

Sûreté nucléaire
NEA/CSNI/R(2008)11

ISBN 978-92-64-99069-2

Avis technique du CSIN

N° 10

*Le rôle des facteurs humains et organisationnels
dans les modifications des centrales nucléaires*

© OCDE 2009
AEN n° 6316

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

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 30 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, 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, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions de l'OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

L'AGENCE 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 2009

L'OCDE autorise à titre gracieux toute reproduction de cette publication à usage personnel, non commercial. L'autorisation de photocopier partie de cette publication à des fins publiques ou commerciales peut être obtenue du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com. Dans tous ces cas, la notice de copyright et autres légendes concernant la propriété intellectuelle doivent être conservées dans leur forme d'origine. Toute demande pour usage public ou commercial de cette publication ou pour traduction doit être adressée à rights@oecd.org.

Photo couverture : NEI, États-Unis.

AVANT-PROPOS

Le Groupe de travail sur les facteurs humains et organisationnels (SEGHOF) de l'AEN a pour mission d'améliorer les connaissances actuelles sur les performances humaines et organisationnelles et leur influence sur la sûreté nucléaire. Pour approfondir les connaissances sur ces performances dans le cadre du processus de modification des centrales nucléaires, un atelier intitulé « Le rôle des facteurs humains et organisationnels dans les modifications des centrales nucléaires » a été organisé en 2003 sous l'égide du SEGHOF. Cet avis technique représente le consensus des pays membres de l'AEN qui ont participé à l'atelier.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Résumé analytique	7
1. Introduction	9
2. Processus de modification dans les centrales nucléaires	11
3. Facteurs humains et organisationnels du processus de modification d'une centrale nucléaire	15
3.1 De la nécessité de prendre en compte les FHO dans les modifications	15
3.2 Facteurs humains et organisationnels dans le cadre d'un processus de modification intégré.....	16
3.3 L'intégration d'une prise en compte des performances humaines.....	16
4. Observations résultant de l'application du processus de modification d'une centrale	21
4.1 Modifications mineures par opposition aux modifications majeures	21
4.2 Tirer les enseignements des événements liés aux modifications	21
4.3 Prestataires de services et sous-traitants	22
4.4 Modifications provisoires	22
5. Recommandations.....	23
Références	25

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Le présent avis technique reflète le consensus de spécialistes des facteurs humains et organisationnels (FHO) des pays membres du Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) sur les pratiques et approches recommandées pour intégrer dans le processus de modification de centrales nucléaires un traitement adéquat des FHO. Le présent avis s'appuie sur les travaux d'un atelier organisé en 2003 par le CSIN et intitulé « Modifications dans les centrales nucléaires : expérience d'exploitation, sûreté et rôle des facteurs humains et organisationnels » et sur le rapport NEA/CSNI/R(2005)10 [1].

Des modifications des centrales nucléaires peuvent être décidées pour diverses raisons : vieillissement des systèmes, des structures et des composants ; obsolescence du matériel et du logiciel ; informations résultant de l'expérience opérationnelle ; opportunités d'améliorer la sûreté ou les capacités des installations, exigences réglementaires ; etc. Toutes les modifications susceptibles d'influer sur la sûreté nucléaire doivent être régies par un processus structuré.

Les exploitants doivent prendre des dispositions pour que les FHO soient dans tous les cas pris en compte de façon appropriée dans le processus de modification. Celui-ci doit être conçu de sorte à garantir un dialogue régulier et efficace entre les spécialistes des FHO et des autres disciplines techniques concernées. Ainsi, les spécialistes des FHO, faisant appel à des méthodes reconnues, doivent être intégrés dans les équipes de conception, avec le constructeur et l'exploitant. Les intrants liés aux FHO doivent servir de base à l'élaboration, à la vérification et à la validation, ainsi qu'à la mise en œuvre de la modification. Ce processus doit être consigné dans les règles dans le dossier de sûreté justifiant la modification.

On trouve des orientations sur la manière dont les analyses des FHO peuvent être conduites dans les normes et directives officielles, en grande partie citées dans les références [3-11]. On dispose toutefois de moins d'orientations sur la manière de prendre en compte les facteurs FHO dans le cas de modifications mineures et il conviendrait de veiller à ce que les modifications mineures et provisoires bénéficient d'une étude appropriée en termes de FHO.

La possibilité d'une incidence cumulée sur les performances humaines suite à une série de modifications mineures doit également être prise en compte.

