

## **Avis techniques du CSIN**

No. 4

### *L'évaluation probabiliste de la fiabilité humaine dans les centrales nucléaires*

*Préparé par*

Stefan Hirschberg, PSI, Suisse

*Commentaires par*

George Apostolakis, États-Unis

Attila Bareith, Hongrie

Vinh N. Dang, Suisse

Jaroslav Holy, République tchèque

Manuel Lambert, France

Jeanne-Marie Lanore, France

Pierre Le-Bot, France

Johannes Mertens, Allemagne

Pekka Pyy, OCDE/AEN

Ann Ramey Smith, États-Unis

Bernhard Reer, Suisse

Anthony Spurgin, États-Unis

Olivier Sträter, Belgique

Magiel F. Versteeg, Pays-Bas

© OCDE 2004

NEA n° 5069

## **ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES**

En vertu de l'article 1<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> 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

La mission du Groupe de travail sur l'évaluation des risques (WGRisk) consiste à faire mieux connaître les études probabilistes de sûreté (EPS) et à en développer les utilisations comme moyens de préserver la sûreté des installations nucléaires dans les pays membres. C'est ainsi que le Groupe de travail s'intéresse aux différentes méthodologies existant pour identifier les facteurs de risque et en évaluer l'importance. Tout en privilégiant les méthodologies les plus évoluées utilisées pour les EPS de niveau 1, de niveau 2, les EPS des agressions externes et internes ainsi que des états d'arrêt, etc., il étudie l'état d'avancement et l'applicabilité des méthodes d'EPS à des problèmes évolutifs tels que la fiabilité humaine, celle des logiciels et les questions de vieillissement.

Il est dit dans le mandat du WGRisk que : « Le Groupe de travail est un lieu d'échange d'informations et de données d'expérience relatives aux activités liées à l'évaluation des risques dans les pays membres. Il établit des avis techniques sur l'applicabilité des divers aspects de l'évaluation des risques, des résultats, des connaissances, et des interactions avec d'autres techniques d'analyse à des questions intéressant la sûreté nucléaire ou la recherche en la matière. Il s'agit notamment de cerner et de hiérarchiser les importantes questions réglementaires exigeant un complément de recherche. »

À la fin des années 1980 et au début des années 1990, le GTP5 de l'AEN (rebaptisé WGRisk en 2000) a publié plusieurs déclarations importantes sur l'évaluation des risques. Le document intitulé « The Role of Quantitative PSA Results in NPP Safety Decision Making » a réuni un large consensus international sur ce sujet et est encore aujourd'hui considéré comme essentiel. Quelque difficile que soit la recherche du consensus sur ces avis techniques, le produit ainsi obtenu représente l'un des volets les plus importants du programme de travail du WGRisk.

Cet avis technique est le fruit des travaux d'un groupe de réflexion composé d'experts, qui a rédigé un rapport sur l'état de l'art et organisé un atelier dans le but de faire avancer le débat et de préparer ce document. Les produits finals ont été examinés et approuvés par les membres du Groupe de

travail sur l'évaluation des risques et le Comité de l'AEN sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN).

Le Secrétariat de l'AEN exprime ses remerciements aux membres du Groupe de travail sur l'évaluation des risques énumérés ci-dessous, qui ont investi leur temps et leurs connaissances considérables dans l'élaboration de ce document. Le Secrétariat tient également à exprimer sa gratitude à plusieurs personnalités de premier plan pour leur participation : M. Stefan Hirschberg et M. Vinh Dang ont permis de préciser les objectifs et d'assurer la coordination d'ensemble des travaux de parachèvement de ce document, ont consacré de nombreuses heures à relire et à finaliser ce rapport et ont largement contribué à étayer l'analyse technique approfondie.

Ont travaillé au sein du Groupe de travail sur l'évaluation des risques Mme Jeanne-Marie Lanore et M. Manuel Lambert, IRSN, France ; M. Pierre Le Bot et Mme Hélène Pesme, EDF, France ; M. Jan Holmberg, VTT, Finlande ; M. Magiel F. Versteeg, VROM, Pays-Bas ; M. Pieter De Gelder, AVN, Belgique ; ainsi que les membres du Groupe de réflexion sur la fiabilité humaine du WGRisk.

## TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.....	5
Introduction.....	9
Pourquoi une EPFH ?.....	9
Évolution des EPFH.....	10
Enseignements des EPS sur l'importance en termes de risque des interventions humaines .....	10
Méthodes de modélisation et de quantification.....	12
Données d'EPFH .....	12
Problèmes.....	13
Enseignements de l'EPFH concernant la sûreté .....	14
Perspective .....	14
Références.....	17





## **AVIS TECHNIQUE SUR L'ÉVALUATION PROBABILISTE DE LA FIABILITÉ HUMAINE (EPFH)**

### **Introduction**

Cet avis technique représente l'opinion des analystes des risques des pays membres de l'AEN sur l'état actuel de l'analyse de la fiabilité humaine dans les études probabilistes de sûreté (EPS) des centrales nucléaires, à savoir les évaluations probabilistes de la fiabilité humaine (EPFH). Il s'agit d'offrir aux responsables nucléaires un point de vue technique clair sur la situation de l'analyse de la fiabilité humaine telle qu'elle est utilisée dans les EPS industrielles. Cet avis s'adresse principalement aux autorités de sûreté nucléaire, aux directeurs de recherche et dirigeants d'entreprises, mais il peut intéresser aussi les autorités publiques, les exploitants de centrales nucléaires ainsi que le grand public.

### **Pourquoi une EPFH ?**

L'homme peut avoir un impact significatif sur la fiabilité et la sûreté de systèmes techniques complexes et c'est pourquoi l'analyse de la fiabilité humaine constitue un volet si important des EPS. Dans ces études les interventions humaines doivent être traitées de manière satisfaisante si l'on veut comprendre les séquences accidentelles et leur contribution relative au risque global. Les principaux objectifs de l'EPFH sont :

1. s'assurer que les principales interventions humaines sont systématiquement identifiées, analysées et prises en compte dans l'étude de sûreté, et cela d'une manière transparente ;
2. quantifier leur probabilité de réussite ou d'échec ;
3. en tirer des enseignements pour améliorer la performance humaine. À titre d'exemple : perfectionner l'interface homme-machine, des procédures et de la formation, mieux adapter les exigences de la tâche aux capacités de l'homme, augmenter les probabilités de réussite de la récupération, limiter le plus possible les effets des dépendances entre erreurs humaines.

Une méthode structurée, systématique, pour évaluer la performance humaine permet de s'assurer que la performance humaine ne risque pas d'avoir des effets négatifs excessifs sur la sûreté et la fiabilité de systèmes technologiques complexes.

### **Évolution des EPFH**

Dans un premier temps, les EPS étaient axées sur la modélisation des matériels et de leur impact sur la sûreté de la centrale. La composante humaine était bien intégrée, dès l'origine, aux modèles, mais elle était traitée superficiellement. Les connaissances en la matière étaient limitées, de même que les données sur le sujet. Les EPS servaient donc en priorité à détecter des défaillances de matériels. Ces EPS ont été à l'origine de multiples mises en conformité de matériels entraînant souvent une baisse de la fréquence d'endommagement du cœur et, dans bien des cas, une augmentation de l'importance relative des erreurs humaines. Il devenait de ce fait nécessaire de relever le niveau de la partie fiabilité humaine de l'EPS, autrement dit, d'élargir et d'approfondir l'analyse. Avec l'évolution des applications des techniques d'EPFH, cette évaluation a pris davantage de place dans les EPS. On peut attribuer ce progrès au fait que l'on ait accordé davantage d'importance à l'analyse qualitative du contexte dans lequel travaillent les opérateurs en fonction de facteurs essentiels tels que les consignes, les possibilités de récupération et les dépendances par rapport à des erreurs antérieures, mais aussi à une plus grande expérience de l'application des méthodes analytiques et aux effets positifs de procédures de revue plus élaborées et efficaces. Or bien que l'on constate un rééquilibrage, dans la modélisation, entre performance du matériel et comportement humain, les EPS d'aujourd'hui sont encore trop centrées sur le matériel. Il serait bon de passer à des EPS davantage tournées vers l'homme, évolution qui risque d'être assez lente, en partie à cause de certaines limites de l'analyse probabiliste du comportement humain, mais aussi du décalage important qui existe entre les avancées de la recherche sur la performance humaine et leur traduction dans les EPS industrielles.

### **Enseignements des EPS sur l'importance en termes de risque des interventions humaines**

Les erreurs liées aux interventions humaines avant un événement initiateur (maintenance et essais) figurent rarement parmi les principaux facteurs de risque. Il s'agit, par exemple, d'erreurs d'étalonnage ou d'erreurs consistant à ne pas remettre les vannes dans la position correcte après des essais ou travaux de maintenance. Normalement, ces erreurs ont peu d'importance du fait de leur

récupérabilité et de la robustesse de la conception de la centrale. Parallèlement, dans certaines EPS, les erreurs latentes sont à peine modélisées de façon explicite ou sont rejetées pour des raisons d'ordre qualitatif. Les incidents et accidents nucléaires et autres, démontrent que des erreurs humaines latentes, combinées à d'autres erreurs humaines ou à des défaillances de matériels, peuvent avoir des conséquences catastrophiques. Il faudrait, par conséquent, s'y intéresser davantage, en particulier lors du traitement des dépendances, et éventuellement revoir la modélisation de ce type d'interventions humaines dans les EPS.

