

Enseignements tirés de l'expérience récente acquise dans l'exploitation des centrales nucléaires

P. Pyy *

Pour pouvoir gérer efficacement la sûreté de leurs installations, les pays ont besoin de recevoir en temps utile des informations en retour sur l'expérience acquise à l'échelon international dans l'exploitation des centrales nucléaires. Les notes techniques annuelles tirant les enseignements de l'expérience récemment acquise dans l'exploitation des centrales nucléaires établies par le Groupe de travail de l'AEN sur le retour d'expérience (WGOE) sont l'un des moyens d'obtenir ce type d'informations. Cet article s'inspire de la note technique concernant les événements enregistrés en 2003-2004¹ (la troisième dans la collection²).

Les notes techniques du WGOE traitent des problèmes signalés dans le cadre du Système de notification des incidents (IRS), système commun de l'AEN et de l'AIEA et, parfois, de projets de sûreté conjoints ayant trait à la collecte et

WGOE

Le Groupe de travail de l'AEN sur le retour d'expérience (WGOE) a pour importante mission de mettre en valeur et de communiquer aux pays membres de l'AEN les enseignements tirés de l'expérience acquise en cours d'exploitation des centrales nucléaires à travers le monde. Il accomplit cette tâche sous la responsabilité du Comité de l'AEN sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) et du Comité de l'AEN sur les activités nucléaires réglementaires (CANR). Outre les notes techniques, le WGOE publie des rapports techniques sur des thèmes particuliers en liaison avec l'analyse de l'expérience acquise en cours d'exploitation, y compris, le cas échéant, des considérations sur les risques. Le Groupe cherche également à perfectionner les pratiques de collecte et d'analyse de données sur l'expérience acquise en cours d'exploitation dans les pays membres.

à l'analyse de données sur l'expérience d'exploitation. Les questions de sûreté abordées dans les notes techniques sont de nature générique et, par conséquent, revêtent un intérêt pour les décideurs. Cependant, il est aussi recommandé aux organismes réglementaires, aux organisations de soutien tech-

nique et aux exploitants nucléaires de les placer dans leur contexte national pour vérifier si elles sont pertinentes pour la sûreté des centrales nucléaires dans leur pays.

Questions de sûreté récentes mises en évidence par l'IRS

Au nombre des événements récents revêtant une importance du point de vue de la sûreté notifiés à l'IRS,

* M. Pekka Pyy (e-mail: pekka.pyy@oecd.org) travaille dans la Division de la sûreté nucléaire de l'AEN.

IRS

Le Système de notification des incidents (IRS) est le seul système de notification international à la disposition des autorités de sûreté et des organisations gouvernementales qui fournit une évaluation des événements pertinents pour la sûreté survenant dans les centrales nucléaires, de même que des informations détaillées sur les analyses des causes premières et les enseignements tirés du point de vue de la sûreté. L'IRS est géré par un secrétariat commun de l'AEN et de l'AIEA. Des lignes directrices concernant la notification à l'IRS sont en place depuis juin 1998. Le système, fondé sur une diffusion trimestrielle de CDs, est désormais en usage dans 31 pays. Une utilisation expérimentale de la version web de l'IRS est prévue en 2005. Des rapports périodiques intitulés *Nuclear Power Plant Operating Experience* (« *Blue Book* ») ont été publiés pour les périodes 1996-1999 et 1999-2002. La prochaine édition du *Blue Book*, pour la période 2002-2005, est programmée pour le printemps 2006, en liaison avec la Conférence internationale sur les utilisations futures de l'expérience acquise en cours d'exploitation qui devrait se tenir en Allemagne.

figurent l'érosion-corrosion de la tuyauterie, les perturbations électriques et l'introduction de corps étrangers dans le circuit de refroidissement primaire. Les trois exemples tirés de ces domaines illustrent la nécessité permanente pour les compagnies d'électricité et les autorités de sûreté d'instituer rapidement et de façon appropriée un programme d'actions correctives pour éviter les récurrences.

