à l'AIEA et classé sur l'échelle INES que 22 événements, dont 6 hors échelle, 7 au niveau 0, 5 au niveau 2 et 1 au niveau 3.

Cette disparité apparente est due à l'absence de critères communs pour comparer la fréquence et la gravité des événements nucléaires d'un pays à l'autre. A cet égard, toute tentative de s'appuyer sur le recensement de statistiques d'événements classés sur l'échelle INES pour établir une évaluation internationale de la sûreté serait gravement trompeuse.

---

La **première conclusion** de cette étude est qu'il y a années après années des événements touchant la sûreté nucléaire, partout dans le monde, dans tous les types d'installations nucléaires, et dans les réacteurs de toute conception, et que des événements très graves passent totalement inaperçus du grand public, ou restent totalement sous-évalués eu égard à leur potentiel de risque (voir ci-dessous la sélection de 16 événements).

Un récent rapport conjoint AIEA/AEN (Agence de l'énergie atomique de l'OCDE), "Expériences d'exploitation des centrales nucléaires" portant sur la période 2002-2005 concluait :

*« Presque la totalité des [200] événements déclarés pendant cette période étaient déjà survenus sous une forme ou une autre. Ceci montre que malgré les mécanismes d'échange existant, mis en place aussi bien sur le plan national qu'international, les mesures correctives, qui sont généralement bien connues, peuvent ne pas atteindre tous les utilisateurs finaux, ou ne sont pas toujours appliquées de façon rigoureuse ou à temps. »*

L'idée largement répandue que la sûreté nucléaire pourra être effectivement améliorée par simple retour d'expérience s'avère être une conception erronée. On se demande si les discussions au sein de la communauté des experts nucléaires peuvent aboutir à une amélioration de la sûreté nucléaire dans le contexte de la réalité de l'exploitation des centrales nucléaires.

Les événements anormaux ont des causes diverses. Certains sont le résultat direct d'erreurs de conception, parfois fondamentales, parfois apparemment sans importance. Dans d'autres cas, on retrouve des défauts et/ou des défaillances latentes de construction, de fabrication ou de matériel, passées inaperçus. Il y a également des causes externes non prévisibles mettant en cause de façon inopinée les installations et leurs systèmes de sécurité, contre lesquelles il n'y a pas de préparation. Il y a enfin la dimension humaine, allant de simples bêtises, omissions ou incompréhensions, à des erreurs plus complexes et plus profondes, et, la possibilité – de plus en plus préoccupante depuis le 11 septembre – d'actes organisés de malveillance contre des installations nucléaires.

Certains de ces événements et incidents survenus aurait pu évoluer en accidents graves, si le défaut, le mauvais fonctionnement, etc. n'avait été découvert à temps (accidents évités de peu). D'autres incidents peuvent être considérés comme signal d'alarme ou précurseurs d'accidents graves. Il y a aussi les événements dit récurrents où le schéma des défaillances se répète d'une fois sur l'autre sur des installations différentes. Il se développe

---

<sup>2</sup> Incident de Gravelines-3 du 16 août 1989

parfois un sentiment d'autosatisfaction dans l'industrie nucléaire quand un événement se termine finalement bien, à tel point que ce sentiment a tendance à étouffer les graves inquiétudes face à un incident qui n'aurait pas dû être déclenché en premier lieu.

Ce qui ne veut pas dire que ceux qui dirigent l'industrie nucléaire mondiale fassent preuve de complaisance à ce sujet. Lors d'une assemblée générale<sup>3</sup> de l'Association Mondiale des Exploitants Nucléaires (World Association of Nuclear Operators, WANO), le président Hajimu Maeda mettait en garde contre une léthargie rampante qui commençait par « *une perte de motivation d'apprendre des autres (...) la suffisance (...) la négligence d'entretenir la culture de sûreté, dues à de fortes pressions de réduction des coûts suite à la dérégulation du marché de l'électricité* ». Ces ennuis, s'ils sont ignorés « *sont comme une terrible maladie qui naît à l'intérieur de l'organisation* » et peut, si elle n'est pas diagnostiquée, conduire à « *un accident majeur* » qui « *détruira l'organisation dans sa totalité* ».

