

Sûreté nucléaire

ISBN 92-64-01045-9

Avis Techniques du CSIN

No. 6

Analyse d'événements fondée sur l'EPS

© OCDE 2004
NEA n° 4410

AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996), la Corée (12 décembre 1996) et la République slovaque (14 décembre 2000). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

L'AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1^{er} février 1958 sous le nom d'Agence européenne pour l'énergie nucléaire de l'OECE. Elle a pris sa dénomination actuelle le 20 avril 1972, lorsque le Japon est devenu son premier pays membre de plein exercice non européen. L'Agence compte actuellement 28 pays membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

- d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques ; et
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales des politiques réalisées par l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne, avec laquelle un Accord de coopération est en vigueur, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

© OCDE 2004

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France. Tél. (33-1) 44 07 47 70. Fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, ou CCC Online : <http://www.copyright.com/>. Toute autre demande d'autorisation ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

COMITÉ SUR LA SÛRETÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

Le Comité de l'AEN sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) est un comité international composé de scientifiques et d'ingénieurs de haut niveau. Il a été créé en 1973 afin de mettre en place et de coordonner les travaux de l'Agence pour l'énergie nucléaire sur les aspects techniques de la conception, de la construction et de l'exploitation des installations nucléaires qui ont des répercussions sur la sûreté de ces installations. Ce comité a pour objectif d'encourager la coopération en sûreté nucléaire entre les pays Membres de l'OCDE.

Le CSIN est un lieu d'échange d'informations techniques propice à la collaboration entre organisations où chacune d'entre elles peut, en fonction de ses qualifications respectives dans le domaine de la recherche, du développement, de la technique ou de la réglementation, apporter sa contribution aux activités ainsi qu'à la définition du programme de travail. Le Comité dresse également des bilans des connaissances sur des aspects de la technologie de la sûreté nucléaire et de l'évaluation de la sûreté, y compris le retour d'expérience. Il lance et conduit des programmes établis en fonction de ces bilans et évaluations de façon à éliminer les incohérences, concevoir des améliorations et parvenir à un consensus international sur des questions techniques d'intérêt commun. Il favorise la coordination des travaux dans les différents pays Membres en lançant notamment des projets de recherche en coopération et contribue à la communication des résultats aux organisations participantes. Le Comité utilise pleinement tous les modes classiques de coopération tels que les échanges d'informations, la création de groupes de travail et l'organisation de conférences et de réunions de spécialistes.

Le programme de travail actuel du CSIN porte pour l'essentiel sur la technologie des réacteurs à eau. Dans ce domaine, le Comité s'intéresse essentiellement au retour d'expérience et aux facteurs humains, au comportement du circuit primaire, aux divers aspects de l'intégrité des réacteurs, à la phénoménologie des rejets de substances radioactives lors d'accidents et à leur confinement, au comportement de l'enceinte, à l'évaluation des risques et aux accidents graves. Il étudie également la sûreté du cycle du combustible, revoit périodiquement les programmes de recherche en sûreté des réacteurs et gère un mécanisme international d'échange de rapports d'incidents ayant une importance pour la sûreté dans les centrales nucléaires.

Pour les besoins de son programme, le CSIN établit des mécanismes de coopération avec le Comité de l'AEN sur les activités réglementaires (CANR) qui est responsable des activités de l'Agence dans les domaines de la réglementation, des autorisations et de l'inspection de la sûreté des installations nucléaires. Il coopère également avec le Comité de protection radiologique et de santé publique et avec le Comité de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN sur des sujets d'intérêt commun.

* * * * *

Les idées exprimées et les arguments avancés dans le présent rapport n'engagent que leurs auteurs et ne représentent pas nécessairement ceux de l'OCDE.

Pour tout exemplaire supplémentaire, s'adresser à :

Division de la sûreté nucléaire
Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire
Le Seine St-Germain
12 boulevard des Iles
92130 Issy-les-Moulineaux, France

AVANT-PROPOS

Le Groupe de travail sur l'évaluation des risques (WGRISK) du Comité de l'AEN sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) a pour mission principale de faire progresser la connaissance et l'utilisation des études probabilistes de sûreté (EPS) en vue d'assurer le maintien de la sûreté des installations nucléaires et d'améliorer l'efficacité des pratiques réglementaires dans les pays membres de l'AEN. Le Groupe de travail prend en considération les différentes méthodologies disponibles pour identifier les facteurs de risque et il en détermine l'importance, tout en continuant de s'intéresser de près aux méthodologies plus éprouvées utilisées pour les EPS de niveau 1 et de niveau 2, et celles relatives aux agressions internes et externes, et aux états d'arrêt. Il étudie aussi, le cas échéant, la possibilité d'appliquer et l'état d'avancement des méthodes d'EPS pour des problèmes évolutifs tels que la fiabilité humaine, la fiabilité des logiciels et les questions liées au vieillissement.