Perturbations électriques

Plusieurs incidents électriques, tant à l'intérieur de la centrale que dans le réseau extérieur, ont été notifiés récemment dans le cadre de l'expérience internationale acquise en cours d'exploitation. La note technique précédente [NEA/CSNI/R(2004)4] faisait état de la panne généralisée intervenue en août 2003 aux États-Unis, qui s'est propagée dans certaines parties du Canada, et des informations complémentaires ont été récemment présentées à ce sujet. Ainsi, la centrale de

Pickering, qui comprend huit tranches, a subi une perte totale de secteur et pendant plusieurs heures le refroidissement de la centrale a été assuré par la circulation naturelle. L'événement a révélé des faiblesses dans plusieurs systèmes de sûreté, notamment l'eau de secours, l'eau du réseau d'extinction d'incendie, les groupes diesel de secours, et dans les critères d'autorisation visant ces systèmes ainsi que d'autres. Des actions correctives, y compris des modifications dans la conception et l'exploitation des centrales, sont en cours de mise en œuvre.

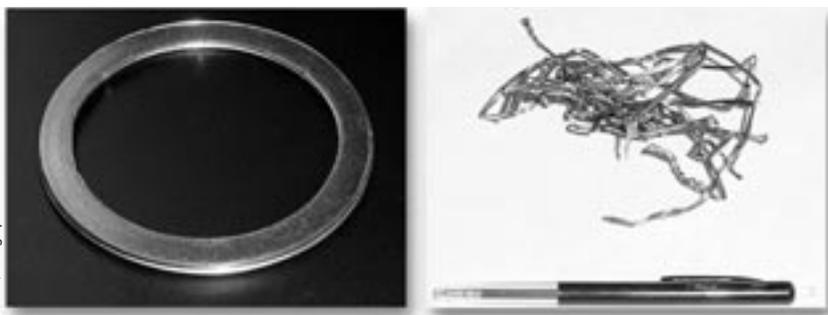
Par ailleurs, en juin 2004, il s'est produit à la centrale de Palo Verde aux États-Unis une panne de secteur qui a entraîné une perte totale de capacité de production de 5 500 MWe sur le réseau, dont plus de 3 700 MWe imputables aux trois tranches de Palo Verde. On a pu en attribuer la cause à une défaillance unique d'un montage de circuit de protection dans une sous-station hors

site. Dans l'ensemble, la centrale avait réagi conformément au plan, bien qu'un groupe diesel de secours ait refusé de démarrer. On a constaté que les exploitants de l'entreprise de transport de l'électricité n'avaient pas analysé de situations faisant intervenir la perte simultanée des trois tranches. L'événement a été jugé significatif du point de vue de la sûreté et les actions correctives ont notamment comporté des améliorations dans les composants du réseau extérieur.

L'analyse de ces événements de perte de secteur conduit à penser : 1) que les compagnies exploitantes n'ont peut-être pas analysé correctement les perturbations affectant le réseau ; 2) qu'une révision des procédures d'exploitation, des plans de communication, de l'équipement et des critères d'autorisation est nécessaire pour faire face à une perte de secteur généralisée et de longue durée, et 3) que les réseaux interconnectés présentent peut-être des fragilités en cas d'importantes chutes simultanées des capacités de production.

Introduction de corps étrangers dans le circuit primaire

Deux événements significatifs mettant en jeu l'introduction de corps étrangers se sont produits récemment. À la centrale de Tihange en Belgique, la présence d'un joint métallique spiralé très endommagé a été décelée dans un clapet anti-retour d'un système d'injection de sûreté, et une rupture de gaine a été observée quelques mois plus tard. Les dispositifs de filtrage anti-débris dont sont équipés les assemblages combustibles ont laissé passer certains morceaux du joint et la détérioration mécanique du gainage du combustible a probablement été provoquée par des morceaux du joint qui sont passés à travers les filtres.



Un joint métallique neuf et le joint très endommagé décelé dans un clapet anti-retour d'un système d'injection de sûreté à la centrale de Tihange en Belgique.