Les centrales nucléaires sont des installations à risques et complexes. C'est cette complexité qui engendre un réseau multi facette de mécanismes et d'enchaînements de défaillances potentiels, si nombreux en réalité qu'il semble impossible de les organiser suivant un quelconque semblant d'ordre.

La **seconde conclusion** est qu'il ne faut pas trop se fier à l'échelle INES (International Nuclear Event Scale), que ce soit pour déterminer la gravité absolue d'un événement anormal par rapport à un autre, ni, en fait, pour déterminer les performances absolues de sûreté d'un pays en particulier. Cependant, l'échelle INES peut être révélatrice : dans la mesure où trois pays exploitant des centrales nucléaires de types assez similaires, avec un système réglementaire et de management assez similaire, ne peuvent pas avoir des performances respectives de sûreté nucléaires aussi disparates, les données résumées ci-dessus ne sont qu'un indicateur de leur ouverture et/ou de leur pratique de déclaration dans le cadre du système INES.

La **troisième conclusion** de cette recherche est que dans la mesure où l'échelle INES n'a que peu d'utilité, il est nécessaire de la réviser et de la modifier – tant que faire se peut – pour fournir un système de déclaration complet qui n'identifie pas seulement la gravité et l'impact potentiel des incidents anormaux, ce que l'échelle INES actuelle parvient à peine à faire, mais qui établisse des règles uniformisées d'analyse et de classification post-accidentelles afin de permettre de suivre les tendances actuelles et d'identifier les causes de défaillances émergentes. Un système de déclaration INES révisé devrait très certainement inclure la facilité d'analyser et de catégoriser les activités humaines, y compris les actes terroristes.

Nous avons annexé au présent résumé une sélection d'événements significatifs qui pourrait aider au développement du cadre d'un nouveau système de déclaration et d'analyse. Ces événements illustrent les principales catégories de cause de défaillances dans les centrales au cours des 20 dernières années, mais ceci dit, étant donné la complexité de l'ingénierie des systèmes et de l'ingénuité de l'espèce humaine, il reste encore d'autres causes d'accident à découvrir.

-----  
Le présent rapport doit être considéré comme une investigation préliminaire pour ce qui devrait être une étude extensive à plus long terme de l'identification, la notification, l'analyse et l'évaluation systématiques, l'évaluation du risque, le classement et la mise en œuvre des

---

<sup>3</sup> WANO General Meeting in Berlin 2003

actions tirées du retour d'expérience des événements importants du point de vue de la sûreté dans *toutes* les installations nucléaires dans *tous* les pays.

Tant que les centrales et les installations nucléaires seront en service, subsistera un risque résiduel. Des événements précurseurs ne peuvent être éliminés, la possibilité d'un futur accident grave ne peut être totalement exclue et il n'est pas raisonnable de rejeter la possibilité d'un quelconque incident indésirable uniquement en raison de sa faible probabilité et c'est de la folie de prétendre que tous les événements initiateurs peuvent raisonnablement être prévus. Car après tout, qui avait prévu la nature et le mode opératoire des attaques du 11 septembre 2001?

## **Sélection de seize événements significatifs survenus dans des centrales nucléaires dans neuf pays**

L'équipe du projet « Risque Résiduel » a sélectionné 16 événements survenus dans 9 pays qui illustrent le fait que la sûreté des réacteurs nucléaires est encore loin d'être parfaite. Il ne s'agit pas d'un classement des événements les plus significatifs mais plutôt d'une sélection d'événements significatifs connus, qui sont également le reflet des connaissances et expériences spécifiques acquises par les membres de l'équipe du projet « Risque résiduel ». Les événements sélectionnés sont présentés plus en détail au chapitre 9. Ils ont été classés en neuf catégories (pour faciliter le référencement, le numéro des chapitres est indiqué entre parenthèses).