Les avis techniques sont considérés comme l'un des produits les plus importants du WGRISK et à ce titre sont rédigés lors de la parution de tout nouveau rapport, de l'achèvement d'un atelier ou de la tenue de débats approfondis. Le présent avis technique reflète l'opinion générale des analystes et des experts en matière de risque dans les pays membres de l'AEN concernant l'état des connaissances dans l'analyse d'événements fondée sur l'EPS (AEEPS)¹ appliquée aux centrales nucléaires. Il s'agit de fournir aux décideurs au sein de la communauté nucléaire un avis clair sur l'état d'avancement des connaissances en matière d'AEEPS.

Le Secrétariat de l'AEN tient tout particulièrement à remercier Monsieur Pieter De Gelder, Responsable de la tâche au sein du WGRISK et principal auteur de l'avis, qui a bien voulu faire don de son temps et de ses vastes connaissances pour la rédaction de cette publication. Le Secrétariat souhaite

1. Dans cet avis technique, l'expression « analyse d'événements fondée sur l'EPS (AEEPS) » sera utilisée comme synonyme d'autres expressions fréquemment utilisées telles que : analyse probabiliste des événements, analyse de l'événement précurseur d'une séquence d'accidents, analyse probabiliste de l'événement précurseur et analyse de l'événement précurseur.

également remercier les membres du WGRISK et l'Association Vinçotte Nucléaire (AVN) de Belgique qui, en accueillant les réunions annuelles consacrées à l'analyse d'événements fondée sur l'EPS, a largement contribué au succès de cette entreprise.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.....	5
Perspective	9
Introduction	11
Contexte	11
Considérations générales.....	12
Méthodologie générale applicable à l'analyse d'un événement.....	13
Discussion	17
Conclusions et recommandations.....	21
Références.....	22

PERSPECTIVE

Ashok Thadani

Président du CSIN

La réglementation de la sûreté nucléaire est traditionnellement déterministe et caractérisée par des règles prescriptives en matière de conception, d'exploitation et d'assurance qualité. En général, on fait des hypothèses conservatives à tous les stades pour pallier l'absence de connaissances des événements envisagés et des processus physiques en jeu. Cette approche sert également souvent à obtenir des marges de sûreté importantes. Les règles et réglementations ont été conçues à une époque où l'étude probabiliste de sûreté n'était pas très au point. Néanmoins, des considérations probabilistes ont été utilisées pour conclure qu'il était sans objet de prendre en compte certains accidents dans la conception (par exemple, rupture de la cuve sous pression) et ont également conduit à des prescriptions visant la redondance des voies de sûreté (protection contre une défaillance unique).

Au cours des 25 années qui se sont écoulées depuis la publication de WASH 1400, les EPS sont devenues un complément important à l'analyse déterministe dans la vérification et l'amélioration du niveau de sûreté d'une installation en mettant en évidence les faiblesses de conception. Les progrès rapides et les nouveaux instruments mis au point au cours de la dernière décennie ont démontré l'utilité de l'EPS dans de nombreuses applications de la sûreté. À condition d'être utilisée à bon escient, l'EPS est un instrument efficace à l'appui du processus décisionnel dans le contexte de la gestion des risques liés aux centrales nucléaires. Cela concerne les décisions prises par les concepteurs, les exploitants ou les autorités de sûreté.

Ces dernières années les progrès de la méthodologie ont conduit à un emploi beaucoup plus fréquent de l'EPS pour la réglementation. Cette tendance montre à quel point l'EPS s'impose comme un outil précieux pour aider les responsables de la réglementation dans leur travail. Plus l'expérience s'accumule, plus le rôle de l'EPS s'accroît dans de nombreux domaines de la sûreté des centrales nucléaires, d'où l'intérêt de plus en plus vif des experts de l'EPS à l'égard de cet instrument pour augmenter l'efficacité des pratiques réglementaires.