Il est rare que l'on identifie explicitement les interventions humaines à l'origine d'un scénario (initiateurs « FH »), de même que leurs causes précises ne sont pas souvent analysées. On fait souvent l'hypothèse que les fréquences d'initiateurs déduites de l'expérience intègrent ces interventions, démarche qui peut se révéler inadéquate. L'expérience montre que les interventions humaines peuvent contribuer non seulement à un initiateur de type particulier (par exemple, un APRP – accident de perte de réfrigérant primaire), mais aussi à la défaillance d'une fonction requise ultérieurement (l'injection de sécurité, par exemple). Étant donné qu'ils peuvent provoquer une forte dégradation de la sûreté, ces initiateurs de cause commune exigent une modélisation explicite des interventions humaines associées.

La plupart des EPS sont centrées sur la modélisation des actions des opérateurs après un événement initiateur. Certaines de ces actions apparaissent souvent parmi les principaux facteurs de risque. Or, comme ces scénarios anormaux se produisent rarement, on possède peu de données d'expérience sur cette catégorie d'interventions. Les EPS actuelles modélisent normalement les actions imposées par la procédure lors d'une séquence accidentelle donnée (dans le domaine des défaillances appelées erreurs par omission). En dehors de quelques applications limitées, les actions aggravantes (appelées également erreurs de commission ou erreurs par action) ne sont pas systématiquement prises en compte dans les EPS industrielles. Des méthodes traitant ces erreurs font aujourd'hui leur apparition. Elles feront l'objet d'un autre avis technique. Certaines approches n'établissent pas de distinction entre erreurs par omission et erreurs de commission dans l'analyse des actions demandées par la procédure et traitent les défaillances globales par une démarche systémique.

Enfin, la participation de l'opérateur à la récupération revêt une importance primordiale pour la sûreté. Ces actions doivent par conséquent être correctement représentées dans le modèle d'intervention humaine si l'on veut obtenir un profil de risque réaliste de l'installation.

## **Méthodes de modélisation et de quantification**

Les principaux éléments de l'EPFH sont les suivants :

- identification des interventions humaines pertinentes ;
- sélection des interventions importantes en termes de risque ;
- analyse des tâches pour identifier les principaux facteurs de performance ;
- quantification avec affectation des probabilités, évaluation des incertitudes et étude de sensibilité ;
- si nécessaire, identification des mesures susceptibles d'atténuer les effets négatifs de la performance humaine sur la sûreté et d'améliorer les perspectives de réussite.

Bien que l'on ait mis au point et appliqué, au fil des années, de multiples techniques de quantification de l'EPFH, il n'existe pas de méthodologie qui recueille l'unanimité et repose sur une base théorique solide. On distingue trois méthodes de quantification : (1) les techniques de décomposition ou reposant sur les bases de données, qui consistent à décomposer les tâches jusqu'au niveau où l'on possède des données de référence que l'on peut ajuster en fonction des particularités de la tâche ; (2) les méthodes intégrant le temps, qui partent de l'hypothèse que la probabilité d'erreur humaine est une fonction du temps dont dispose l'opérateur pour réagir à un événement ; (3) les techniques fondées sur les jugements d'experts, qui comme leur nom l'indique, font appel aux connaissances des spécialistes. La plupart des méthodes de quantification employées aujourd'hui s'efforcent d'intégrer à peu près les facteurs de performance, c'est-à-dire des facteurs qui influent sur la performance humaine. Cette démarche est compliquée par le fait que ces facteurs sont interdépendants et qu'il est très difficile d'apprécier ces dépendances. En outre, ces facteurs relèvent d'une vision simplifiée du comportement humain qui fait appel à des classes définies de situations génériques dont l'application à des cas particuliers peut se révéler problématique.

Les EPFH actuelles combinent couramment plusieurs des techniques mentionnées et démontrent l'intérêt d'associer et d'alterner ces méthodes.

## **Données d'EPFH**

Les principales sources de données sont : les rapports sur les événements d'origine interne ou externe, des rapports sur des presque-accidents, des

rapports sur les cas de violation d'une consigne, les rapports de maintenance, les journaux de bord de la centrale, les entretiens avec le personnel de la centrale et les manuels (essentiellement ceux de Swain et de Guttmann), les jugements d'experts et les simulations.