Un autre incident comportant l'introduction d'un corps étranger a été enregistré à l'installation de Fessenheim en France. Une intervention humaine concernant un réglage de vannes dans le circuit de contrôle chimique et volumétrique (CVCS), conjuguée à une modification de la conception, a entraîné l'introduction de résines déminéralisées dans le système de refroidissement primaire. Cela a provoqué une contamination et une exposition de travailleurs, un colmatage du système d'échantillonnage et une mise à l'arrêt de six mois de l'installation pour nettoyage et réparation. Du point de vue de la sûreté nucléaire, les conséquences ont été le blocage d'un certain nombre de barres de commande, l'interruption de l'injection aux joints des pompes primaires du réacteur, et une augmentation du risque de panne des pompes d'injection à haute pression par défaillance de paliers.

Bien que la présence de corps étrangers soit un problème récurrent, ces deux incidents ont été particulièrement significatifs. Le premier a conduit à une rupture de gaine et le second à des détériorations des systèmes de sûreté et à une mise à l'arrêt prolongée.

Érosion/corrosion de la tuyauterie

S'agissant de la tuyauterie, il s'est produit à la centrale de

Mihama au Japon un événement significatif qui a mis en jeu une défaillance d'une tuyauterie d'eau sous pression dans la salle des machines. Plusieurs membres du personnel de la centrale ont été gravement blessés et cinq ont perdu la vie dans l'incident. On retiendra en particulier les observations suivantes :

- Selon le guide de la centrale, la partie de la tuyauterie affectée par la brèche aurait dû être inspectée. Cependant, elle ne l'avait pas été depuis la mise en service de la centrale en 1976.
- L'organisation exploitant la centrale appliquait de son propre chef une règle d'évaluation de la vie résiduelle.
- Le système de gestion de la qualité mis en place par l'organisation exploitante n'était pas suffisant pour vérifier les travaux sous-traités.
- L'inspection des tuyauteries secondaires figurait dans le champ des inspections librement consenties par la compagnie d'électricité.

Un certain nombre d'événements précurseurs ont eu lieu dans des centrales analogues, par exemple au Japon et aux États-Unis (notamment à Surry en 1986), et l'on peut trouver un grand nombre d'antécédents dans la base de données IRS. Pour remédier au problème, des améliorations dans les pratiques d'inspection,

tant de l'exploitant que de l'autorité de sûreté, sont envisagées et/ou déjà mises en œuvre. Par exemple, depuis le 1^{er} octobre 2003, cette inspection précédemment librement consentie est désormais légalement obligatoire, et l'Agence réglementaire japonaise NISA (*Nuclear and Industrial Safety Agency*) analyse les inspections de l'épaisseur des parois secondaires réalisées par les exploitants. En outre, la Société japonaise des ingénieurs en mécanique prépare une norme de gestion pour l'épaisseur des tuyauteries, et la NISA a publié récemment des lignes directrices concernant l'inspection et la gestion de l'aminçissement des tuyauteries et des parois.

Problèmes de sécurité récents mis en relief par d'autres activités du WGOE

D'autres activités réalisées par le WGOE ont mis en relief des problèmes de sûreté supplémentaires, notamment des événements récurrents, des événements mettant en jeu l'utilisation et la performance de la sous-traitance, et les origines des défaillances de cause commune.

Événements récurrents

Le WGOE poursuit son étude des événements récurrents (il a déjà publié deux rapports sur ce thème). Le dernier en date traite des actions correctives visant à remédier à

une perte de refroidissement d'un REP à l'arrêt dans des conditions d'inventaire réduit. Plus de 50 événements de cette nature se sont produits au cours des 25 dernières années. Plusieurs types d'approches réglementaires ont été utilisés pour corriger la situation, depuis les circulaires d'information, avis et suggestions jusqu'aux décisions officielles et contraignantes par les autorités réglementaires. En 1988, l'US NRC a publié une lettre générique comportant des suggestions non contraignantes sur les moyens de réduire le nombre des occurrences. Cette lettre a eu des effets notables, mais des événements ont continué à se produire, y compris en 2004. En revanche, la France et la Corée, par exemple, ont édicté des règles contraignantes qui semblent avoir mis un terme à la récurrence dans ces pays. En France, une fonction d'appoint automatique a été mise en place ; un calendrier détaillé des travaux et des conditions à respecter ont été fixés avant le passage à la plage de travail basse et un dispositif de détection de vortex a été installé. En Corée, les autorités ont requis un renforcement de la formation du personnel, des instruments de mesure plus précis, une révision des procédures relatives aux pompes d'évacuation de la chaleur résiduelle, un recalcul des niveaux critiques et un réexamen des spécifications techniques.