Les approches déterministe et probabiliste ont l'une et l'autre leurs points forts et leurs points faibles. Les études menées au cours des dernières années ont montré qu'il était difficile de déterminer l'importance, du point de vue des risques, des événements d'exploitation qui se sont produits, qu'ils soient ou non inclus dans l'EPS (à l'évidence, c'est plus difficile dans le second cas). En revanche, on a pu aussi constater qu'une bonne connaissance des risques pouvait se traduire par une amélioration de la sûreté et une réduction des contraintes réglementaires superflues.

Le présent avis technique permet au lecteur de mieux cerner les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'EPS dans l'analyse des événements d'exploitation en vue de faciliter un meilleur retour d'expérience en matière d'exploitation. Certaines des critiques concernant le traitement limité des incertitudes épistémiques et aléatoires, ainsi que la problématique de l'exhaustivité, valent aussi bien pour l'approche déterministe que pour l'approche probabiliste. Il importe que nous continuions à perfectionner les techniques probabilistes pour aborder les questions dans toutes leurs dimensions. Cependant, il convient de noter que la méthodologie est suffisamment au point pour permettre, tant aux autorités de sûreté qu'aux exploitants, de prendre des décisions plus efficaces. Le présent document technique aborde un aspect important qui touche aux enseignements que nous tirons de l'expérience acquise en matière d'exploitation. Il décrit comment on peut utiliser les techniques d'EPS pour analyser les événements d'exploitation ou les conditions dégradées afin de mieux appréhender leur importance en termes de risques, d'où la prise de décisions en meilleure connaissance de cause.

L'ANALYSE D'ÉVÉNEMENTS FONDÉE SUR L'EPS

Introduction

Le présent avis technique reflète l'avis général des analystes et des experts en matière de risque dans les pays membres de l'AEN sur l'état actuel d'avancement des connaissances dans l'analyse d'événements fondée sur l'EPS (AEEPS)* appliquée aux centrales nucléaires. Il s'agit de donner aux décideurs au sein de la communauté nucléaire un avis technique clair sur l'état d'avancement de l'AEEPS. Le document s'adresse donc en premier lieu aux autorités de sûreté nucléaire, aux chercheurs de haut niveau et aux dirigeants d'entreprise. Les autorités gouvernementales et les exploitants de centrales nucléaires pourraient y trouver matière à intérêt.

Contexte

Le retour d'expérience en matière d'exploitation joue depuis longtemps un rôle fondamental dans le maintien de la sûreté d'exploitation des centrales nucléaires.

L'objectif final de la présente analyse du retour d'expérience en matière d'exploitation est de déterminer les actions éventuelles (modifications de la conception ou changements dans les conditions d'exploitation) qui peuvent être entreprises pour éviter la répétition d'un événement donné ou d'événements analogues dans l'avenir. Le retour d'expérience en matière d'exploitation consiste à analyser les événements d'exploitation dans la centrale nucléaire où ils se sont produits, voire dans d'autres centrales.

À l'origine, les événements d'exploitation ont été analysés selon une approche « déterministe ». Dans cette approche, on procède essentiellement à une analyse approfondie de l'événement d'exploitation pour déterminer, entre autres, les causes profondes, les facteurs aggravants qui sont apparus pendant l'événement, et les mesures possibles pour éviter qu'il ne se reproduise.

On dispose aujourd'hui d'une Étude probabiliste de sûreté (EPS) pour la plupart des centrales nucléaires. Elle complète l'approche déterministe pour

* Dans le présent document, l'expression « analyse d'événements fondée sur l'EPS (AEEPS) » sera utilisée comme synonyme d'autres expressions fréquemment utilisées telles que : « analyse probabiliste des événements », « analyse de l'événement précurseur d'une séquence d'accidents », « analyse probabiliste de l'événement précurseur », « analyse de l'événement précurseur ».

l'évaluation globale de la sûreté des centrales nucléaires. L'une des applications de l'EPS qui a été mise au point consiste à analyser les événements d'exploitation. Dans le passé, cette application a souvent été appelée « analyse de l'événement précurseur d'une séquence d'accident » (principalement fondée sur le programme élaboré à l'origine aux États-Unis) ; ultérieurement d'autres expressions ont été employées notamment « l'analyse probabiliste des événements » ou « l'analyse d'événements fondée sur l'EPS (AEEPS) ».