Le processus de modification doit être régulièrement analysé et actualisé. Ce dernier, ainsi que sa mise en œuvre doivent être examinés par l'autorité de sûreté nucléaire pour s'assurer que les FHO sont dans tous les cas pris en compte dans le processus.

L'objectif de cet avis est de présenter aux décideurs de la communauté nucléaire des informations sur les approches à adopter en matière de FHO dans le cadre des modifications des installations. L'avis s'adresse essentiellement à l'autorité de sûreté nucléaire et aux exploitants de centrales. Les opinions présentées peuvent toutefois aussi présenter un intérêt pour les autorités gouvernementales, les chefs de file industriels, les chercheurs et le grand public.

Cet avis ne traite pas directement de l'impact des changements organisationnels, qui a été étudié dans le précédent avis du CSIN n° 5 [2]. Toutefois, il convient de ne pas sous-estimer le possible impact de ces changements sur la fiabilité et l'efficacité du processus de modification des centrales.

1. INTRODUCTION

Des modifications des centrales nucléaires peuvent être décidées pour un très grand nombre de raisons : vieillissement des systèmes, des structures et des composants ; obsolescence du matériel et du logiciel ; informations résultant de l'expérience opérationnelle ; opportunités d'améliorer la sûreté ou les capacités des installations. Or, l'expérience a montré que des carences au niveau de l'élaboration et/ou de la mise en œuvre des modifications pouvaient présenter des défis importants pour la sûreté des centrales. Elles peuvent aussi avoir une incidence considérable sur les résultats commerciaux de la centrale. C'est pourquoi il est important que le processus de modification témoigne d'une prise en compte des possibles incidences d'erreurs humaines et qu'il comprenne des dispositions appropriées pour réduire le plus possible l'éventualité de telles erreurs.

Pour répondre à ces questions, le CSIN de l'AEN a organisé en 2003 un atelier intitulé « Modifications dans les centrales nucléaires : expérience d'exploitation, sûreté et rôle des facteurs humains et organisationnels » et publié par la suite un rapport présentant l'expérience et les pratiques concernant les aspects du processus de modification en termes de FHO [1].

Cet avis technique reflète le consensus de spécialistes des facteurs humains et organisationnels (FHO) des pays membres de l'AEN sur les pratiques et approches à recommander pour intégrer au processus de modification des centrales nucléaires un traitement approprié des FHO. Il expose les facteurs à prendre en compte pour s'assurer que le processus de modification prévoit un traitement approprié des FHO. Il décrit brièvement les éléments du processus de modification et la manière dont on peut inclure la prise en compte des FHO dans ce processus. Cet avis ne traite pas directement de l'impact des changements organisationnels, qui a été étudié dans une précédente publication de l'OCDE/AEN [2]. Cependant, il convient de ne pas sous-estimer l'impact possible de ces changements sur la fiabilité et l'efficacité du processus de modification des centrales. De plus, [2] indiquait que : « ... *le changement organisationnel [pouvait] être traité d'une manière assez similaire aux modifications des centrales et du matériel. L'autorité de sûreté nucléaire peut donc exiger de l'exploitant qu'il mette au point un processus de gestion du*

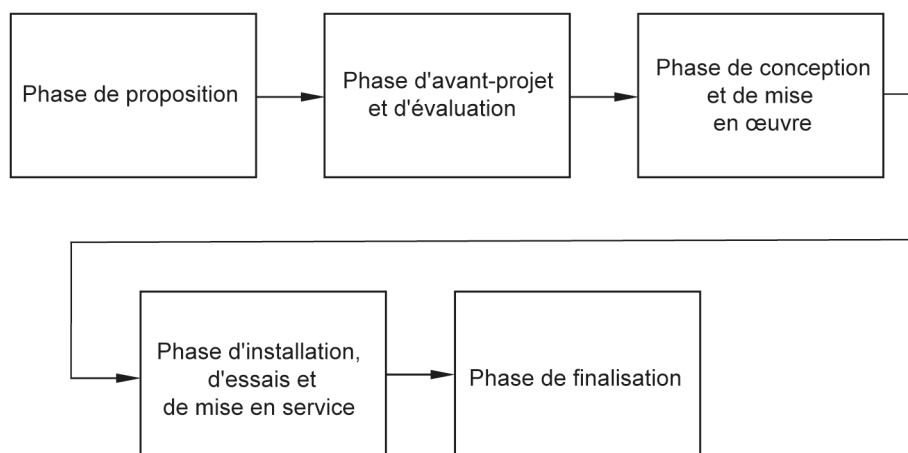
changement semblable au processus de gestion des modifications des centrales. »

L'objectif de cet avis est de présenter aux décideurs de la communauté nucléaire des informations sur les approches à adopter en matière de FHO dans le cadre des modifications des installations. L'avis s'adresse essentiellement à l'autorité de sûreté nucléaire et aux exploitants de centrales. Les opinions présentées peuvent toutefois aussi présenter un intérêt pour les autorités gouvernementales, les chefs de file industriels, les chercheurs et le grand public.

2. PROCESSUS DE MODIFICATION DANS LES CENTRALES NUCLÉAIRES

Dans les centrales, les modifications doivent être gérées suivant un processus structuré, comportant généralement les phases suivantes : proposition ; planification ; conception détaillée et planification de la mise en œuvre ; installation, essais et mise en service ; puis finalisation (Figure 1). Le processus de modification doit être formalisé dans le système de gestion de l'exploitant, et sa conception comme son fonctionnement doivent être soumis à examen conformément aux procédures internes de l'exploitant. Il est par ailleurs courant que ce processus soit examiné par l'autorité de sûreté nucléaire.

Figure 1. Processus type de modification de centrale



Pour qu'une modification puisse passer d'une phase à l'autre, des examens détaillés sont réalisés. Un processus de modification, qui compte cinq phases, comme indiqué plus haut, se déroule généralement de la manière suivante :

- a) *Phase de proposition.* Pour qu'une proposition puisse être acceptée dans le processus de modification, elle doit être décrite par écrit. Les propositions sont communiquées à certains experts, notamment aux spécialistes des FHO et aux futurs utilisateurs, qui font leurs observations. Les travaux peuvent s'arrêter à ce stade si les propositions sont jugées irréalisables.
- b) *Phase d'avant-projet et d'évaluation.* Les propositions, ainsi que les observations recueillies, sont examinées et analysées. Lorsqu'une proposition est jugée réalisable, un avant-projet restreint peut être lancé. Au cours de cette phase, il faut se pencher sur l'expérience en matière d'exploitation dans l'ancienne configuration, afin d'identifier les caractéristiques négatives, mais aussi positives du ou des système(s) actuel(s). Une attention toute particulière doit être accordée aux actions humaines concernées par la modification. Les besoins d'informations des utilisateurs et les exigences auxquelles doivent satisfaire leurs activités doivent être analysés. Après un examen approfondi, on peut prendre la décision de mettre en œuvre la modification.
- c) *Phase de conception et de planification de la mise en œuvre.* Lorsqu'une modification est acceptée, un projet est lancé, des ressources affectées et un calendrier arrêté. L'élaboration du projet peut débuter, avec les phases de spécification, d'activités d'avant-projet et d'étude de réalisation. Selon la complexité de la modification, il faut envisager d'appliquer de manière itérative la vérification et validation¹ (V&V) à la phase de conception. Une fois établie la base de conception adéquate, la planification de la mise en œuvre peut débuter. Au cours de cette phase, des activités liées aux FHO sont menées avec les ressources et dans les délais appropriés, par rapport aux actions humaines concernées par la modification.
- d) *Phase d'installation, d'essais et de mise en service.* Pour que cette phase puisse démarrer, tous les plans d'installation, d'essais et de mise en service doivent avoir été réalisés. On suppose aussi que la formation nécessaire a été assurée et que la documentation requise a été rédigée. Avant que commence l'installation proprement dite, les instructions opératoires sont rédigées et examinées.

1. Dans ce contexte, la vérification permet de s'assurer que le produit réalisé répond aux besoins des utilisateurs, ainsi qu'aux exigences techniques et juridiques décrites dans les documents de référence. La validation permet de s'assurer, dans des conditions représentatives, que les performances du produit répondent aux spécifications et que le produit répond efficacement aux besoins des utilisateurs.