S'agissant des erreurs latentes liées aux travaux d'entretien et aux essais effectués régulièrement, le retour d'expérience de la centrale peut fournir des informations intéressantes. En revanche, les données concernant les actions des opérateurs après un événement initiateur sont très limitées ; on manque dans ce cas d'informations tant qualitatives que quantitatives. L'association des études sur simulateur et des jugements d'experts s'est révélée être une manière intéressante d'élargir la base d'informations. L'utilité des simulateurs pour l'EPFH dépasse largement la simple production directe de données de fiabilité humaine car les simulateurs sont le seul moyen d'observer le comportement humain dans une diversité de scénarios hypothétiques. Étant donné le décalage qui existe entre les conditions dans lesquelles se déroulent les exercices sur simulateurs et les situations réelles, l'interprétation des observations faites sur simulateur exige beaucoup de tact.

## **Problèmes**

Les principales faiblesses des méthodes actuelles d'EPFH employées dans les EPS industrielles sont :

- Le fait qu'elles ne permettent pas de représenter finement les aspects cognitifs de la performance humaine. Si l'on a, en général, une bonne compréhension des facteurs contextuels à l'origine d'erreurs d'exécution, cela est moins vrai des erreurs de diagnostic et de décision. Cette remarque vaut tant pour l'identification des facteurs déterminants dans des contextes particuliers que pour la quantification de leurs répercussions. En fait, cette représentation limitée des aspects cognitifs dans les méthodes d'EPFH traduit une connaissance insuffisante (mal formalisée) du comportement humain.
- Des différences significatives entre les résultats quantitatifs fournis par divers analystes (utilisant la même méthode) ou par différentes méthodes.
- L'importance excessive accordée au jugement d'expert, faute de données empiriques sur la performance humaine, notamment pour ce qui concerne les situations d'accidents graves.

- Le fait que les actions susceptibles de dégrader les conditions dans la centrale (erreurs de commission) ne soient pas bien identifiées, ni représentées de manière explicite, ni même quantifiées.
- La prise en compte insuffisante des dépendances entre actions.
- Le fait que les aspects organisationnels et managériaux ne soient pas pris en compte de manière explicite ; en fait, certains facteurs de performance sont parfois révélateurs de ces aspects.

Dans le cas des actions humaines, notamment celles qui sont entreprises après un événement initiateur, les incertitudes sont nettement plus importantes que pour les défaillances de matériels.

### **Enseignements de l'EPFH concernant la sûreté**

Malgré les importantes limites des méthodes actuelles d'EPFH, ces évaluations ont effectivement permis, dans leur domaine d'application, d'identifier d'importants dysfonctionnements liés à la performance humaine. Ces résultats sont dans la plupart des cas jugés robustes, malgré des incertitudes numériques habituellement substantielles. Parmi les nombreuses modifications que l'EPFH a permises on peut citer : la mise au point de nouvelles procédures, des révisions des procédures ou des spécifications techniques, le réaménagement des formations, l'installation de matériels supplémentaires, d'aides à l'opérateur ou d'automatismes, et des modifications des systèmes (notamment de la logique de démarrage).

### **Perspective**

L'EPFH évolue au gré des besoins des nouvelles applications des EPS, mais aussi parce que l'on prend conscience des limites des approches actuelles. Aujourd'hui les besoins sont les suivants :

1. Malgré la plus grande maturité de l'EPFH, il existe encore d'importantes différences dans la manière d'appliquer les méthodes les plus employées. On peut donc espérer beaucoup d'un usage rationnel des meilleures pratiques. La tendance actuelle vers une réglementation éclairée par le risque passe par une homogénéisation de l'application des méthodes standard. En outre, les EPFH sont axées sur les EPS de niveau 1 traitant les événements d'origine interne survenant à pleine puissance. Il faudrait élargir le champ de

l'analyse de façon à mieux étudier les interventions humaines associées à des agressions externes et à des EPS de niveau 2. Notamment, dans le cas des EPS de niveau 2, s'il s'agit d'étudier la gestion des accidents. Élargir les EPS aux états d'arrêt et de fonctionnement à puissance réduite et utiliser les EPS comme aides à l'exploitation (optimisation du planning de maintenance, gestion de configuration, organisation des contrôles) exige une modélisation réellement adaptée à la centrale des opérations de maintenance et d'essai.