Il y a maintenant de nombreuses années que l'analyse des événements d'exploitation est étayée par cette approche probabiliste qui est le sujet du présent avis technique.

Considérations générales

Types d'événements à analyser

Un événement est qualifié d'événement direct (quand il a eu lieu à la centrale faisant l'objet d'une analyse EPS) ou d'événement transposé (lorsque l'événement s'est produit dans une autre centrale). L'analyse d'un événement transposé peut être utile pour évaluer la pertinence des événements pour une autre centrale ou un autre modèle de centrale.

On peut distinguer trois types d'événements :

- Événement initiateur réel, lorsque l'événement d'exploitation correspond à un événement initiateur tel que modélisé dans l'EPS, ou qui pourrait être modélisé dans l'EPS.
- Événement initiateur potentiel, lorsqu'une perturbation réelle de la centrale ayant nécessité une réaction de la centrale ou de l'opérateur n'a pas conduit à un événement initiateur. On pourrait citer à titre d'exemple une défaillance d'un système support qui a été corrigée avant un arrêt automatique du réacteur.
- Événement conditionnel, dans lequel la capacité de la centrale à réagir à un événement initiateur quelconque est compromis ou dans lequel la fréquence prévue d'événements initiateurs est modifiée. Un événement de type conditionnel provoque une augmentation de la fréquence instantanée d'endommagement du cœur pendant une durée déterminée.

Exigences concernant le modèle d'EPS et préparation du modèle d'EPS pour l'AEEPS

Il y a évidemment des conditions particulières à respecter pour que les modèles d'EPS soient en mesure de réaliser des analyses de précurseurs, notamment une documentation complète du modèle et un code informatique offrant des capacités de quantification suffisantes. Ces exigences seront cependant satisfaites dans la plupart des EPS les plus récentes.

Avant d'entamer une analyse d'événements, un certain nombre d'opérations doivent être effectuées sur le modèle d'EPS à utiliser. Ainsi, il faut s'assurer notamment que les quantifications du modèle, la compilation des informations sur l'étude EPS et sur les pratiques de maintenance de la centrale, ou les considérations relatives aux critères de sélection sont d'une qualité suffisante.

Sélection

La sélection des événements d'exploitation à analyser au moyen de l'AEEPS est la première question importante, mais elle est traitée à part. La politique de sélection dépend également des objectifs du programme d'AEEPS en jeu. Cependant, en général, des critères de sélection qualitatifs et quantitatifs sont utilisés pour réduire le nombre d'événements à analyser en détail. Ensuite, on fait l'hypothèse que les événements éliminés, soit sont négligeables du point de vue de la sûreté, soit ne peuvent pas être analysés au moyen d'une AEEPS. Les critères de sélection peuvent comprendre des considérations sur le domaine couvert et les hypothèses de l'EPS, le nombre et la nature des barrières de sûreté affectées, l'occurrence des défaillances de cause commune, le surcroît d'indisponibilité des équipements de sûreté, la durée de l'événement, etc.

Méthodologie générale applicable à l'analyse d'un événement

La méthodologie générale applicable à l'analyse de type AEEPS d'un événement se déroule classiquement comme suit.

Activités pré-analyse

Cette tâche préalable à l'analyse consiste à initialiser le processus d'analyse de l'événement. Il s'agit de collecter les données de départ disponibles concernant l'événement.

En outre, les objectifs de l'analyse sont fixés, compte tenu de toutes contraintes existantes portant sur l'analyse (informations limitées, main d'œuvre, etc.).

Compréhension de l'événement

L'analyste doit d'abord se faire une idée claire des événements constitutifs de l'incident, tels que les conditions initiales du réacteur, tout appel d'arrêt automatique du réacteur, toutes sollicitations des systèmes de sauvegarde ou interventions de l'opérateur faisant suite à un arrêt du réacteur ou à une réduction de puissance, toute intervention qui aurait dû être effectuée par l'opérateur mais ne l'a pas été, toute modification dans l'état de fonctionnement de la centrale défini dans l'EPS, et les conditions finales du réacteur.

Ce travail aboutit à l'élaboration d'un diagramme qui synthétise l'interprétation de l'événement faite par l'analyste, dans une forme permettant d'introduire des activités ultérieures dans l'analyse d'événements. Ce diagramme peut contenir plusieurs phases, lorsqu'un événement s'étend sur plus d'un état de fonctionnement de la centrale.