### **Dégradation avancée (avant rupture) (voir 9.2.1)**

#### **3 avril 1991 Shearon Harris (USA) (voir 9.2.1.1)**

Le 3 avril 1991, des employés de la centrale nucléaire de Shearon Harris, à New Hill, en Caroline du Nord, découvraient des tuyauteries et valves endommagées dans le circuit auxiliaire de recirculation alimentant les pompes du circuit de refroidissement de secours du cœur. L'endommagement de la tuyauterie et des valves était important, et si un accident était survenu, l'eau nécessaire au refroidissement du cœur se serait déversée sur le sol par les bouts de composants cassés. La NRC a calculé le risque d'endommagement grave du cœur de cet événement à  $6 \times 10^{-3}$  soit 0,6 % par année réacteur. Cet événement n'a pas été classé sur l'échelle INES de l'AIEA.

#### **6 mars 2002 Davis Besse (USA) (voir 9.2.1.2)**

Le 6 mars 2002, des employés découvraient un trou de la taille d'un ananas sur le couvercle de la cuve en acier carbone du réacteur de Davis-Besse, à Oak Harbor, en Ohio. L'acide borique du circuit primaire avait complètement attaqué la paroi en acier carbone de 15 cm (6 pouces) pour exposer la peau en inox d'une épaisseur de 5 mm. Une étude du gouvernement estimait que le trou se serait élargi jusqu'à la rupture de la peau dans les deux à 11 mois d'exploitation. Le réacteur étant arrêté tous les 18 mois pour rechargement, si cet endommagement n'avait pas été détecté au cours de l'arrêt de 2002, il semble probable que l'on aurait assisté à un accident de perte de réfrigérant primaire. La NRC a calculé le risque d'endommagement grave du cœur de cet événement à  $6 \times 10^{-3}$  soit 0,6 % par année réacteur et l'a classé au niveau 3 de l'échelle INES.

### **Fuite importante du circuit primaire de refroidissement (voir 9.2.2)**

#### **18 juin 1988, Tihange-1 (Belgique) (voir 9.2.2.1)**

Le 18 juin 1988, alors que le réacteur était en service, une fuite est soudainement survenue dans un petit tronçon non isolable du circuit de refroidissement de secours du cœur. Le taux de fuite était de l'ordre de 1.300 litres/heure. Elle provenait d'une fissure – d'une longueur de 9 cm sur la surface interne du tuyau et de 4,5 cm sur la surface externe – traversant la paroi du tuyau. Le risque d'une rupture de tuyauterie dans le circuit de refroidissement de secours du cœur est considérable, si le système d'injection de sécurité est déclenché, car en cas d'accident de perte de réfrigérant, des quantités importantes d'eau de refroidissement sont injectées dans une situation de sûreté déjà dégradée.

### **12 mai 1998, Civaux-1 (France)** (voir 9.2.2.2)

Le réacteur de Civaux-1 était à l'arrêt depuis cinq jours, quand, au cours d'essai de redémarrage, une tuyauterie de 25 cm de diamètre du circuit de refroidissement à l'arrêt s'est rompue entraînant une fuite importante (30.000 litres/heure) dans le circuit de refroidissement primaire. Le cœur du réacteur doit être refroidi en permanence, même lorsque le réacteur est à l'arrêt, afin d'évacuer la quantité importante de chaleur résiduelle du combustible. Il a fallu neuf heures pour isoler la fuite, et revenir à une situation stabilisée. On identifia une fissure de 18 cm au niveau d'une soudure. 300 m<sup>3</sup> de réfrigérant primaire se sont déversés dans le bâtiment réacteur. La tranche n'avait fonctionné que 6 mois à 50 % de sa capacité maximum avant l'événement. L'exploitant, EDF, proposa le classement de cet événement au niveau 1 de l'échelle INES, mais les autorités de sûreté l'ont classé au niveau 2.