2. Si les études d'événements rares sont nécessairement limitées, on s'étonnera néanmoins que les tentatives pour valider les méthodes d'analyse de la fiabilité utilisées couramment aujourd'hui soient aussi peu nombreuses. Bien que ces méthodes soient intrinsèquement inadaptées au traitement des erreurs de commission, il est probable qu'à moyen terme, elles continueront d'être utilisées en priorité dans les EPS industrielles. C'est pourquoi, il faudrait encourager la validation dans leur champ d'application. Ces études de validation pourraient consister à tester la précision des probabilités calculées pour des scénarios sur lesquels on possède des statistiques ou à analyser la variabilité des résultats recueillis par différents praticiens avec la même méthode. Cependant, il faut être conscient des limites d'une validation purement statistique d'une méthode d'EPFH car, contrairement aux comportements de systèmes, qui sont reproductibles, le comportement humain est sujet à des variations imprévisibles qu'il est extrêmement difficile de modéliser.
3. L'amélioration du traitement des erreurs résultant de décisions inappropriées est un point majeur des efforts récents et actuels pour développer des méthodes d'EPFH. On distingue trois principales méthodes (seules ou conjuguées) : (a) les méthodes fondées sur l'analyse du retour d'expérience ; (b) les méthodes fondées sur des expériences sur simulateur (y compris la méthode de l'arbre de décision) et (c) les méthodes fondées sur la théorie cognitive (qui servent non seulement à déterminer les erreurs commises mais pourquoi elles le sont). Étant donné le peu de statistiques tirées des études sur simulateur et/ou du retour d'expérience que l'on pourra vraisemblablement utiliser pour la quantification, toutes ces approches comporteront nécessairement une bonne dose de jugement d'expert. La validation qualitative et quantitative des modèles cognitifs représente un véritable défi. Dans ce cas, les études de validation pourraient consister à vérifier la précision des prévisions

des conditions propices à l'adoption de décisions correctes ou inappropriées.

4. Le traitement systématique des erreurs de commission et des dépendances entre actions exige de prendre en compte les erreurs d'opérateur précédentes, y compris leurs causes précises. Les erreurs de commission liées à des erreurs « de décision » – c'est-à-dire des erreurs commises lors de l'évaluation d'une situation (diagnostic) et de la formulation de l'intention ainsi qu'au moment du choix d'une réponse – semblent prédominer, en particulier si elles interviennent après une séquence de décisions et d'exécutions. D'où l'importance de réunir des informations sur les erreurs résultant d'une décision inappropriée si l'on veut évaluer correctement la réussite des actions ultérieures. On a alors besoin de connaître tout le contexte dans lequel intervient une action, non seulement l'état de la centrale, mais l'évolution de l'état cognitif des opérateurs. Prendre systématiquement en compte les causes précises des erreurs augmente considérablement la complexité de l'analyse et se révèle impraticable à échelle réelle avec les EPS actuelles. Quoi qu'il en soit, certaines démarches mentionnées ci-dessus semblent permettre un traitement limité des erreurs de commission dans le cadre actuel des EPS. À long terme, des approches dynamiques fondées sur différentes formes de simulation pourraient intégrer les erreurs de commission.
5. Autre axe de progrès, la prise en compte des aspects organisationnels et du management. Bien que l'on ait proposé quelques méthodes de quantification, les spécialistes des EPS ne sont pas aujourd'hui d'accord sur la démarche à suivre : Doit-on intégrer le plus possible et de façon explicite ces aspects dans les EPS ou, au contraire, reconnaître les limites des EPS à cet égard et accepter que le cadre des EPS ne se prête pas à un traitement approfondi. Si l'on opte pour l'intégration, il faudra choisir entre ajouter une dimension aux anciens modèles ou concevoir de nouvelles méthodes qui intègrent directement ces aspects dans leurs fondements théoriques.



## Références

NEA/CSNI (ed.), *Critical Operator Actions – Human Reliability Modeling and Data Issues*, NEA/CSNI/R(98)1, Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, Paris, février 1998.

NEA/CSNI (ed.), *Errors of Commission in Probabilistic Safety Assessment*, Final Task Report of a group of experts of the Working Group on Risk Assessment, Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, NEA/CSNI/R(2000)17, Paris, juin 2000.

NEA/CSNI (ed.), “Building the New HRA: Errors of Commission – from Research to Application”, Atelier AEN-OCDE, Rockville, MD, États-Unis, 7-9 mai, 2001.

NEA/CSNI (ed.), “Building the New HRA: Strengthening the Link Between Experience and HRA”, Atelier AEN-OCDE, Munich, 28-30 janvier 2002.