L'événement est représenté au niveau des composants de façon à pouvoir établir un lien avec le modèle EPS à un stade ultérieur de l'analyse. Les données suivantes sont généralement prises en compte : conditions initiales, y compris des informations sur les composants dont on sait qu'ils étaient défectueux, dégradés ou en maintenance préventive au moment de l'événement, tout composant défectueux rétabli ultérieurement par l'opérateur, risque de défaillance de cause commune, etc.

Modélisation de l'événement

La modélisation de l'événement (souvent également appelée « mapping » de l'événement sur le modèle EPS), consiste classiquement à : déterminer les arbres d'événements à utiliser pour modéliser la(les) phase(s) de l'événement, vérifier que les modèles à utiliser pour l'analyse de l'événement ne comporte pas de simplifications indues, identifier les événements de base dans le modèle EPS qui doivent être modifiés pour modéliser l'événement, apporter des modifications au modèle (par exemple, pour tenir compte du fait que les interventions appropriées des opérateurs pour rétablir la situation sont souvent ignorées dans le modèle EPS de base) et définir les ensembles de données de base.

Quantification

La tâche de quantification se décompose généralement comme suit : une quantification préliminaire qui fournit les informations initiales sur l'événement et permet à l'analyste de cerner des aspects particuliers susceptibles de requérir une attention accrue, un examen destiné à déterminer si une analyse plus approfondie des interventions de récupération est appropriée, une quantification finale.

Pour la quantification, on applique le principe de la mémorisation des défaillances : toutes les défaillances observées au cours de l'événement (qu'il s'agisse de défaillances affectant des équipements ou des interventions malencontreuses des opérateurs) sont modélisées en tant que telles dans l'analyse de l'événement ; les défaillances partielles (c'est-à-dire un fonctionnement anormal d'un équipement) sont également modélisées en tant que telles, d'où une augmentation de leur probabilité de défaillance. Cependant, les réactions adéquates du système et des opérateurs ne sont pas prises en compte, autrement dit, on applique leurs probabilités de défaillance nominales. (Si on prenait en compte les réactions appropriées, leur probabilité de défaillance seraient fixées à zéro et le CCDP (voir ci-dessous) serait égal à zéro pour tous les événements qui n'ont pas entraîné de dommages au cœur).

Les mesures de la gravité des événements les plus fréquemment utilisées sont :

- la probabilité conditionnelle de dommages au cœur (CCDP), représentant la probabilité d'un dommage au cœur subordonnée à l'occurrence de l'incident ;
- la fréquence instantanée de dommages au cœur (ICDF), qui est seulement une mesure appropriée de la gravité d'un événement de type conditionnel, et qui sert de donnée d'entrée dans le calcul de la probabilité conditionnelle de dommages au cœur imputable à l'événement.

Analyse « What if? » (inductive)

Cette opération est facultative. Elle fournit une analyse structurée des questions relatives à la sensibilité d'un incident. Plusieurs analyses « What if? » sont proposées, notamment : variantes de l'état de fonctionnement de la centrale ; équipement indisponible ; défaillances de cause commune ; performances généralement médiocres des opérateurs ; défaillances des opérateurs et

des systèmes ; modélisation d'un événement analogue dans un lieu différent ; modélisation avec omission d'un test.

Les analyses « What if? » sont souvent utiles pour obtenir un tableau plus complet des questions potentielles de sûreté en cause. En pratique, il n'est pas facile de formuler en termes strictement probabilistes tous les événements et les variantes de conditions possibles : comme leur probabilité d'occurrence reste non quantifiée, on ne peut pas les inclure dans un modèle probabiliste général en vue d'obtenir une valeur globale de la CCDP. S'ils sont potentiellement pertinents, il faut donc les prendre en compte dans une analyse « What if? » : une hypothèse différente qui est quantifiée séparément.

Par conséquent les analyses « What if? » peuvent être utilisées pour élaborer et évaluer des scénarios plausibles qui s'écartent de la séquence d'événements ou des conditions particulières qui prévalaient lors de l'incident qui s'est produit, et qui ont des probabilités d'occurrence non quantifiées, mais qui pourraient induire une CCDP plus élevée – peut-être sensiblement. Ces analyses pourraient apporter un surcroît d'informations pertinentes pour la définition de mesures correctives appropriées.