### **9 février 1991 Mihama-2 (Japon)** (voir 9.2.2.3)

Une rupture de tube de générateur de vapeur est survenue sur le réacteur à eau sous pression de Mihama-2. C'était le premier incident de ce type au Japon au cours duquel le système de refroidissement de secours du cœur était activé. La compagnie d'électricité a fait des recherches sur la rupture, et a trouvé qu'il s'agissait d'un défaut circonferentiel complet. L'endommagement aurait été dû à une fatigue polycyclique provoquée par des vibrations. Par conception, tous les tubes dans des endroits spécifiques dans les générateurs de vapeur doivent être soutenus par des barres anti-vibration. On a cependant trouvé que le tube incriminé n'était pas correctement soutenu en raison de « l'insertion incorrecte » des barres anti-vibration adjacentes.

## **Risques de réactivité (9.2.3)**

### **12 août 2001, Philippsburg (Allemagne)** (voir 9.2.3.1)

Une déviation par rapport à la spécification de la concentration en bore (absorbeur de neutrons qui sert à ralentir ou arrêter la réaction en chaîne) dans trois sur quatre réservoirs de stockage d'eau boriquée survenu au moment du redémarrage du réacteur a été déclarée aux autorités. De plus, le niveau du liquide n'atteignait pas les valeurs fixées par les consignes d'exploitation pour le démarrage et ce niveau n'a été atteint qu'avec retard. Le système de refroidissement de secours du cœur ne fonctionne efficacement que s'il est exploité conformément aux conditions de référence. Les investigations qui s'ensuivirent montrèrent que des écarts importants par rapport aux prescriptions de démarrage et le non-respect des règles d'exploitation s'y rapportant semblaient assez fréquents depuis des années, et s'étaient certainement produits dans d'autres centrales allemandes.

### **1<sup>er</sup> mars 2005 Kozloduy-5 (Bulgarie)** (voir 9.2.3.2)

Au cours de la baisse de puissance du réacteur à eau sous pression de conception soviétique (VVER), les opérateurs se sont rendus compte que trois grappes de contrôle étaient restées en position haute. Au cours des essais de déplacement réalisés par la suite sur les autres barres de contrôle, 22 des 61 grappes n'ont pu être déplacées à l'aide des mécanismes. On ne connaît pas le nombre des barres de contrôle qui n'auraient pu tomber - du seul fait de la gravité - en cas de besoin d'arrêt d'urgence probablement entre 22 et 55. Le système d'arrêt d'urgence des VVER-1000 est conçu pour mettre le réacteur en mode d'arrêt si, au maximum, une barre de contrôle reste coincée en position haute. L'exploitant avait d'abord classé l'incident au niveau 0 de l'échelle INES, mais les autorités de sûreté l'ont finalement reclassé au niveau 2.

## **Endommagement du combustible (hors cœur du réacteur) (9.2.4)**

### **2003 Paks (Hongrie) (voir 9.2.4.1)**

Des défauts de conception d'un procédé chimique destiné à nettoyer un dépôt magnétique sur 30 assemblages combustible partiellement irradiés dans un container spécial (situé à l'extérieur de la cuve du réacteur) ont eu pour conséquence un refroidissement insuffisant de l'ensemble des assemblages, qui tous ont été sérieusement endommagés. Une investigation de l'AIEA identifia par la suite huit défauts de conception distincts. Le système avait été développé, fabriqué et livré par AREVA NP. Au cours de l'accident, les rejets radioactifs atteignirent environ quatre fois les rejets de gaz rares et près de 200 fois les rejets d'iode-131 et d'aérosols de l'ensemble des 58 réacteurs à eau sous pression français au cours de l'année 2003. Après avoir été initialement classé au niveau 2, l'événement a été reclassé au niveau 3 de l'échelle INES.

## **Feux et explosions (9.2.5)**

### **14 décembre 2001, Brunsbüttel (Allemagne) (voir 9.2.5.1)**

Une explosion d'hydrogène a provoqué des dommages importants au niveau de la tuyauterie du système d'aspersion du réacteur à eau bouillante. Ce système d'aspersion sert à refroidir la paroi intérieure du couvercle de la cuve du réacteur et des surfaces autour des brides pendant l'arrêt du réacteur. Il y eut rupture de certaines parties des tuyauteries de 5,6 mm de diamètre. Un tronçon d'environ 2,7 mètres de long avait éclaté et était complètement détruit. Certains tronçons de la tuyauterie manquaient. Avant cet événement, on avait presque exclu la possibilité d'une explosion grave due à des gaz de radiolyse en fonctionnement normal. Le réacteur était à l'arrêt pendant plus d'un an pour travaux de réparation et de remise à niveau.

## **Perte des alimentations électriques (9.2.6)**

### **18 mars 2001 Maanshan (Taiwan) (voir 9.2.6.1)**

Le réacteur à eau pressurisée a été affecté par une perte totale de l'alimentation électrique externe et interne. L'alimentation électrique est cruciale pour évacuer la chaleur résiduelle du cœur du réacteur. La centrale est située près de la mer. Des dépôts de sel sur des isolateurs dus au temps brumeux ont entraîné une instabilité du réseau haute tension. Au cours d'une tentative de connexion au réseau, est survenu un court-circuit dans un disjoncteur de la ligne d'urgence provoquant l'incendie de câblage. Un disjoncteur et un commutateur ont été totalement détruits par l'incendie. Le générateur diesel n'a pas pu être démarré manuellement en raison des épaisses fumées. Il aura fallu environ deux heures pour rétablir l'alimentation électrique.

### **25 juillet 2006, Forsmark, (Suède) (voir 9.2.6.2)**

Un court-circuit dans un commutateur du réseau proche des réacteurs à eau bouillante a provoqué un arrêt d'urgence de la tranche n°1, et, par un scénario assez complexe, a entraîné un certain nombre de défaillances au niveau de l'installation. En raison d'une erreur de conception, la déconnexion du réseau et le passage en îlotage (l'installation utilise alors son propre courant pour alimenter les auxiliaires de sûreté) n'ont pas fonctionné comme prévu. Un ajustement de convertisseur inadapté a fait échouer la tentative de connecter des équipements importants pour la sûreté à l'alimentation électrique de secours. Le démarrage de deux des quatre diesels de secours a également échoué, entraînant une perte partielle de l'alimentation, affectant même la salle de commande principale. Par manque d'information sur des paramètres importants pendant un certain laps de temps, l'état exact de la centrale et

les conséquences d'actions potentielles à mettre en œuvre n'étaient pas claires. L'équipe d'astreinte a cependant décidé d'essayer de reconnecter l'installation au réseau, opération qui réussira.

## **Problèmes génériques – Colmatage des filtres de puisard (9.2.7)**

**28 juillet 1992, Barsebäck-2 (Suède)** (voir 9.2.7.1)

Une fuite sur une valve pilote dans le réacteur à eau bouillante de Barsebäck a déclenché des fonctions de sûreté automatiques comme l'arrêt d'urgence du réacteur, l'injection de sécurité haute pression, l'aspersion de cœur et l'aspersion de l'enceinte de confinement. Un jet de vapeur provenant d'une valve de sécurité ouverte a endommagé des équipements isolés. Les matériaux d'isolation ont été arrachés et entraînés dans la piscine sous la cuve, affectant le système de refroidissement de secours du cœur, dont le rôle est fondamental pour évacuer la chaleur en cas de fuite sur le système de refroidissement. Des incidents similaires se sont produits dans plusieurs pays, et le problème s'est avéré affecter de nombreux, sinon la plupart des réacteurs à eau légère dans le monde.

## **Événements naturels (9.2.8)**

**27 décembre 1999, Blayais-2 (France)** (voir 9.2.8.1)

Suite à une violente tempête, la centrale nucléaire française du Blayais a été inondée, et certains équipements importants pour la sûreté se sont retrouvés sous plus de 100.000 m<sup>3</sup> d'eau (pompes d'injection de secours et système d'aspersion de l'enceinte des tranches 1 et 2 par exemple). Le système électrique a également été affecté. L'alimentation électrique a été coupée. Des objets et débris projetés par le vent rendaient toute intervention dangereuse. Les quatre tranches du site ont été arrêtées. Pour la première fois, le niveau national du PUI (Plan d'urgence interne) a été déclenché. L'incident a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

## **Événements de sécurité et actes de malveillance (9.2.9)**

**7 février 1993, Three Mile Island (USA)** (voir 9.2.9.1)

Un véhicule non autorisé a pénétré sur le site sur la zone dite OCA ('owner-controlled area') du réacteur de Three Mile Island (TMI). Aucune barrière physique n'était en place pour ralentir l'accès. Le véhicule a continué sa route vers la zone protégée de la centrale nucléaire, a démolie une des grilles d'entrée, avant de défoncer une porte en tôle ondulée, et de pénétrer dans le bâtiment des turbines de la tranche 1 de la centrale, qui fonctionnait à pleine puissance. Le véhicule a continué sa course sur 19 mètres dans le bâtiment des turbines, touchant et endommageant l'isolation d'une ligne secondaire de vapeur. L'état d'urgence sur site ('site area emergency') - le deuxième niveau d'alerte le plus élevé - a été déclaré pour la deuxième fois à TMI (la première à l'occasion de l'accident de fusion du cœur en 1979). Ce n'est qu'au bout de quatre heures que l'intrus a été appréhendé.

**Juillet 2000, Farley (USA)** (voir 9.2.9.2)

Au cours d'un exercice ORSE ('Operational Safeguards Response Evaluation') - des exercices guerriers servant à évaluer la capacité des forces de sécurité de la centrale à se défendre efficacement contre une équipe adverse - les équipes de sécurité de Farley n'ont pas réussi à empêcher les faux adversaires à simuler la destruction de l'ensemble des cibles aux cours de deux des quatre exercices (simulant ainsi la fonte du cœur du réacteur), ni à simuler la destruction d'un « équipement important de la centrale » au cours d'un troisième.

### **29 août 2002, 17 réacteurs TEPCO (Japon)** (voir 9.2.9.3)

TEPCO (Tokyo Electric Power Company) exploite 17 réacteurs à eau bouillante et était une des compagnies les plus respectées au Japon. Le 29 août 2002, la révélation publique par l'agence de sûreté nucléaire industrielle japonaise (NISA – Nuclear Industrial Safety Agency) d'un scandale de falsification massive a TEPCO choquait la nation entière. A l'époque, 29 cas de « mauvaises pratiques » avaient été identifiés, dont la falsification de rapports d'inspections que s'était imposés la compagnie elle-même sur ses centrales nucléaires, pendant plusieurs années. La totalité des 17 réacteurs de TEPCO a dû par la suite être arrêtée pour inspection et réparation. Il a été annoncé plus tard que ces pratiques s'étaient poursuivies parfois pendant 25 ans, et le nombre total d'événements est estimé à quelque 200 à l'heure actuelle. Toutefois, les révélations de mauvaises pratiques et de camouflages ont désormais touché l'ensemble des principaux exploitants nucléaires japonais, et elles se poursuivent. Le dernier cas en date, au début du mois d'avril 2007, est celui d'Hokuriku Electric qui a avoué un incident de criticité sur son réacteur à eau bouillante de Shika-1. L'incident avait été dissimulé pendant près de huit ans.

*Crédit photo couverture : Oak Ridge National Laboratory*