Le WGOE s'interroge actuellement sur l'opportunité de lancer une étude analogue au sujet des risques significatifs de perte de source froide, ou de perte d'eau brute destinée à alimenter l'équipement lié à la sûreté.

Événements mettant en jeu la sous-traitance

Le thème choisi pour le débat de fonds du WGOE à sa réunion annuelle de 2004

était l'influence des travaux des entreprises de maîtrise d'œuvre (et des sous-traitants) sur l'évolution des événements. Le recours à des entreprises de maîtrise d'œuvre et à des sous-traitants est en augmentation constante dans l'industrie nucléaire, bien que l'externalisation ne soit pas une nouveauté. On a observé une montée des préoccupations concernant le recours à la sous-traitance en raison du risque qu'aussi bien les organismes titulaires des autorisations que les entreprises de maîtrise d'œuvre perdent une partie de leurs compétences du fait de l'externalisation. Les compagnies d'électricité et les organismes réglementaires de taille modeste traitant avec des entreprises de maîtrise d'œuvre puissantes et parfois multinationales semblent les plus exposées à ce danger.

Les pays membres ont soumis plusieurs exemples d'événements mettant en jeu des travaux sous-traités, notamment une courte interruption de l'évacuation de la chaleur résiduelle imputable à des travaux de maintenance pendant une mise à l'arrêt, le démarrage d'une centrale avant que certains travaux sous-traités programmés aient pu être achevés, et des défauts de fabrication dans les échangeurs de chaleur du circuit de refroidissement intermédiaire.

Des idées ont été avancées sur les moyens d'éviter des problèmes avec les travaux sous-traités et d'améliorer la situation. Il a été convenu que les titulaires d'autorisations devaient pouvoir superviser les sous-traitants en toutes circonstances. Cependant, certains événements font apparaître une difficulté croissante à déceler des performances insuffisantes. En outre, les titulaires d'autorisations sont censées homologuer les entreprises de maîtrise d'œuvre, mais l'expérience récente

montre que les procédures pour le faire peuvent ne pas être à la hauteur, voire faire totalement défaut. En outre, les titulaires d'autorisations doivent aussi se préoccuper de questions telles que la délivrance d'une formation qui corresponde aux contraintes propres au secteur nucléaire.

Faute d'une gestion appropriée, la maîtrise d'œuvre et la sous-traitance peuvent conduire à une perte de vision à long terme de la sûreté. Le maintien des compétences clés en interne est impératif pour demeurer un consommateur avisé. Cela suppose d'être capable, quel que soit le domaine, d'homologuer l'entreprise de maîtrise d'œuvre, de superviser la formation du personnel sous-traité, de contrôler et de réceptionner les travaux sous-traités, et surtout, de ne pas relâcher la vigilance à l'égard des questions de la sûreté.

Défaillances de cause commune touchant les batteries

Le Projet international d'échange de données de défaillance de cause commune (ICDE) est opérationnel depuis plus de dix ans. Le rapport le plus récent du projet remonte à la fin 2003 et concerne les batteries.³

Des défauts de conception étaient en cause dans environ la moitié des événements. Parmi eux, plus de 90 % se sont produits pendant la fabrication des batteries, à savoir mauvais choix des matériaux constitutifs des plaques, dans l'électrolyte, les séparateurs, les cellules ou les connexions, et moins de 10 % pendant le processus de spécification ou de modification de la centrale, par exemple, erreurs de calcul dans la définition de la puissance. Des carences dans l'entretien et les essais ont été en jeu dans

ICDE

Le Système international d'échange de données de défaillance de cause commune (ICDE) a été lancé en août 1994. Les pays qui participent à la troisième phase de l'accord de l'ICDE sont les suivants : Allemagne (GRS), Canada (CCSN), Espagne (CSN), États-Unis (NRC), Finlande (STUK), France (IRSN), Japon (NUPEC/JNES), République de Corée (KAERI), Suède (SKI), Suisse (HSK) et Royaume-Uni (NII). L'objectif du projet ICDE est de tirer des enseignements de nature qualitative et quantitative des données internationales sur l'expérience acquise en cours d'exploitation afin d'éviter les défaillances de cause commune ou d'atténuer leurs conséquences. Les données ICDE comprennent à la fois les événements notifiés aux organismes réglementaires et ceux fondés sur une analyse complémentaire de base de données relatives aux centrales nucléaires couvertes par un droit de propriété. Les principales conclusions du projet sont rendues publiques.

moins de 50 % des événements. Environ la moitié de ces derniers ont été provoqués par des défaillances physiques dans les éléments constitutifs des batteries, près de 30 % par des défaillances électriques, quelque 20 % par des interventions humaines directes, et dans un cas la cause était un vieillissement prématuré imputable à un manque d'entretien. Les données laissent à penser que la majorité des événements liés à des opérations d'entretien et d'essai pourraient être évités par des pratiques appropriées et une surveillance de la continuité des circuits.

Dans l'ensemble, il ressort du projet que pour éviter les défaillances de cause commune dans les centrales nucléaires, il faudrait : 1) améliorer l'analyse des carences dans les procédures d'exploitation, de maintenance et d'essai en vigueur susceptibles de provoquer une défaillance de cause commune de systèmes redondants ; 2) renforcer le contrôle global des travaux ; 3) faire une description systématique des phases d'essai requises dans la requalification des composants ou des systèmes après l'exécution de travaux de maintenance, de

réparation ou de mise en conformité ; et 4) intensifier la formation, soigner davantage l'ergonomie et multiplier les verrouillages de sécurité. Ces conclusions s'appliquent à tous les types de composants qui ont été analysés dans le projet ICDE.

Conclusions

La plupart des événements significatifs notifiés récemment dans les réunions internationales se sont déjà produits auparavant sous une forme ou sous une autre. De même, la plupart des thèmes soulevés dans les notes techniques de 2001-2002 et de 2002-2003 demeurent d'actualité. Les contre-mesures sont souvent bien connues, mais les informations ne semblent pas toujours parvenir à l'utilisateur final et/ou les programmes d'actions correctives ne sont pas toujours rigoureusement appliqués. Des efforts supplémentaires doivent être déployés à l'échelon international pour échanger l'expérience acquise sur les questions de sûreté et leurs solutions, et pour faire en sorte que les informations parviennent à l'utilisateur final dans les centrales nucléaires.

Les principales conclusions, à savoir que l'exploitation et la

maintenance sont les causes les plus fréquentes des défaillances de cause commune, et un certain nombre d'événements récents ayant trait au rôle croissant des entreprises de maîtrise d'œuvre et des sous-traitants, montrent que les compagnies d'électricité et les autorités de sûreté doivent probablement renforcer la surveillance des modes d'organisation, de la compétence et de la culture de sûreté des titulaires d'autorisations pour garantir la sûreté de l'exploitation et de la maintenance des centrales nucléaires.

Enfin, une bonne gestion de la sûreté passe par un programme de notification et d'analyse des données de l'expérience d'exploitation, comme le stipule la Convention sur la sûreté nucléaire. Par ailleurs, de nombreux domaines critiques requièrent un examen de l'expérience acquise en cours d'exploitation à des niveaux inférieurs à celui de la centrale et du rapprochement de cet examen avec d'autres analyses – par exemple les EPS, l'analyse de l'organisation et des tâches, l'analyse des matériaux et les calculs thermohydrauliques – pour trouver des solutions permanentes. Une telle approche pluridisciplinaire est un défi lancé aux responsables de la sûreté nucléaire sur la voie d'une gestion de la sûreté renouvelée. ■

Notes

1. « *Lessons Drawn From Recent Nuclear Power Plant Operating Experience* », NEA/CSNI/R(2005)4.
2. Les deux premières notes techniques du WGOE portent les cotes NEA/CSNI/R(2002)24 et NEA/CSNI/R(2004)4.
3. « *ICDE Project Report: Collection and Analysis of Common-cause Failures of Batteries* », NEA/CSNI/R(2003)19.