Enfin, les analyses « What if? » peuvent aussi être utilisées pour évaluer l'impact d'interventions correctives proposées.

Analyses et interprétations des résultats

Cette tâche implique classiquement : l'identification des contributeurs dominants aux risques découlant de l'événement, l'étude de la sensibilité des résultats obtenus à des modifications raisonnables (réalisables) dans les hypothèses ou les valeurs des données utilisées, l'étude de l'effet sur les résultats obtenus des incertitudes relatives à l'analyse.

Conclusions et présentation des résultats

Le rapport final donne un aperçu général de l'analyse telle qu'elle est réalisée, explicite toutes les étapes de la modélisation et souligne les conclusions dégagées. Il présente en particulier : le risque estimé imputable à l'événement, la détermination de scénarios « What if? » significatifs, les conclusions tirées du travail d'analyse et d'interprétation des résultats. Cette documentation détaillée s'adresse en priorité à des spécialistes de l'EPS (à des fins de revue, pour la traçabilité des analyses, etc.). Un exposé de synthèse est très souhaitable : un tel document est particulièrement utile aux non-spécialistes

de l'EPS (inspecteurs de centrales, décideurs, etc.), qui s'intéressent davantage aux enseignements tirés de l'analyse des événements et aux mesures correctives qui pourraient être prises.

Dans le cadre du retour d'expérience en matière d'exploitation, il est également possible de suggérer des solutions ou des améliorations destinées à réduire la probabilité d'occurrence de séquences d'événements analogues ou de réduire les risques qui leur sont associés. Le comportement de la centrale en cas de répétition de l'événement après la mise en oeuvre de ces améliorations peut souvent être quantifié et donc utilisé par les décideurs comme un argument de sûreté.

Dans les pays ayant un programme d'AEEPS d'envergure, un traitement statistique des résultats peut être effectué de façon à suivre l'évolution des risques et à déceler les tendances.

L'AEEPS peut également susciter un retour d'informations sur le modèle d'EPS lui-même, par exemple des suggestions visant à élargir ou à améliorer le modèle, à éliminer les hypothèses indues relevées dans la modélisation de l'événement, etc.

Discussion

L'OCDE/AEN est très active dans le domaine du retour d'expérience concernant l'exploitation des centrales nucléaires. Le Groupe de travail sur l'expérience acquise en cours d'exploitation (WGOE, anciennement GTP 1), a une longue pratique de la notification des événements et des discussions connexes sur le retour d'expérience en matière d'exploitation. L'AEEPS est inscrit au programme de travail du Groupe de travail sur l'évaluation des risques (WGRisk, anciennement GTP 5). Dans le passé, des réunions communes du WGOE et du WGRisk consacrées à l'AEEPS ont été organisées en vue de mettre en présence les utilisateurs finaux (essentiellement représentés par le WGOE) et les personnes engagées dans la mise au point méthodologique et dans l'exécution de l'AEEPS (essentiellement représentées par le WGRisk). Ces réunions ont débouché sur l'organisation d'un Atelier commun WGOE/WGRisk sur l'analyse des événements précurseurs. Les arguments figurant dans le présent Avis technique s'inspirent largement de cet Atelier [1].

Avantage de l'analyse d'événements fondée sur l'EPS

L'AEEPS étant appliquée depuis de nombreuses années dans le processus de retour d'expérience en matière d'exploitation dans plusieurs pays [2], et cette méthode étant considérée comme une application éprouvée de l'EPS, nul ne conteste plus l'intérêt de l'utilisation de cette approche probabiliste pour compléter l'analyse déterministe. En effet, l'AEEPS apporte des éléments d'information et ouvre des possibilités supplémentaires par rapport à l'analyse déterministe des événements, par exemple :

- elle fournit une quantification approximative, en termes de risques, de l'importance de l'événement qui est parfois étonnamment élevée ou faible ;
- elle convient particulièrement bien (comparée à l'approche déterministe) pour évaluer l'importance des événements présentant des défaillances et/ou des indisponibilités multiples ;
- elle donne des informations utiles sur les lignes de défense qui demeurent pour cet événement particulier ;
- elle contribue à déterminer le degré approprié d'attention qu'il convient d'accorder au suivi d'un événement ;
- la méthodologie permet d'appréhender des événements ou des combinaisons d'événements relativement complexes ;
- elle peut être utilisée pour faciliter la détermination et évaluer la pertinence de mesures correctives éventuelles ;
- elle permet d'étudier des scénarios « What if? » et de déceler des aspects de la sûreté qui pourraient avoir été omis ou sous-estimés ;
- elle peut être utilisée pour suivre l'évolution de la performance des centrales ou de l'industrie dans le temps ;
- les résultats peuvent être utilisés pour confirmer ou contrôler un niveau de sûreté ; et
- l'analyse est utile pour recenser les anomalies qui requièrent une attention particulière.