- e) *Phase de finalisation.* Cette phase doit permettre de s'assurer que tous les points en suspens ont été réglés, comme la mise à jour des instructions et des documents, la formation des agents d'exploitation et de maintenance, etc. Au cours de cette phase, on réunit par ailleurs les enseignements tirés de la modification, et l'on procède notamment à une collecte systématique des expériences d'exploitation durant l'utilisation des nouveaux systèmes (avec une attention toute particulière aux performances humaines et à la charge de travail des utilisateurs). Lors de modifications de l'interface homme-système, une attention toute particulière doit être accordée à la « convivialité », à la perception et à l'interprétation des informations, à la réduction des erreurs (par rapport à l'ancienne configuration), ainsi qu'à leur détection et au retour subséquent à la normale.

Dans le cadre du processus de modification d'une centrale, il est courant d'exiger que les modifications soient classées selon l'importance qu'elles peuvent avoir en matière de sûreté. Certains pays font ainsi appel à un processus approfondi intégrant le risque. Une classification simple consiste à différencier entre modifications mineures, importantes et majeures à partir de l'incidence possible en matière de sûreté et de la complexité du changement proposé. Celle-ci peut être utilisée pour déterminer le niveau d'analyse et d'examen assuré pour chacune des modifications. Le processus de modification peut aussi inclure des dispositions visant à échelonner l'introduction de la modification, avec des points d'arrêt et des phases d'examen bien définies pour limiter les risques de voir se propager des décisions inappropriées tout au long du processus. Un processus graduel est généralement employé pour les modifications importantes, complexes ou s'étendant sur une longue durée.

3. FACTEURS HUMAINS ET ORGANISATIONNELS DU PROCESSUS DE MODIFICATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

Lors de la phase de définition et de documentation du processus de modification dans une centrale nucléaire, il convient d'accorder l'attention voulue aux FHO. Cela signifie que des procédures et des directives doivent être mises en place pour faire en sorte qu'un traitement approprié des FHO soit systématiquement pris en compte dans le processus de modification.

3.1 De la nécessité de prendre en compte les FHO dans les modifications

L'éventualité d'une erreur humaine ou d'autres influences sur les performances humaines peut être intégrée tout au long du cycle de vie de la modification. La nature et l'incidence de ces erreurs peuvent évoluer, et certaines d'entre elles peuvent ne pas être découvertes au cours de l'installation, des essais et de la mise en service. Le processus de modification doit donc prévoir à ses différents stades une prise en compte robuste mais proportionnée des FHO. Cette prise en compte doit influencer sur la conception et la mise en œuvre de la modification, mais aussi servir à donner à l'exploitant et à l'autorité de sûreté nucléaire l'assurance que cette modification ne pourra contenir ou entraîner des erreurs susceptibles d'influencer les performances de la centrale en matière de sûreté ou d'exercer d'autres incidences négatives sur les performances humaines. Une bonne intégration des FHO dans le processus de modification, qui prenne en compte de façon appropriée les capacités et les limitations humaines, présente les avantages suivants :

- moindre risque de possibilité d'erreur humaine ou d'autres baisses des performances humaines ;
- meilleure prise de conscience et meilleur soutien des utilisateurs finaux ;
- nécessité réduite d'autres mesures correctives à la fin du processus de modification ou suite à sa mise en œuvre ;
- plus grande facilité de maintenance et de fonctionnalité opérationnelle du système modifié ;
- meilleure fiabilité du système.

3.2 Facteurs humains et organisationnels dans le cadre d'un processus de modification intégré

Dans un processus de modification bien conçu, une première prise en compte des FHO doit être clairement prévue très tôt – par exemple, lors du premier examen de la proposition de modification. Il est par conséquent important de doter l'équipe de modification de la centrale de compétences dans le domaine des FHO. L'intervention d'un spécialiste des FHO chevronné pour réaliser une analyse préliminaire à un stade précoce doit permettre de déterminer l'étendue et la forme de toutes les analyses des FHO subséquentes. Si les risques ou les conséquences d'une erreur humaine sont manifestement très faibles, la part des FHO dans la modification peut être limitée dans les mêmes proportions. Si cela ne peut être démontré, il convient de procéder à des évaluations plus détaillées des FHO dans le cadre du processus de modification.

Le recours précoce à des moyens en matière de FHO contribue par ailleurs à ce que les interactions entre analystes des FHO et autres analystes techniques soient reconnues, car les évaluations des FHO doivent reposer sur les travaux d'autres disciplines mais aussi les alimenter. En d'autres termes, l'objectif est de faire en sorte de parvenir à un processus de modification intégré incluant des compétences solides mais proportionnées en matière de FHO, du lancement du projet jusqu'à sa conclusion.

3.3 L'intégration d'une prise en compte des performances humaines

Lorsqu'il est établi que la modification peut affecter le mode d'exploitation et de maintenance de la centrale, ou que le processus de modification peut à lui seul entraîner des erreurs susceptibles de compromettre la sûreté, il convient alors de procéder à une évaluation des FHO. L'étendue et la teneur de cette évaluation dépendront de la nature de la modification. Cela étant, il convient de prendre en compte certains principes courants :

- Faire en sorte de réaliser une synthèse harmonieuse entre l'analyse des FHO et les autres évaluations.
- Un dialogue ouvert et régulier entre concepteurs et spécialistes des FHO est nécessaire pour faire en sorte que les interactions homme-système soient reconnues et prises en compte. L'identification en temps opportun des exigences de conception aide à identifier les éventuelles difficultés à faire en sorte que des améliorations puissent être apportées avant même la sélection, la réalisation et l'installation des équipements.

- Utiliser en matière de FHO des analyses et des méthodologies récentes et normalisées.
- Les méthodologies en matière de FHO sont décrites dans diverses normes internationales. On peut trouver des informations complémentaires sur les méthodes relatives aux FHO dans différentes directives. Voici quelques exemples d'analyses et de méthodologies recommandées :
 - Examens de l'expérience d'exploitation pour tirer les enseignements de l'expérience acquise.
 - Analyse et affectation systématique des fonctions dans le but de les identifier et de les affecter à des humains et/ou à l'automatisation.
 - *L'analyse des tâches* est utilisée pour identifier et mesurer le niveau de compétences requis pour remplir les rôles attribués au personnel et spécifier le contexte d'utilisation du produit à élaborer (systèmes, interfaces, documents, etc.) et notamment :
 - Les caractéristiques des futurs utilisateurs (connaissances, savoir-faire, expérience, formation, etc.)
 - Les tâches spécifiées (performances attendues, contraintes physiques et opérationnelles, etc.)
 - Les activités menées à bien (moyens, méthodes, stratégies, organisation, etc. mis en œuvre pour l'exécution de la tâche).
 - *L'évaluation de la fiabilité humaine* est utilisée pour l'identification et l'évaluation des risques d'erreurs humaines susceptibles d'avoir une incidence sur la sûreté de l'exploitation de la centrale, et d'éclairer l'évaluation probabiliste de sûreté (EPS).
 - *L'évaluation de la charge de travail* sert à estimer l'incidence de la modification sur la charge de travail dans différentes conditions d'exploitation de la centrale.
 - La *spécification des interactions homme-système* requise pour l'exécution des tâches s'appuie sur l'intégration de résultats d'analyses des facteurs humains et l'application de conseils d'ergonomie appropriés, génériques ou spécifiques à une centrale.

- La *vérification des facteurs humains* garantit la conformité de l'équipement avec les directives courantes en matière de facteurs humains.
 - La *validation des facteurs humains* évalue la convivialité de la conception avec les utilisateurs du système – par exemple, par le biais de maquettes, de simulateurs ou de la réalité virtuelle.
 - L'*analyse des besoins en formation* identifie les besoins en matière de formation et de compétences dans le cadre de la modification. Cette analyse doit inclure aussi bien les utilisateurs finals que les autres, notamment ceux qui seront chargés d'assurer l'installation ou la maintenance de la centrale modifiée.
 - La *collecte systématique des expériences d'exploitation* du ou des nouveaux système(s) après mise en œuvre de la modification.
- Intégration des intrants liés aux FHO tout au long des différentes phases de l'examen formel de la modification.

- Application de l'analyse des FHO aux produits de la modification – autrement dit, vérification que la modification peut être utilisée dans sa conception actuelle et qu'elle n'entraîne pas de risques d'erreur humaine imprévus.

Cet aspect fait généralement intervenir des essais, et le cas échéant, l'intervention de techniciens. Dans certains cas, une maquette ou une simulation peuvent être réalisées. En cas de modification majeure d'une salle de commande, par exemple, une V&V de l'ensemble de la modification sur un simulateur pleine échelle est souhaitable.

- Conception itérative et participation active des utilisateurs finals.

Dans le cadre des projets de modification ayant une incidence majeure sur les interactions homme-système existantes, il est essentiel d'intégrer les techniciens d'exploitation et de maintenance (utilisateurs finals) dans les équipes chargées de la conception, de l'examen, des essais et de la V&V. Leur participation est très importante tout au long du processus et doit être définie et gérée dans les règles. Elle présente en outre l'avantage d'aider à traduire les concepts et les solutions dans les faits. Certains électriciens mettent en place, pour la planification initiale

et les contrôles d'avancement du projet de modification qui s'en suivent, des groupes multifonction, composés d'individus disposant d'une expérience sur le plan des questions techniques et de l'exploitation, ainsi que de la maintenance et des facteurs humains. Dans le cas de modifications importantes des interactions homme-système, il faut commencer tôt à former les techniciens.

- Mise en œuvre régulière de ressources en matière de FHO pour la révision des procédures et la définition des exigences en matière de formation et de compétences.

Tout au long du processus de modification, l'impact sur les procédures et les besoins de formation doit être pris en compte. Des procédures et des manuels doivent être élaborés pour refléter les changements dans la façon dont sont conduites les activités d'exploitation, d'essais et de maintenance dans la centrale. Une mise à jour de la formation et, le cas échéant, du simulateur de formation, doit également être assurée pour rendre compte de ces changements. Il pourra s'avérer nécessaire d'échelonner les changements au niveau des instructions et du simulateur de formation, de sorte à ce que le soutien approprié puisse être assuré au niveau des instructions et de la formation au cours des configurations successives de la centrale.

- Examen des changements apportés à la conception durant l'installation.

Durant l'installation, des changements (locaux) mineurs au niveau de la conception peuvent survenir, par exemple suite à des interférences avec l'équipement existant ou au fait que les composants prescrits à l'origine ne sont plus disponibles. Ces changements doivent être analysés pour s'assurer qu'ils n'influencent pas sur les précédentes évaluations des FHO. Des réglages mineurs dans la position des équipements peuvent entraîner des problèmes en termes d'interférence ou d'espace pour la maintenance. Selon le degré de sensibilisation de l'équipe de modification aux FHO, il peut s'avérer plus prudent de faire procéder à un examen plus systématique de tous les changements locaux par un expert des FHO.

4. OBSERVATIONS RÉSULTANT DE L'APPLICATION DU PROCESSUS DE MODIFICATION D'UNE CENTRALE

4.1 Modifications mineures par opposition aux modifications majeures

L'expérience montre que les modifications majeures ont de manière générale entraîné moins de problèmes que les modifications mineures. Cela semble venir du fait que les modifications majeures sont plus susceptibles de faire appel à un processus de modification structuré, puisant dans une base de compétences et de connaissances appropriée. Les modifications jugées mineures, parce que l'on prévoit qu'elles auront une faible importance pour la sûreté, peuvent être gérées avec moins de ressources financières et humaines, et sont par conséquent moins soumises à examen. Même s'il est raisonnable que les mesures d'évaluation soient proportionnelles au risque, il demeure cependant nécessaire de faire en sorte que l'impact possible de l'erreur humaine dans les modifications mineures soit pris en compte à un stade précoce, de sorte à ce que le besoin d'analyse structurée des FHO soit reconnu et intégré dans le processus de modification si nécessaire. L'expérience d'exploitation montre clairement que les modifications non considérées à l'origine comme importantes du point de vue de la sûreté peuvent néanmoins poser des difficultés dans ce domaine. Ainsi, l'utilisation de pièces de rechange légèrement différentes dans une modification peut se traduire par des différences dans les conditions d'exploitation et de maintenance. Il faut aussi noter qu'une modification technique en apparence mineure peut entraîner des changements influant de manière considérable sur le rôle des techniciens d'exploitation et de maintenance et sur la façon dont ils réalisent d'autres tâches.

4.2 Tirer les enseignements des événements liés aux modifications

Il est important que le personnel et la direction de la centrale sachent tirer les enseignements des événements liés aux modifications. Des analyses des causes premières sont généralement effectuées suite aux événements ayant pu présenter des problèmes pour la centrale en termes de sûreté. Ces analyses doivent permettre d'identifier les facteurs déterminants liés aux carences au

niveau des FHO et permettre aussi d'établir si ces carences apparaissent durant le processus de modification. Si tel est le cas, l'analyse doit établir si le processus n'a pas en lui-même des carences. L'expérience donne à penser que les insuffisances au cours des phases d'examen de la modification et dans le dialogue entre les parties concernées constituent des facteurs déterminants courants. Les problèmes intervenant lors de l'installation, des essais et de la mise en service peuvent de la même manière être le signe de carences lors de la phase de planification de la mise en œuvre.

4.3 Prestataires de services et sous-traitants

C'est à l'exploitant qu'incombe en dernière instance la sûreté de l'installation, y compris tous les travaux réalisés pour son compte par les prestataires de services et les sous-traitants. L'exploitant doit donc conserver des capacités de client avisé, afin non seulement d'identifier et spécifier les travaux nécessaires, mais aussi de définir les attentes et enfin de contrôler et valider les travaux des sous-traitants. Ainsi, par exemple, si les travaux de conception liés à la modification d'une centrale sont sous-traités, l'exploitant doit veiller à ce que les sous-traitants disposent d'un personnel suffisamment qualifié et expérimenté, comprenant les exigences auxquelles doivent répondre les travaux exécutés dans le domaine nucléaire. En plus de la fourniture des systèmes techniques spécifiés, le contrat doit prendre aussi en compte les attentes concernant l'intégration des intrants liés aux FHO et des utilisateurs dans le processus de modification. L'exploitant se doit de superviser les travaux du sous-traitant et de vérifier qu'ils sont exécutés conformément aux spécifications.

4.4 Modifications provisoires

Les modifications provisoires peuvent poser des problèmes, parce qu'elles ne sont pas toujours traitées avec le même degré d'attention et d'évaluation des risques que les modifications permanentes, alors que certaines d'entre elles peuvent durer longtemps. Le recours fréquent à des modifications provisoires ne doit pas être encouragé et peut conduire à s'interroger sur la gestion et la conception de la sûreté de l'exploitant.

5. RECOMMANDATIONS

Les exploitants de centrales nucléaires doivent prendre des dispositions pour que les FHO soient systématiquement pris en compte de manière appropriée dans le processus de modification. Celui-ci doit être conçu de sorte à garantir un dialogue régulier et efficace entre les spécialistes des FHO et ceux des autres disciplines techniques concernées. Les spécialistes des FHO, faisant appel à des méthodes reconnues, doivent être intégrés dans les équipes de conception. Les intrants liés aux FHO doivent servir de base à l'élaboration, à la vérification et à la validation, et à la mise en œuvre de la modification ; il doit en outre être enregistré dans les règles dans le dossier de sûreté motivant la modification.

On trouve des orientations sur la manière dont ces analyses des FHO peuvent être conduites dans les normes et directives officielles. Mais l'on dispose de moins d'orientations sur la manière de prendre en compte les facteurs FHO pour des modifications mineures et il conviendrait de veiller à ce que les modifications mineures et provisoires bénéficient d'une étude appropriée au niveau des FHO. La possibilité d'impact cumulé résultant d'une série de modifications mineures sur les performances humaines doit également être prise en compte.

Le processus de modification doit être régulièrement analysé et mis à jour. Le processus et sa mise en œuvre doivent être examinés par l'autorité de sûreté nucléaire pour faire en sorte que les FHO soient systématiquement pris en compte dans le processus.

RÉFÉRENCES

- [1] NEA/CSNI (2005), *Safety of Modifications at Nuclear Power Plants: The Role of Minor Modifications and Human and Organisational Factors*, NEA/CSNI/R(2005)10.
- [2] NEA/CSNI (2004), *Managing and Regulating Organisational Change in Nuclear Installations*, Avis technique n° 5. ISBN 92-64-02069-1
- [3] NUREG-0800, *Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants*, 2007.
- [4] NUREG-0711, *Human Factors Engineering Program Review Model*, révision 2, 2004.
- [5] NUREG-0700, *Human-System Interface Design Review Guideline*, révision 2, 2002.
- [6] NUREG/CR-6633, *Advanced Information Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance*, 2000.
- [7] NUREG/CR-6634, *Computer-based Procedure Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance*, 2000.
- [8] NUREG/CR-6635, *Soft Controls: Technical Basis and Human Factors Review Guidance*, 2000.
- [9] NUREG/CR-6636, *Maintenance of Digital Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance*, 2000.
- [10] NUREG/CR-6393, *Integrated System Validation: Methodology and Review Criteria*, 1997.
- [11] NUREG/CR-6637, *Human-system Interface and Plant Modernization Process: Technical Basis and Human Factors Review Guidance*, 2000.

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

Imprimé en France.