Mise au point et harmonisation de la méthodologie

Dans certains pays, de grandes organisations ont élaboré leur propre méthodologie en matière d'AEEPS. D'autres pays se sont rassemblés pour

mettre au point un cadre de procédures commun. Plusieurs instances permettent d'échanger des informations techniques (parfois détaillées) sur la méthodologie de l'AEEPS. Les échanges et les efforts conjugués ont conduit à une certaine harmonisation, encore que des différences demeurent (demeureront).

L'harmonisation entre les programmes s'est incontestablement inscrite dans le contexte de la complexification croissante des modèles. En effet, dans le passé, des modèles simplifiés ont été abondamment utilisés pour l'AEEPS. Du fait de l'accroissement des capacités de quantification et des besoins des utilisateurs à l'intérieur et à l'extérieur des programmes d'AEEPS, les modèles probabilistes se sont perfectionnés. Aujourd'hui, on utilise souvent l'éventail complet des modèles d'EPS les plus modernes pour les AEEPS. Il n'est pas possible de fixer le niveau de détail optimal pour les modèles. D'un côté, on pouvait dans certains cas utiliser des modèles simplifiés, bien qu'il faille insister sur la nécessité d'une modélisation en profondeur de la totalité des dépendances, en particulier en ce qui concerne les systèmes support (systèmes de refroidissement, systèmes électriques, CI, air d'instrumentation, ...). D'un autre côté, même quand on utilise la panoplie complète des modèles d'EPS, il est parfois nécessaire d'élargir ou d'améliorer jusqu'à un certain point le modèle d'EPS existant pour modéliser correctement un événement donné.

Néanmoins, les échanges d'informations en cours sur l'AEEPS montrent également la persistance possible de différences méthodologiques entre les programmes, souvent imputables à des divergences dans les objectifs du programme de l'AEEPS. À cet égard, on peut citer : l'analyse des événements de longue durée (impact évalué pendant la durée de l'événement ou pendant une durée d'un an), événements applicables à de nombreuses centrales (impact à multiplier par le nombre de centrales ou à évaluer par centrale), événements dégradés, etc.

Une très grande prudence est donc de mise lorsque l'on essaie de comparer les résultats chiffrés de programmes d'AEEPS différents. On sait bien, par exemple, qu'un large éventail de mesures des risques est utilisé dans différents programmes d'AEEPS. Les différences portent notamment sur les mesures des risques relatives à des événements donnés (ICDF, CCDP, importance des événements, ...) ou les mesures des risques concernant la totalité du parc nucléaire d'un pays donné (par exemple, l'indice annuel ASP aux États-Unis, etc.) ; la plupart des pays ont recours à des mesures des risques relatifs à des dommages au cœur alors que d'autres renvoient à un risque d'atteindre des situations hors-dimensionnement. Une harmonisation de ces aspects n'est pas absolument nécessaire, car ils peuvent être tributaires des objectifs du programme d'AEEPS, mais il faudrait, dans chaque application, définir et expliciter les mesures des risques utilisées. En outre, d'autres aspects tels que

des approches différentes dans les hypothèses concernant la disponibilité ou l'indisponibilité des composants, les défaillances potentielles de mode commun, etc., accroissent la nécessité de faire preuve de circonspection dans la comparaison des résultats chiffrés de programmes d'AEEPS différents.

Plusieurs raisons doivent inciter à la prudence dans l'utilisation de l'AEEPS pour examiner les tendances. En effet, les modifications effectuées au fil du temps dans les critères de sélection, dans la méthodologie d'analyse ainsi que dans la portée et les hypothèses de l'EPS, l'évolution de modèles simplifiés vers des modèles très détaillés et les mises à jour périodiques des modèles d'EPS sont autant de rappels de la nécessité d'aborder l'analyse des tendances avec une très grande prudence.

L'extension de l'AEEPS aux EPS de niveau 2 constitue une avancée future éventuelle de la méthodologie qu'il conviendrait d'envisager, en particulier dans la perspective d'une hiérarchisation appropriée des risques. En effet, la plupart des mesures de risque examinées ci-dessus sont axées sur le risque de dommages causés au cœur (fournies par l'EPS de niveau 1), alors que les mesures de risques relatives à la fréquence et à l'ampleur des rejets sont plus appropriées pour l'évaluation des conséquences radiologiques. Cette extension méthodologique permettrait de mieux hiérarchiser les événements qui peuvent amener à dépasser l'enceinte de confinement (par exemple, rupture de tube de générateur de vapeur, dégradation de l'isolation de l'enceinte de confinement, etc.).

Complémentarité et intégration plus poussée des méthodes déterministes et probabilistes

La complémentarité des deux approches est claire. On ne peut pas faire une bonne analyse probabiliste d'un événement sans disposer au préalable d'une analyse déterministe détaillée, c'est-à-dire de la (des) cause(s) profonde(s) de l'événement. L'approche probabiliste, quant à elle, quantifie les conséquences éventuelles et peut donc apporter des informations supplémentaires précieuses concernant l'importance d'événements et de scénarios d'événements analogues. Alors que l'approche déterministe privilégie essentiellement les causes profondes d'un événement, l'approche probabiliste donne des informations (par ailleurs quantitatives) sur les lignes de défense qui restent concernant cet événement.

En outre, la nécessité de continuer à appliquer les deux approches de façon complémentaire dans le processus de retour d'expérience en matière d'exploitation est également évidente, car certains événements se prêtent mal au

traitement probabiliste. Ainsi, quand les événements où les causes profondes tiennent en grande partie à des facteurs organisationnels, l'impact sur la performance globale de la centrale (probabilités accrues d'erreur humaine, probabilités accrues de défaillances ou d'indisponibilités, etc.) est difficile à chiffrer.

Beaucoup de pays ont inscrit la poursuite de l'intégration des analyses déterministes et probabilistes des événements dans les objectifs du processus de retour d'expérience en matière d'exploitation. Cependant, aucune recommandation précise sur les moyens d'y parvenir ne se dégage aujourd'hui. Il est suggéré aux Groupes de travail WGOE et WGRisk [1] de s'intéresser également à ce problème.

Dans ce contexte, on pourrait se demander si la notification d'un événement (par exemple via l'INES, ...) ne devrait pas être assortie de davantage d'informations sur les risques. Il est clair que l'INES a été conçu comme un système destiné à informer rapidement le public et que ce choix ne permet pas d'attendre de résultats d'analyses plus sophistiquées. Toutefois, d'importantes incohérences entre la hiérarchisation INES et celle découlant des mesures des risques sont relevées régulièrement et elles devraient retenir une attention appropriée. Dans certains pays, des études sont en cours pour inclure plus systématiquement les mesures des risques dans la hiérarchisation des événements d'exploitation.

Conclusions et recommandations

L'utilisation de l'AEEPS dans le processus de retour d'expérience en matière d'exploitation est désormais largement répandue. Cette approche a montré ses avantages, surtout en combinaison avec l'approche déterministe.

Au fil des années, on a observé une certaine harmonisation dans la méthodologie et son application. Les différences qui demeurent sont mieux connues, ainsi que leurs raisons et leurs conséquences sur les résultats. Cependant, il est vivement recommandé de maintenir le rythme actuel soutenu des échanges internationaux concernant cette approche.

Un recours plus fréquent à l'EPS de niveau 2 pour évaluer des événements donnés (en particulier, ceux mettant en jeu un bipasse de l'enceinte de confinement ou une dégradation de l'isolement de l'enceinte de confinement) devrait être préconisé.

Il est en outre recommandé aux Groupes de travail de l'OCDE, WGOE et WGRisk, de continuer à conjuguer leurs efforts visant à intégrer plus étroitement les approches déterministe et probabiliste.

Références

- [1] AEN (2003), "Proceedings of the Joint WGOE/WGRISK Workshop on Precursor Analysis", tenu à Brussels, 28-30 mars 2001, rapport NEA/CSNI/R(2003)11.
- [2] AEN (2002), "The Use and Development of Probabilistic Safety Assessment in NEA member countries", rapport [NEA/CSNI/R\(2002\)18](#).

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE