

## Avant-propos

La sûreté nucléaire n'est pas seulement une question de technologie ; la place de l'homme et de l'organisation dans la sûreté est aujourd'hui reconnue par tous comme primordiale.

L'interface entre l'homme et la machine, l'ergonomie des procédures et documents, la formation des agents, les comportements individuels, le fonctionnement des équipes de travail, l'organisation et le management des exploitants nucléaires sont autant de domaines d'amélioration de la sûreté. Ces différentes voies sur lesquelles l'ASN travaille présentent aujourd'hui des degrés de maturité divers.

L'un de ces champs d'investigation mérite une mention particulière : bien qu'on ne puisse rechercher en la matière une approche exacte et prédictive, les travaux de recherche sur la fiabilité humaine et organisationnelle et les réflexions menées par les organismes de sûreté nucléaires dans les différents pays et au niveau inter-

national font émerger une meilleure compréhension du fonctionnement, des atouts et des difficultés des organisations gérant des activités à risque comme le nucléaire.

En France, les défauts de culture de sûreté constatés à Paluel il y a quelques années ou les manques de rigueur d'exploitation de la centrale de Dampierre, que l'Autorité de sûreté nucléaire a placée sous surveillance renforcée en 2000, montrent à la fois la difficulté et l'importance du sujet. Il s'agissait d'une situation extrême, mais des problèmes analogues se présentent sur d'autres sites nucléaires et doivent être traités.

Le défi posé à l'ASN est de s'assurer, par des méthodes suffisamment solides, que les mesures d'organisation et de management dont les exploitants nucléaires restent responsables sont appropriées pour garantir et améliorer le niveau de sûreté des installations.

# L'homme et les organisations dans la sûreté nucléaire

par **Jean-Pascal Lesot**, inspecteur des installations nucléaires, chargé du thème « facteurs humains »  
et **Thomas Maurin**, sous-directeur chargé des réacteurs de puissance

## La place de l'homme dans la sûreté

Dans les quelques grands accidents du nucléaire civil comme dans les catastrophes industrielles d'une manière générale, l'homme figure souvent au rang des accusés. Une erreur de représentation de la situation réelle par l'équipe de conduite a conduit à la fusion du cœur à Three Mile Island, le non-respect des règles de sécurité a finalement amené à l'explosion d'un réacteur à Tchernobyl, un mode opératoire improvisé a entraîné l'accident de criticité de Tokai-Mura...

L'homme est cependant un maillon essentiel de la sûreté, par sa capacité d'adaptation, d'interrogation et de réaction face aux situations imprévues. Son rôle dans le pilotage et la surveillance des installations est fondamental ; encore faut-il que l'installation nucléaire et l'organisation soient conçues pour fournir aux agents des informations adéquates et leur permettre de remplir correctement leur fonction, et que la sûreté soit au centre de leurs préoccupations.

Si une grande part des actions menées jusqu'ici en matière de sûreté nucléaire porte sur le matériel et l'amélioration de sa fiabilité, les facteurs humains et organisationnels sont considérés comme le gisement restant le plus prometteur en matière d'amélioration de la sûreté. Cela nécessite d'agir de manière cohérente sur de multiples leviers : la formation et la compétence des agents intervenant au sein des installations, l'ergonomie de ces installations et des documents opératoires, les méthodes individuelles et collectives de travail, l'organisation et le management.

## La politique de l'Autorité de sûreté nucléaire

L'action de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) s'appuie sur les principes généraux suivants :

– la responsabilité de l'exploitant : dans le cadre des objectifs généraux de sûreté, c'est aux exploitants nucléaires de définir leurs organisations et de les faire évoluer lorsque cela est nécessaire, et de veiller à la bonne formation de leur personnel. L'ASN analyse et approuve le cas échéant certaines dispositions, mais elle ne prescrit pas d'organisation standard aux exploitants nucléaires. Dans la même démarche, c'est aux industriels de former leur personnel et d'évaluer son aptitude à remplir ses missions ;

– le contrôle : les inspections effectuées dans les services des exploitants nucléaires sont fréquemment l'occasion de se pencher sur le fonctionnement des organisations. Les thèmes « management de la sûreté », « formation », « facteur humain », « conduite » ou « prestataires », par exemple, permettent d'apprécier la prise en compte des enjeux humains et organisationnels dans les installations nucléaires ;

– le retour d'expérience : l'analyse des incidents doit permettre à l'exploitant d'améliorer le fonctionnement des collectifs de travail. La remontée spontanée des informations doit viser une construction de la sûreté et non une recherche de coupables ;

– la défense en profondeur : pour permettre à l'homme de jouer son rôle dans la sûreté, des lignes de défense organisationnelles doivent être mises en place. Elles consistent notamment en la définition d'un contrôle technique systématique des opérations sensibles, la mise en place d'appuis aux différents acteurs, la détection et le traitement des écarts.

## Evolution des organisations

Les évolutions des organisations ne doivent pas nuire à la sûreté de l'installation. Ainsi,

l'exploitant doit préserver un dimensionnement des équipes permettant d'assurer de manière durable toutes les fonctions comme la conduite, la maintenance, l'ingénierie ou le contrôle interne, y compris en cas d'aléa technique, d'incident ou d'accident. C'est l'un des enjeux face aux évolutions que la déréglementation des marchés énergétiques pourrait entraîner en France. Les fonctions d'appui et de contrôle et les échanges d'informations entre services doivent être définis, les besoins en compétences doivent être évalués ; le recours à la sous-traitance doit s'accompagner du renforcement d'une capacité interne de suivi et d'évaluation des prestations.

### **Conception**

Lors de la conception d'une nouvelle installation (ou lors de modifications pour les installations déjà en exploitation), les aspects organisationnels et humains doivent être pris en compte avec la profondeur suffisante :

– dans le cadre de la conception d'une installation, l'opérateur doit être doté d'outils adéquats pour se faire une représentation correcte de la situation. La conception de l'installation doit également lui garantir un temps suffisant pour agir : ainsi, les actions devant être entreprises immédiatement en cas d'accident doivent être automatisées ;

– pour les modifications, les documents de réalisation doivent attirer l'attention sur les risques d'erreur lors des opérations de montage ; les formations nécessaires des personnels d'exploitation et de maintenance concernés par une modification de l'installation doivent faire l'objet de réflexions préalables.

A terme, l'ASN envisage de systématiser ce regard sur la prise en compte des aspects humains et organisationnels suffisamment en amont du processus de modifications du contexte socio-technique, au travers d'« études d'impact facteur humain » à réaliser par l'exploitant.

### **Exploitation**

Au quotidien de l'exploitation des installations, la « culture de sûreté », c'est-à-dire le souci permanent, individuel et collectif, de la sûreté, doit être développée à un niveau suf-

fisant. Autrement dit, les exploitants doivent prendre des mesures propres à professionnaliser leurs agents et à impliquer leur encadrement, des mesures propres à améliorer leurs organisations et leurs méthodes de travail, des mesures propres à faire évoluer les comportements individuels et collectifs.

### **Les actions de l'Autorité de sûreté nucléaire**

L'ASN a déjà eu l'occasion d'intervenir sur ces différents sujets vis-à-vis des exploitants nucléaires : les exemples suivants illustrent ces actions sur le cas des réacteurs de production d'électricité d'EDF, des démarches analogues existant auprès des autres exploitants.

### **Les interfaces hommes/machines et l'ergonomie des installations**

L'interface entre l'homme et la machine et l'ergonomie des équipements jouent un rôle dans la capacité des hommes à comprendre et maîtriser l'installation, et donc à remplir leur rôle en minimisant les erreurs et en maximisant leur capacité de réaction face aux anomalies. A titre d'exemple, l'ASN et son appui technique ont évalué la conduite informatisée du palier N4, qui a amené à une évolution importante des pratiques de travail des agents de conduite en salle de commande. Le retour d'expérience des difficultés de pilotage rencontrées lors de la fuite sur le circuit de refroidissement à l'arrêt de Civaux de 1998 a montré que des adaptations complémentaires étaient nécessaires.

### **Les pratiques individuelles et collectives de travail**

La sûreté demande une rigueur dans l'exécution des tâches. L'ASN a été amenée ces dernières années à signaler un manque de rigueur d'exploitation dans certaines centrales nucléaires, qui se manifeste par des répétitions d'incidents et des contrôles internes insuffisants. Les directions des centrales concernées ont engagé des plans d'action pour améliorer la situation, l'ASN restant attentive à leurs résultats.

L'ASN demande que les aspects organisationnels et humains soient analysés en profondeur à la suite d'incidents. Parallèlement, elle

vérifie que des actions pérennes visant à améliorer les pratiques individuelles et collectives de travail sont développées par les exploitants selon des méthodes pertinentes. Il est toutefois indispensable de laisser dans le choix de ces actions toute sa marge de manœuvre à l'exploitant.

### **Les organisations**

Les organisations ont un poids d'autant plus important vis-à-vis de la sûreté que leurs effets ne sont visibles qu'à long terme mais sont durables. Par ailleurs, les organisations réelles diffèrent des organisations théoriques, et le fonctionnement des organisations dépend de l'histoire propre des entités et des personnes qui les composent. Les actions de l'ASN peuvent se situer en amont et en aval de la définition des organisations :

- l'ASN est intervenue lors des modifications organisationnelles des services de la conduite, initiées par EDF durant les années 1990 ;
- son action principale se situe toutefois principalement au travers de la détection des effets sur la sûreté des organisations mises en place. C'est ainsi que, après recueil des anomalies et des écarts induits par des dysfonctionnements dans les relations entre les centrales nucléaires et les services centraux d'EDF, elle a été amenée à demander des améliorations des actions d'appui et de contrôle menées par les services centraux.

### **La formation**

En matière de formation, l'arrêté du 10 août 1984 relatif à la qualité précise les exigences applicables aux installations nucléaires : « ... seules des personnes possédant la compétence requise peuvent être affectées à une activité concernée par la qualité ; l'appréciation de la compétence de ces personnes est notamment fondée sur leur formation et leur expérience ». Les nombreux écarts relevés sur des centrales nucléaires par rapport à ces dispositions ont amené l'ASN à écrire à EDF en septembre 2000 pour demander une révision des habilitations et une meilleure tenue des dossiers de formation des agents. Au-delà, l'enjeu est de passer d'un simple enregistrement des formations suivies à une réelle estimation des compétences ; l'ASN attend les résultats de la démarche d'EDF à ce sujet.

### **Les relations sociales**

Les comportements individuels et collectifs peuvent être fortement influencés par la qualité des relations sociales sur un site. Si les enjeux de sûreté apparaissent généralement partagés par le personnel d'EDF, des situations de conflit prolongé et de relations dégradées entre direction et syndicats ou entre les différents services fragilisent la capacité d'un site à maintenir ses performances et à faire face à ses problèmes. C'est notamment l'une des sources des problèmes rencontrés en 2000 à la centrale de Dampierre (voir encadré page suivante).

Les relations avec les syndicats et les inspecteurs du travail sont souvent utiles pour appréhender l'origine et l'évolution de difficultés en la matière.

### **Comment progresser en sûreté ?**

Compte tenu du rôle important de l'homme et des organisations dans la sûreté, le progrès en matière de sûreté n'est possible que par une politique managériale des installations nucléaires donnant une priorité à la sûreté.

Des éléments positifs d'une telle gestion sont :

- l'affirmation au plus haut niveau d'une priorité donnée à la sûreté ;
- la mise en œuvre d'une démarche ayant pour but de progresser en matière de sûreté, y compris sur les aspects relevant de l'homme et de l'organisation ;
- des moyens suffisants pour accompagner cette démarche, avec des compétences adaptées ;
- une ouverture aux différents avis qui s'expriment sur la sûreté dans les collectifs de travail ;
- l'acceptation par chacun du risque d'erreur, qui amène à privilégier l'interrogation et à admettre la légitimité du contrôle ;
- une réflexion préalable aux modifications techniques ou organisationnelles.

C'est au management de l'exploitant qu'il incombe de définir et de mettre en œuvre cette politique de sûreté, d'y faire adhérer et participer ses agents et, si nécessaire, de corriger les défaillances de son organisation.

Paris, le 27 mars 2001

## COMMUNIQUÉ DE PRESSE

### **Après six mois de surveillance renforcée, l'Autorité de sûreté nucléaire prend position sur la sûreté du site EDF de Dampierre**

Le 28 septembre 2000, l'Autorité de sûreté nucléaire avait placé le site de Dampierre sous surveillance renforcée après avoir constaté un manque de rigueur dans l'exploitation et une dégradation des relations humaines et sociales.

L'ASN considère aujourd'hui que la dégradation de la situation du site de Dampierre a été stoppée : les relations sociales se sont améliorées ; le site, sa direction et ses agents ont montré qu'ils ont la volonté et la capacité de redresser la situation. Dès lors, l'ASN considère que la sûreté du site n'est toujours pas mise en cause et qu'il n'y a pas lieu d'envisager la fermeture de tout ou partie des installations.

Pour autant, l'ASN estime que le niveau de rigueur dont fait preuve le site lors des opérations d'exploitation et des opérations de maintenance ne s'est pas amélioré de manière évidente et reste donc insuffisant.

L'ASN considère comme normal que la restauration de ce niveau de rigueur nécessite des délais plus longs que les six mois écoulés depuis la mise sous surveillance renforcée et elle pense que les actions lancées à ce jour sont de nature à restaurer la rigueur. Toutefois, tant que le plan de recrutement et de formation du personnel n'aura pas donné son plein effet, il faut qu'EDF s'attache à aider le site à gérer la charge de travail qui pèse sur lui. L'ASN a demandé à EDF de faire des propositions en ce sens.

Dans ces conditions, l'ASN estime nécessaire de maintenir une surveillance renforcée sur le site de Dampierre en la ciblant sur des thèmes identifiés comme des points fragiles du site, tels que les moyens humains, la qualité des opérations de maintenance et la rigueur du comportement en salle de commande.

Un nouveau bilan d'ensemble sera dressé à la fin de l'année 2001.

Une note présentant le bilan de la surveillance renforcée de l'ASN sur le site de Dampierre est disponible sur le site Internet : [www.asn.gouv.fr](http://www.asn.gouv.fr)

# Améliorer la sûreté par la prise en compte des facteurs humains et organisationnels : différentes approches, leurs limites

par Pierre Boutin, Chef de la section d'étude facteurs humains – IPSN DES SEFH

Dans les secteurs industriels de pointe (nucléaire, aviation, pétrochimie...) où les exigences de sûreté sont particulièrement élevées, les experts font régulièrement le constat que dans trois incidents sur quatre le comportement des hommes et le fonctionnement des organisations sont une composante importante des incidents ou des accidents.

Si des progrès importants ont été faits sur les aspects techniques des installations lors des dernières décennies, les incidents impliquant fortement les hommes et les organisations ne semblent pas diminuer significativement, limitant ainsi les progrès de la fiabilité des grands systèmes socio-techniques. Pour expliquer cette relative stagnation, l'IPSN estime qu'il faut – sauf à considérer que l'erreur humaine est imprévisible, inéluctable et imparable – analyser les différentes approches de prise en compte des facteurs humains et organisationnels, notamment leurs limites, pour tenter de comprendre les résultats actuels.

## L'automatisation

L'automatisation représente une forme particulière de prise en compte des facteurs humains et organisationnels puisqu'elle vise à **remplacer l'homme** afin de diminuer « les erreurs humaines ». Une telle solution n'est valide qu'à condition que :

- a) l'automate soit plus fiable que l'homme<sup>1</sup> ;
- b) l'automatisation, souvent partielle, ne génère pas à son tour de nouvelles « erreurs

1. Ce qui mériterait une démonstration solidement étayée, alors que bien souvent les tenants de cette solution s'en tiennent à la simple affirmation.

humaines »<sup>2</sup> dues aux difficultés de l'interaction homme/automate.

## La prescription des comportements

Dans leur principe les actions poursuivies ici visent à obtenir de l'homme un comportement prévisible et attendu. Les moyens utilisés consistent à **prescrire/imposer ce qui doit être fait** : la formation, les consignes (et l'incitation forte à les suivre), les mesures managériales et organisationnelles... sont utilisées pour atteindre l'objectif souhaité. Une telle approche trouve sa limite dans :

- a) l'aptitude des concepteurs à prévoir les évolutions des process ;
- b) l'obéissance de l'opérateur<sup>3</sup> confronté à la contradiction entre ce qu'il pense devoir faire et ce que lui prescrivent les consignes ou l'organisation.

## La mobilisation des énergies

D'autres actions cherchent aussi à obtenir de l'homme un comportement prévisible et attendu, mais ces actions privilégient les moyens destinés à **mobiliser les individus**<sup>4</sup>, et à les faire adhérer aux objectifs et aux valeurs de l'entreprise. A la différence des

2. Erreurs humaines d'autant plus probables que : a) les actions non automatisées et laissées à la charge des opérateurs sont souvent les plus complexes (celles qu'il n'était pas possible d'automatiser), b) les exigences de qualité des interfaces hommes/automates sont rarement respectées.

3. Certaines institutions, qui ont le goût du paradoxe, demandent à leurs opérateurs une obéissance stricte au prescrit tout en adoptant une attitude interrogative dans la pratique de leur travail.

4. Les actions menées ici trouvent leur source dans les travaux réalisés par E. Mayo à la Western Electric, travaux ayant montré que les motivations salariales n'étaient pas les seules efficaces dans une entreprise et que « l'intérêt » porté aux acteurs d'un atelier était un facteur important pour améliorer la production. A la suite de ces travaux se développeront de multiples actions que l'on peut regrouper sous l'étiquette « relations humaines ».

actions prescriptives, le but est que l'individu cherche de lui-même à progresser et à améliorer son travail. Les limites (voire les échecs constatés dans certains secteurs industriels) proviennent de l'instabilité des résultats obtenus, instabilité d'autant plus marquée lorsque cette mobilisation n'entraîne pas de bénéfices clairement perceptibles pour les agents de l'entreprise.

Les différentes approches présentées jusqu'ici se caractérisent par le fait qu'elles cherchent à obtenir de l'homme des comportements prévisibles, soit en réduisant son rôle et ses fonctions par l'automatisation, soit en cherchant à contrôler son comportement (par la prescription ou par la mobilisation des individus). Ces stratégies sont sous-tendues par une vision de l'homme considéré essentiellement comme un facteur potentiel d'erreurs dans l'installation, erreurs qui ne peuvent être évitées qu'à condition que les hommes adoptent un comportement identique à celui des machines. Or, malgré ses efforts, l'homme ne peut laisser de côté ses capacités de jugement et d'initiative alors qu'on lui confie des tâches qui sollicitent toujours plus fortement son attention, ses capacités intellectuelles, et sa mobilisation sur les enjeux de sûreté de l'installation.

A vouloir trop contraindre le comportement des hommes, il y a risque de perdre ce qui fait la spécificité de leur apport et risque de créer des situations conflictuelles – en particulier les conflits entre « la procédure » et l'analyse de l'opérateur s'appuyant sur ses compétences – qui se traduiront bien souvent de manière négative sur la sûreté des installations.

### Aménager l'environnement de travail

A côté des approches centrées sur la maîtrise du comportement des individus, existe une autre catégorie d'approche centrée sur la recherche de l'amélioration de l'environnement de travail.

Partant de l'idée que la perfectibilité de l'homme a ses limites, les actions poursuivies ici visent à fournir aux hommes de l'entreprise un environnement **adapté au mieux aux caractéristiques et prérequis de la « machine humaine »**. L'amélioration de la qualité de l'environnement de travail vise à : limiter les actions inappropriées des opérateurs (amélioration de la pilotabilité des ins-

tallations, ergonomie des interfaces hommes/machines, utilisabilité des consignes...), limiter leur propagation (organisation du travail, organisation des sites), limiter leurs conséquences (amélioration de la détectabilité des erreurs et de leur correction...).

L'état d'esprit sous-jacent à ces actions est que le comportement prescrit et attendu ne peut être uniquement obtenu par la formation et par des documents prescriptifs. Si l'on veut que les hommes se comportent au mieux dans les installations, il faut aussi leur proposer un environnement de travail (au sens le plus large) favorisant les réponses adaptées et limitant les effets des actions inadéquates. Cette approche vise à adapter l'environnement aux comportements naturels des hommes ; à ce titre, elle est parfois qualifiée d'approche écologique.

Les limites de ces approches sont liées :

- a) aux connaissances sur le fonctionnement des hommes (au plan individuel et collectif) et à l'identification des pré-requis pour leur fonctionnement optimal ;
- b) à la capacité effective à mettre en place des solutions efficaces ;
- c) au moment où elles sont mises en œuvre (il est plus facile d'assurer une bonne prise en compte des facteurs humains dès le début de la conception des installations).

### Les référentiels dans le domaine des facteurs humains et organisationnels

Pendant longtemps, les approches, notamment dans le nucléaire<sup>5</sup>, ont largement privilégié les actions visant à maîtriser le comportement des hommes. Si, à l'évidence, la voie la plus efficace consiste à **améliorer conjointement** le comportement des hommes et l'environnement de travail, les actions tournées vers l'amélioration de l'environnement ont souvent suscité des réticences chez les exploitants. Parmi les raisons avancées pour expliquer ces réticences<sup>6</sup>, le manque de référentiel

5. Dans d'autres secteurs comme l'aviation (où le lien entre les risques et les facteurs humains est plus clairement établi), ou la micro-informatique (où le risque d'échec commercial lié à une mauvaise interface homme/machine est manifeste), le souci de prise en compte du futur opérateur/utilisateur s'est traduit plus nettement par des approches « écologiques ».

6. Il existe sans doute d'autres raisons à ces réticences puisqu'on peut parfois constater que les demandes d'approches « écologiques » sont souvent jugées prématurées pour les installations en conception (« on verra ça plus tard ») et trop tardives pour les installations existantes (« on ne peut plus changer maintenant »).



Vue d'ensemble de la salle de commande du palier N4

dans le domaine des facteurs humains et organisationnels a souvent été cité. Un tel reproche, valable dans les années 80/90, ne peut plus être fait dans les années 2000.

En effet, depuis 10 ans un très gros effort de normalisation a été effectué dans le domaine des facteurs humains et organisationnels, aussi bien par des organisations dont c'est la mission de produire des documents normatifs (AFNOR, ISO, CEI, etc.) que par des organisations plus spécialisées telles que l'US-NRC, Autorité de sûreté nucléaire aux Etats-Unis. Si tous les aspects ne sont pas encore couverts, beaucoup de thèmes sont déjà bien définis et disposent d'un soutien normatif fort. Si l'on prend, par exemple, l'informatisation d'une salle de commande, tant pour la conception que pour la modification, l'exploitant peut s'appuyer sur :

- la norme ISO 13 407 (« Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs »), qui expose les grands principes à suivre pour la conception (la participation des opérateurs ne constituant que l'une des exigences prévues !);

- la norme ISO 11 064 – 1 à 7 (« Conception ergonomique de centres de commande »),

qui présente de manière très détaillée les méthodes à mettre en œuvre tant pour les aménagements, les conceptions de postes de travail ou d'aides au travail, que pour la vérification ou la validation de la conception ;

- les normes CEI 964, 1771 et 1772<sup>7</sup> (« Conception des salles de commande... ») ;

- les NUREG 700, 711.

S'il souhaite approfondir son approche pour la conception des positions de travail il pourra se référer utilement à ISO 9241-1 à 17 (« Exigences ergonomiques pour le travail sur écran »)...

Il serait trop long d'énumérer ici l'ensemble des documents normatifs, d'autant plus qu'il s'enrichit et se développe de jour en jour. Il est évident que tous les facteurs de performance des opérateurs (le champ couvert va de la physiologie à la sociologie des organisations) ne font pas l'objet de normalisations ou de bonnes pratiques détaillées, mais, quelles que soient les lacunes et les insuffisances dans ce domaine, il semble de plus en

7. Ces normes rédigées il y a un certain temps font actuellement l'objet d'un processus de révision ; c'est aussi le cas du rapport NUREG 0700 dont la version 2 sera bientôt achevée.



plus difficile pour un exploitant d'adopter une approche ne s'appuyant que sur « le bon sens et la participation des opérateurs » tout en négligeant les documents normatifs (ainsi que le recueil des bonnes pratiques qui représentent le normatif de demain).

### **En guise de conclusion...**

La nécessité de prendre en compte les facteurs humains et organisationnels pour améliorer la sûreté des installations est un principe quasiment acquis pour tous les acteurs du nucléaire. En revanche les objectifs, les méthodes, la façon d'assurer cette prise en compte, ne sont pas les mêmes pour tout le monde. C'est autour de ces différences que vont s'articuler les débats du futur.

### **L'erreur humaine : cause ou symptôme ?**

Il n'y a plus grand monde pour accepter l'idée que l'analyse des causes d'un incident/accident s'arrête à l'identification d'une ou plusieurs « erreurs humaines ». Cependant il y a encore beaucoup de chemin à faire pour que la majorité des acteurs du nucléaire soit convaincue que l'erreur humaine, loin d'être la cause profonde, n'est bien souvent que le symptôme du dysfonctionnement d'un système, dont il faut analyser les raisons, celles-ci ne résidant pas uniquement dans la compétence ou le professionnalisme des opérateurs.

### **L'erreur humaine : la réduire ou vivre avec ?**

Il y a aussi divergence sur les objectifs à poursuivre à l'égard de l'erreur humaine : dans un

premier mouvement il peut être tentant de vouloir en réduire le nombre. Mais, si cette stratégie est efficace, il faut aussi considérer qu'on ne peut éliminer tous les écarts, que ceux-ci jouent souvent un rôle important dans l'apprentissage et la maîtrise des systèmes, et qu'une autre stratégie efficace consiste aussi à limiter les conséquences des erreurs humaines, notamment en facilitant la détection et la récupération de celles-ci.

### **Encadrement et mobilisation des hommes ou/et aménagement de l'environnement de travail ?**

La question posée recouvre un débat difficile, et, si sur les principes la réponse paraît simple (les deux bien sûr !), le point de vue économique (modifier l'existant peut coûter cher), la question des responsabilités (reconnaître l'importance des facteurs d'environnement dans la genèse d'un incident met en jeu la responsabilité du concepteur), les préjugés, la force de l'habitude, les risques pour certains acteurs de se voir remis en cause... font qu'il existe des forces de résistance non négligeables à cette double approche au profit d'une approche qui attend l'essentiel des progrès de l'encadrement et de la mobilisation des acteurs de premiers niveau.

Cependant, malgré les difficultés actuelles et prévisibles, l'existence de normes, de bonnes pratiques reconnues (même si elles sont peu et mal connues), la diffusion progressive des connaissances dans ce domaine, les incitations diverses, devraient permettre de faire évoluer les attitudes et les décisions dans le domaine des facteurs humains et organisationnels.

# Le retour d'expérience dans le domaine des facteurs humains et organisationnels

## Difficultés et risques de biais

par Pierre Boutin et Ronan Nunez, IPSN DES SEFH

L'utilité des enseignements tirés des accidents, des incidents, des dysfonctionnements... survenus dans les installations nucléaires est reconnue par l'ensemble des acteurs du nucléaire (comme c'est le cas dans d'autres secteurs industriels). L'identification des facteurs à l'origine des défaillances, suivie de la recherche et la mise en place des moyens d'évitement de leur répétition, est un mécanisme de progrès qui a démontré son efficacité dans le domaine technique.

Cette mise en œuvre du retour d'expérience (REX) se fait aussi dans le domaine des facteurs humains et organisationnels (FHO) mais ne semble pas donner actuellement des résultats aussi convaincants que dans le domaine technique. L'importance du poids des FHO sur la sûreté est pourtant reconnue. EDF, notamment, considère que « *les sources d'amélioration de la sûreté sont de moins en moins techniques et se situent de plus en plus dans le champ des facteurs humains ou mieux dans le champ du socio-organisationnel* »<sup>1</sup>. Cependant, malgré ce constat, le taux d'incidents à composante humaine et organisationnelle ne diminue pas de manière significative, ce qui invite à s'interroger sur les difficultés rencontrées pour réaliser un retour d'expérience efficace.

Les difficultés rencontrées dans le traitement du REX sont parfois attribuées à des caractéristiques inhérentes aux « facteurs humains », les propos tenus évoquant volontiers les difficultés pour « *changer le comportement des hommes* », voire la complexité générale de ces questions qui interdirait tout espoir de voir rapidement des progrès clairs et significatifs. Un tel point de vue n'est acceptable

qu'à condition d'avoir d'abord examiné attentivement les conditions nécessaires au bon fonctionnement du retour d'expérience. Or, et c'est l'objet de notre article, les conditions nécessaires au fonctionnement du retour d'expérience dans le domaine des FHO ne sont pas strictement les mêmes que celles qui conditionnent le bon fonctionnement du REX dans le domaine technique. Ces différences expliquent sans doute, pour une part, l'absence de progrès significatif constatée dans le domaine des FHO.

En particulier, le REX dans le domaine des FHO encourt le risque d'un certain nombre de difficultés ou de biais qui, limitant la qualité des analyses causales, limiteront la portée des actions correctives. Ces difficultés et biais peuvent affecter les analyses, depuis le recueil initial des faits jusqu'au choix des actions correctives.

### 1. Biais liés à l'immatérialité des faits

Dans le domaine technique, une soudure fragilisée, un métal corrodé, une fissure qui se développe, sont des phénomènes matériellement tangibles. S'il est parfois difficile de comprendre pourquoi ces faits se sont produits, les bases matérielles existent et permettent l'analyse et la confrontation. Dans le domaine des FHO, les faits nécessaires pour l'analyse sont souvent plus difficiles à appréhender : la communication défaillante entre deux opérateurs, les difficultés d'un opérateur pour analyser une série d'alarmes, une représentation mentale erronée de l'état réel d'un circuit ou d'une tranche, voire la chronologie exacte des actions engagées par l'équipe de conduite, sont plus souvent des « faits à construire » que des données objectives immédiatement accessibles.

1. Cf « Retours d'expérience et vigilance croisées » Séminaire CNRS Paris du 5 mars 1998, exposé de M. Fourest EDF.

Les données brutes indispensables à l'analyse doivent être le plus souvent recueillies par entretiens auprès des acteurs impliqués dans l'événement. La qualité de l'analyse est fortement dépendante de la qualité de cette étape préalable de reconstitution factuelle. Or différents paramètres, induits par le caractère immatériel de certains faits, peuvent contrarier cette qualité :

- la mémoire humaine s'érode dans le temps. Par conséquent, le délai entre occurrence des faits et recueil de données par entretien est un paramètre que l'analyste doit réduire autant que possible ;
- l'étendue et la pertinence des faits recueillis en entretien dépendent très directement de la compétence de l'analyste ;
- les informations recueillies sont pour une part des données subjectives.

### 2. Biais liés à la responsabilité des acteurs directs de l'incident/accident

Analyser les dysfonctionnements d'un système technique, c'est chercher à comprendre ce qui s'est passé. Lorsque les hommes sont en cause, la notion de leur responsabilité et, le cas échéant, le risque de sanction, sont immédiatement en jeu. Cette difficile séparation entre analyse causale et évaluation des responsabilités va entraîner des biais inévitables.

Les biais ne sont pas forcément conscients, et ne vont pas toujours dans le sens d'une disculpation de la personne impliquée. Au contraire, dans bon nombre de cas, l'acteur de premier niveau<sup>2</sup> impliqué, en raison de sa conscience professionnelle, se met plus souvent en cause et se trouve plus souvent responsable que ne le fera l'analyste disposant de recul.

### 3. Biais liés aux modèles d'analyse

Les biais sont aussi induits par les modèles d'analyses naïves qui privilégient souvent le rôle de l'acteur de premier niveau et les causes immédiatement présentes au moment de l'accident, au détriment des causes plus lointaines ou générales. Ce risque

2. Acteur de premier niveau : celui qui est présent et actif au moment où se produit l'incident, celui qui exécute l'action inopportune.

de biais conduit souvent à des analyses d'incidents centrées sur les comportements individuels et non sur l'environnement socio-technique et son influence sur les performances humaines<sup>3</sup>.

### 4. Biais liés aux compétences des analystes

Dans les domaines techniques, les analyses sont, en principe, confiées à des personnes compétentes sur le domaine technique en cause. Il n'en va pas toujours de même dans le domaine des FHO, où l'analyse est assez fréquemment confiée aux acteurs ayant participé à l'incident. Or ceux-ci ne disposent pas nécessairement d'une compétence particulière dans le domaine des FHO pour pouvoir mener ces analyses.

Il serait utile de former ou d'accroître le niveau des compétences des acteurs dans ce domaine, et de mieux définir les conditions d'intervention des non-spécialistes et des spécialistes dans l'analyse d'incident à composante FHO.

### 5. Biais liés à la disponibilité des actions correctives

Il existe une autre source de biais : celle qui tend à n'identifier comme cause que ce qui paraît correspondre à des actions correctives susceptibles d'être mises en œuvre. En quelque sorte, l'analyste limite sa recherche des causes à ce qui lui paraît susceptible d'être corrigé. Dans des installations construites et exploitées depuis longtemps, la tendance à agir en vue de changer le comportement humain (action de type : « *rappel des bonnes pratiques en matière de surveillance, implication de l'agent dans la réflexion sur la rigueur requise en exploitation* ») paraît souvent le plus accessible. En revanche, les caractéristiques matérielles de l'installation (qualité des interfaces, pilotabi-

3. Lors d'un incident, un opérateur a mal interprété la signification d'une alarme ayant un libellé peu explicite. L'analyse peut soit conduire à incriminer la méthode de travail de l'opérateur (manque d'attitude interrogative, toute alarme doit être traitée, la fiche aurait dû être prise et appliquée, manque de rigueur et de professionnalisme...), soit privilégier la compréhension de la spécificité de l'alarme non perçue par l'opérateur et, le cas échéant, diagnostiquer que le libellé n'avait rien d'explicite et incitait largement l'opérateur à interpréter l'alarme de manière erronée. Dans un cas, les actions correctives porteront sur l'opérateur (rappel des bonnes pratiques de traitement des alarmes, formation) ; dans le deuxième cas, les actions porteront sur le changement du libellé d'alarme.

lité des matériels, logiques informatiques...) paraissant plus difficiles à modifier ne font pas l'objet d'un examen approfondi lors de la recherche des causes profondes<sup>4</sup>.

En conclusion de cette analyse, on voit qu'il existe un certain nombre de difficultés et de biais spécifiques, qui sont susceptibles d'affecter la qualité du REX dans le domaine des FHO. Les effets possibles de ces difficultés et de ces biais peuvent se situer aussi bien au moment du recueil des faits ou pendant l'analyse que dans le choix des actions correctives. Il est évident que les difficultés et les

4. L'analyse d'un incident peut constituer une charge de travail importante pour les acteurs concernés ; afin de limiter cette charge, les rédacteurs déclarent souvent qu'ils ont tendance à n'approfondir l'arbre des causes que dans la mesure où il leur paraît possible de déterminer des actions correctives susceptibles d'être mises en œuvre sur le site.

biais sont potentiels et ne touchent pas systématiquement le retour d'expérience, mais l'on voit aussi que les conditions nécessaires pour avoir un retour d'expérience utile et efficace dans ce domaine sont différentes de celles du domaine technique, notamment pour ce qui touche au recueil des données, qui doit être assuré rapidement après les événements et par des spécialistes de bon niveau si l'on veut disposer des données complètes et pertinentes pour les analyses ultérieures.

Au niveau du recueil des données, l'efficacité du retour d'expérience repose sur les exigences susmentionnées. Le respect de ces exigences permet d'identifier non seulement les défauts les plus flagrants (souvent mineurs) mais aussi les causes profondes et génériques, ce qui est indispensable pour réaliser des progrès de fond significatifs.

# De la politique facteur humain au management par la qualité

par **Aline Lewkowitch**, EDF – Division production nucléaire – Fonctions techniques communes – Groupe animation des métiers – Coordinatrice de l'équipe facteur humain nationale

Depuis plusieurs années, les évolutions de l'entreprise et de son environnement et la contribution essentielle que doit y apporter le parc nucléaire renforcent les exigences de performances liées à une parfaite maîtrise de la sûreté et de la qualité d'exploitation. Cette maîtrise passe par une optimisation des organisations et surtout une évolution des modes de management. Ainsi, depuis quelques années, le parc affiche des idées novatrices en matière de management de la sûreté et de politique de prise en compte du facteur humain dans l'amélioration des pratiques de travail au quotidien.

## De l'homme facteur d'erreur à l'homme facteur de progrès

En juin 1996, la division de la production nucléaire (DPN) définit sa politique de contribution du facteur humain à la sûreté de l'exploitation. Trois voies de progrès caractérisent cette politique et renforcent les analyses FH issues du retour d'expérience des événements d'exploitation :

– **l'amélioration de l'interface homme-machine** à travers notamment le retour d'expérience du palier N4, et aussi l'amélioration de la documentation d'exploitation ;

– **la décentralisation de la formation** dans le cadre de la mise en place de systèmes locaux de développement des compétences, accompagnée de la régionalisation de l'organisation du Service de la formation professionnelle (SFP), et d'un important programme de rénovation, d'accroissement et de diversification du parc de simulateurs ;

– **l'évolution des méthodes de travail, de l'implication, du comportement des acteurs à tous les niveaux hiérarchiques.** Cette troisième voie de progrès est la plus novatrice. Il s'agit de favoriser la réinterroga-

tion permanente des pratiques au sein du management et des équipes de travail de façon à obtenir des progrès à long terme. Dans cette approche, l'homme n'est plus seulement considéré comme source de défaillance. Au contraire, il s'agit de tirer mieux partie de l'homme, au sein d'une équipe, qui est source de progrès dans la qualité d'exploitation au quotidien.

Des appuis sont en place au sein des unités depuis 1993, **les consultants Facteur Humain**, et au niveau national (membres de l'équipe Facteur Humain nationale) pour relayer la mise en œuvre de cette politique.

## Une nécessaire implication du management

Cette politique se renforce en 1997 à partir d'un certain nombre d'actions menées par la DPN à destination de la ligne managériale : publication du texte « **le management de la sûreté nucléaire en exploitation** », ateliers avec les directeurs d'unité, puis avec leurs collaborateurs proches, lettre du directeur du parc nucléaire donnant trois axes prioritaires d'actions : engagement des managers à tous les niveaux pour développer l'implication de tous, **repositionnement des appuis Facteur Humain** et mise en œuvre de méthodes et outils. Six « outils » (couramment appelés « **leviers du management de la sûreté** ») font l'objet d'une promotion et d'un suivi particulier, ainsi que d'un appui au niveau national :

## – le développement de compétences à l'analyse de risques

Ce levier se situe au sein d'une affaire parc ouverte en 1996. Elle permet de progresser sur le plan des méthodes à partir de comparaisons des pratiques en la matière, notamment sur la base d'un réseau de correspon-



Site EDF Cap Ampère

dants locaux dans ce domaine animé au niveau national.

#### – l'autodiagnostic

Le principe de l'autodiagnostic consiste en une réinterrogation des pratiques entre professionnels qui travaillent habituellement ensemble sur des activités communes ; alterner action et réflexion sur les activités permet le développement de compétences collectives et la recherche commune de solutions d'amélioration.

#### – l'autoévaluation

Il s'agit aussi d'un échange collectif sur les pratiques de travail, mais à partir d'une analyse des écarts de pratiques par rapport à un référentiel identifié.

#### – la démarche qualité pour la conduite des transitoires sensibles

Cette démarche a permis d'identifier un trentaine de transitoires sur l'ensemble du parc.

Si les choix sont variables selon les unités, une dizaine de transitoires « sensibles » sont cependant communs. L'objectif de la démarche est d'identifier, sur la base d'une analyse de risque, les paramètres sensibles à surveiller et les points clés de contrôle.

#### – l'observatoire sûreté – disponibilité

Il s'agit de l'examen des processus de prise de décision dans un contexte d'arbitrage entre différents objectifs comme la sûreté, la disponibilité, et la radioprotection.

#### – la communication opérationnelle

La notion couvre le champ d'une pratique de travail spécifique : les échanges d'informations, d'ordres et de repères nécessaires à la réalisation du travail. Deux outils sont proposés aux unités : une formation d'animateur à la communication opérationnelle, et des films pédagogiques. Par ailleurs, ce thème fait aussi l'objet de débats dans le cadre d'autodiagnostic sur ce thème.

Deux des principes directeurs du **Projet Managérial du Producteur de l'Entreprise** (septembre 1998) font écho à la troisième voie de progrès de la politique Facteur Humain ; la **reconnaissance** de la personne dans l'entreprise et la **créativité des équipes** de base. En effet, la mise en pratique de ces principes nécessite de la ligne managériale, et en particulier des managers première et deuxième ligne (MPL et MDL), de faire évoluer les modes de management des équipes vers des processus participatifs, impliquants, et mettant chaque acteur en situation d'apporter sa contribution à la construction des actions.

### **D'une approche managériale intégrée... au management par la qualité**

En mars 1999, la DPN, au vu du bilan de la mise en œuvre de la politique FH sur les unités, a développé une réflexion au sein d'un **groupe de travail « Pour une meilleure prise en compte du Facteur Humain »**. Les aspects suivants ont été particulièrement examinés : l'implication managériale de la DPN jusqu'au management de proximité, la place des appuis Facteur Humain locaux et nationaux, le pilotage de l'action et les moyens de contrôle associés. Une des principales conclusions du groupe est que **l'approche Facteur Humain doit s'inscrire dans une démarche managériale intégrée, liée aux métiers et appliquée au niveau de toutes les équipes de travail**.

Ces éléments ont été repris dans le cadre plus large de l'élaboration du projet « Un nouvel élan pour la DPN ». Un des trois objectifs associés aux enjeux de l'entreprise qui a été retenu est de :

**– faire de la qualité le moteur de la réussite pour atteindre nos performances dans la durée, avec la sûreté comme priorité.**

Cet objectif traduit la conviction que les plus grandes marges de progrès se trouvent au niveau des équipes de travail par la mise en œuvre d'actions, tournées vers la sûreté, d'amélioration de la rigueur et de la qualité d'exploitation, motivantes et mobilisatrices. Le déploiement du management par la qualité, directement relié aux valeurs définies dans « La vision d'EDF en 2005 », répond à cet

objectif. Ces valeurs ont été traduites en huit principes managériaux s'appuyant sur les principes fondamentaux de l'EFQM<sup>1</sup>.

Les changements attendus, exprimés comme tels dans la politique de management par la qualité, doivent se concrétiser par :

- une rénovation du management ;
- une rigueur d'exploitation renforcée ;
- une anticipation des attentes, pour que la satisfaction des clients, du public, de l'Autorité de sûreté et des partenaires industriels soit améliorée ;
- une confiance retrouvée ;
- une logique de progrès permanent.

Le retour d'expérience de la mise en œuvre de la politique facteur humain, et des six leviers du management de la sûreté, et son analyse croisée avec les principes managériaux du management par la qualité, confirment pleinement la pertinence de ces outils. Le déploiement du management par la qualité s'inscrit donc aujourd'hui dans le prolongement de la politique Facteur Humain, et du management de la sûreté. Les actions engagées dans ce cadre permettent de donner un nouveau sens et une nouvelle dynamique aux actions engagées. Des compétences Facteur Humain sont ainsi intégrées dans l'appui au déploiement, en complément d'autres types d'appui (sûreté, ressources humaines, qualité, communication...).

### **En conclusion...**

Ces évolutions récentes marquent la volonté de la direction de la DPN de rechercher au sein des individus, des collectifs, de l'organisation et enfin du management de nouvelles marges de progrès dans les différents domaines de performance et en particulier en matière de sûreté de la qualité d'exploitation. L'approche Facteur Humain est aujourd'hui intégrée à une politique de management, où les spécificités de ses approches permettront de rester vigilants sur la façon dont, au quotidien, les exigences et les contraintes des situations de travail conduisent tout un chacun à améliorer ses performances.

1. European Foundation for Quality Management (NDFLR).

# L'expérience d'un consultant Facteurs Humains dans une centrale nucléaire EDF

par **Frédéric Mosneron Dupin**, Consultant Facteurs Humains –  
EDF/DPN au CNPE de Fessenheim

Consultant Facteurs Humains : drôle de métier. Quand je me présente, il faut toujours expliquer. Ou bien « biaiser », en disant que je travaille dans les ressources humaines, ou que je suis consultant en management... Pourtant, ce n'est pas tout à fait cela. Décrivons donc ce que je fais, et les mots « Consultant Facteurs Humains » prendront du sens.

## Contribuer au retour d'expérience

Une anomalie se produit (arrêt automatique du réacteur...) ou est détectée (essai de bon fonctionnement d'un matériel de sûreté réalisé en retard...). Le chef de service m'appelle : il faut faire une analyse.

Je rencontre les acteurs de l'événement, le plus tôt possible après celui-ci : il ne faut pas que la mémoire se perde, ou que les souvenirs soient déformés par les interprétations des uns et des autres.

Généralement, les acteurs de l'événement sont plutôt mal à l'aise. L'échec n'est jamais agréable. Et certains n'ont pas bien compris

que l'analyse d'événement n'est pas une recherche de coupables, qu'ils ne vont pas « au tribunal ». Je rappelle les objectifs : « **comprendre pour progresser** » ; nous faisons du « retour d'expérience » et non une enquête judiciaire. Je rappelle aussi la méthode, et la déontologie.

Allons vite sur le terrain. On s'y sent plus à l'aise que dans un bureau. Et puis, rien de tel que de « rejouer » l'événement sur place, pour bien décrire ce qu'on a fait, ce qu'on a compris, les objectifs qu'on privilégiait, les compromis qu'on a cherchés, face à une situation complexe. Complexe ? Vu de loin, après coup, tout paraît simple. Mais dans l'instant, tant de « petites choses » interviennent, et l'on est pris, englué dans le temps et l'espace étroits des possibles. Et l'œil « neuf » du consultant Facteurs Humains peut voir dans l'environnement, dans le décor du petit « drame » qui s'est joué, des facteurs explicatifs qui ont échappé aux acteurs : ces vannes, que l'on a confondues, sont d'aspect très similaire ; ces organes de coupure (de circuit électrique) ont des numéros qui ne diffèrent que par le dernier chiffre...

### *Quelques principes d'action du consultant Facteurs Humains*

**Transparence** : les personnes concernées par une action impliquant le consultant Facteurs Humains sont informées des objectifs et de la méthode.

**Confidentialité** : la confidentialité des informations qui l'exigent est assurée.

**Information en retour** : les personnes ayant participé à une action impliquant le consultant Facteurs Humains sont informées des résultats des analyses.

**Objectivité** : l'approche Facteurs Humains vise à fournir des éléments objectifs sur les situations de travail étudiées. Elle se situe donc en marge des débats éventuels dans lesquels ses résultats peuvent être utilisés.



Allons maintenant en salle de réunion. Nous y retrouvons le cadre qui pilote l'analyse (il apportera des éléments sur la technique et l'organisation du travail) et l'ingénieur sûreté (c'est le spécialiste des règles de sûreté et il connaît bien leurs justifications). Nous établissons la chronologie de l'événement. Puis, à la lumière de ce qui a été vu sur le terrain, nous remontons de l'événement à ses causes

profondes : c'est la construction de « **l'arbre des causes** ». Ceci nous permet de proposer des améliorations, pour réduire la probabilité de renouvellement de l'événement. Notre rapport sera ensuite examiné dans une réunion inter-services, présidée par le directeur sûreté qualité : c'est alors que seront décidées les actions à retenir, parmi nos propositions.

**Éléments de méthode pour l'analyse des causes et la définition d'actions d'amélioration**

Parmi les facteurs ayant favorisé l'événement, on examine notamment :

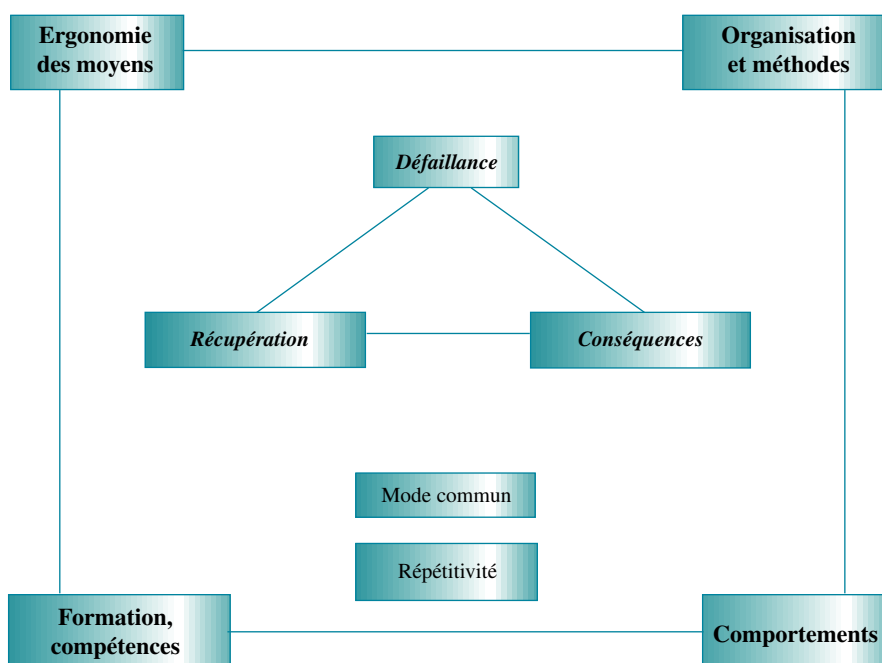
- **l'ergonomie des moyens de travail** (procédures, outillage, systèmes informatiques, salle de commande...);
- **l'organisation** et les méthodes de travail ;
- **les compétences** ;
- enfin, **les comportements** des acteurs, c'est-à-dire la manière dont ils ont mis en œuvre concrètement, dans la situation, leurs compétences, l'organisation, les moyens.

On regarde également pourquoi l'erreur initiale n'a pas été rattrapée (facteurs de récupération), et si l'événement ne met pas en évidence des **modes communs**. Il faut systématiquement s'interroger sur la **répétitivité** éventuelle de l'événement : avons-nous déjà eu dans les dernières années un événement avec des causes ou des conséquences analogues ?

Pour proposer des actions correctives, on cherche, à la lumière de l'analyse des causes, ce qui permettrait :

- de réduire la probabilité d'erreur (**défaillance**) ;
- d'augmenter les chances de la corriger avant conséquences (**récupération**) ;
- de réduire les **conséquences** de l'erreur, si elle n'a pas été rattrapée au préalable.

Le schéma suivant résume cette démarche, en reprenant les points notés ci-dessus en gras.



*On veille :*

- *au réalisme des propositions (peut-on réellement les mettre en œuvre sur le terrain ?) ;*
- *à leur simplicité (ne complique-t-on pas encore le système ? Ne rajoute-t-on pas encore « du papier » ?) ;*
- *à renvoyer le plus possible à des actions de progrès ou des dispositions déjà existantes (ne pas « empiler », complexifier ; limiter les modifications) ;*
- *à bien exploiter les quatre axes Facteurs Humains (ergonomie, organisation, compétences, comportements), sans privilégier, comme souvent, la formation ou l'ajout de nouveaux documents.*

Cependant l'analyse de chaque événement ne suffit pas. Il faut aussi prendre du recul, examiner si des tendances se dégagent sur un ensemble d'événements. Nous réalisons donc des bilans pluriannuels des analyses d'événements. En les complétant avec les bilans réalisés sur l'ensemble du parc nucléaire, nous obtenons une vision d'ensemble. Sur ces bases, les services de la centrale peuvent déterminer les actions de progrès, de fond, à mener.

Il faut savoir analyser les échecs pour en tirer profit. Mais il faut avant tout entraîner le personnel dans une dynamique positive d'actions de progrès. C'est une composante essentielle de mon rôle que d'aider managers et personnel à être plus efficaces, notamment d'un point de vue fiabilité humaine.

### **Sensibiliser à la fiabilité humaine**

Pour cela, il faut d'abord que chacun comprenne mieux comment on peut « gérer l'erreur humaine ». Car comment être efficace et fiable si l'on ne sait pas « **vivre avec l'erreur** », s'organiser pour la minimiser et en limiter les conséquences ? Or, sur le terrain, l'erreur est un peu « tabou ». On n'en parle guère. On confond faute et erreur. En cas d'erreur, on se sent coupable. On n'aime guère le mot « responsable », car on n'en retient que le sens négatif (coupable). Dans ce contexte, le contrôle est souvent vécu comme une manifestation de manque de confiance plutôt que comme une aide. Et l'analyse de risques peut sembler être une lourdeur supplémentaire (encore « du papier » !) dans un univers où dossiers, plans qualité, procédures, signatures et audits sont déjà si nombreux.

Que ce soit dans des groupes de travail ou dans des stages, je mène donc un travail d'in-

formation sur ces notions. J'explique les différences entre erreur et faute. Vouloir éradiquer les erreurs humaines et les défaillances de matériel est sans espoir. Pour les maîtriser, il faut agir sur les trois composantes du risque : la défaillance (ou erreur) ; la non-récupération – non-rattrapage – de la défaillance ; et les conséquences de la défaillance. Une bonne connaissance des facteurs d'erreur (par exemple : fatigue, précipitation, routine, reprise du travail après une absence, mauvaise ergonomie, interfaces multiples, communication imprécise...) permet de réduire les risques de se tromper (action sur la première composante du risque). Le contrôle est une aide pour rattraper l'erreur (action sur la deuxième composante du risque). L'analyse de risques en préalable à une intervention permet d'identifier les risques de se tromper, les conséquences potentielles, et de mettre en place des parades (action sur les trois composantes du risque). Et l'analyse des erreurs permet de progresser (action à nouveau sur les trois composantes du risque).

Mais cette action d'explication, de sensibilisation aux Facteurs Humains et à la fiabilité humaine, est vaine si elle ne débouche pas sur des actions de progrès.

### **Appuyer les actions de progrès et la conduite du changement**

A la lumière du retour d'expérience, des bilans annuels (dont le bilan sûreté du site), des recommandations de la Direction de la production nucléaire, des demandes de l'Autorité de sûreté, chaque service lance régulièrement des actions de progrès. Il s'agit d'améliorer les performances, les méthodes, l'organisation, voire les comportements dans tel ou tel domaine. Ces actions sont souvent menées de manière participative, en faisant



Centrale de Fessenheim

Intervenir des groupes de travail. Il s'agit parfois d'actions de très grande ampleur. C'est le cas par exemple des projets Conduite et Maintenance dans lesquels est actuellement engagé le site de Fessenheim : ce sont des projets pluriannuels impliquant des évolutions d'organisation, de méthodes de travail et de management pour les services opérationnels de la centrale.

Ma contribution aux actions de progrès peut prendre des formes diverses (conseil sur les méthodes de conduite du changement, participation au comité de pilotage du projet, contribution à des diagnostics, appui à des groupes de travail), à des niveaux également divers (direction de la centrale, chef de service, chef d'équipe).

Mener un groupe de travail est plus difficile qu'il n'y paraît. Si le cadrage initial n'est pas clair, si les sujets à traiter dépassent les possi-

bilités du groupe, si les méthodes sont inadaptées (voire absentes !), le résultat est indigent, et les responsables tranchent sans en tenir compte, générant des désillusions. Je vais donc aider le pilote du groupe à surmonter ces difficultés. J'apporte également des connaissances en ergonomie et fiabilité humaine. J'incite le personnel à bien prendre en compte les aspects non techniques des problèmes traités. Mon regard extérieur au métier des participants les aide à sortir de leurs habitudes, à prendre du recul. Je leur « renvoie leur image » en m'appuyant le plus possible sur l'observation du travail sur le terrain. Ceci favorise la recherche de solutions à la fois innovantes et réalistes. Je contribue également à transmettre au groupe l'expérience des autres centrales, dont je suis informé par le « réseau Facteurs Humains » (réseau des consultants Facteurs Humains des centrales nucléaires d'EDF).

### ***L'exemple du GT Lignages***

*Lors de la mise à l'arrêt ou lors du démarrage de la centrale, il faut ouvrir ou fermer de nombreux organes (vannes, disjoncteurs...) : ce sont les « lignages », réalisés en grande partie « sur le terrain », par des techniciens d'exploitation. Animé par un chef d'équipe de conduite, un groupe de travail composé de techniciens expérimentés a élaboré des propositions pour améliorer l'efficacité et la fiabilité de cette activité. Le consultant Facteurs Humains a contribué aux travaux du groupe.*

*Les lignages sont réalisés en continu, par des équipes travaillant en 3 x 8. Pour que chaque phase de lignage puisse être achevée par celui qui l'a commencée, en limitant les interruptions (qui favorisent les oublis), le groupe de travail a proposé de découper les procédures de lignage en modules de faible durée (moins de 2 h). De plus, les procédures sont désormais complétées par des indications sur les pièges à éviter, ainsi que sur la localisation précise des matériels les plus exposés aux rayonnements (pour éviter toute exposition du personnel due à des pertes de temps). Par ailleurs, sur proposition du groupe, un technicien travaillant en horaires normaux est chargé de la préparation des lignages et de leur suivi, ce qui facilite la coordination et le retour d'expérience. Le groupe a également mis au point une méthode d'analyse de risque adaptée aux lignages, à laquelle les techniciens vont être formés. Il a enfin défini des indicateurs d'efficacité et de fiabilité des lignages.*

### **Une opportunité pour les Facteurs Humains : le management par la qualité**

Dans le cadre du projet de la Direction de la production nucléaire et de sa politique de management par la qualité, le site de Fessenheim vient d'engager un projet pluriannuel de déploiement du management par la qualité. Il s'agit là d'une remarquable opportunité pour les Facteurs Humains, et, bien sûr, pour le site.

Jusqu'alors, les spécialistes Facteurs Humains avaient quelque réticence vis-à-vis de l'approche qualité. Elle leur paraissait trop centrée sur la forme, l'écrit, « le management par les écarts ». Ils observaient l'alourdissement des procédures et les difficultés de motivation du personnel qui s'ensuivaient. L'évolution de l'approche qualité vers le management par la qualité permet d'envisager désormais une réelle synergie entre approche qualité et approche Facteurs Humains.

En effet, le management par la qualité (MPQ), notamment dans sa traduction EFQM

(European Foundation for Quality Management), nous apporte une vision globale du management, des principes et des outils. Notre travail de consultants Facteurs Humains s'inscrit **parfaitement dans ce cadre**. Nous pouvons de plus utiliser certains des outils MPQ, complémentaires des nôtres. Nous sortons d'une certaine marginalité (un métier rare, souvent inconnu hors EDF, peu enseigné, peu institutionnalisé...), nous pouvons nous inscrire dans le puissant mouvement qualité (Mouvement français pour la qualité, EFQM, spécialistes qualité dans la plupart des entreprises performantes, formations, normes...).

Le management par la qualité donne un cadre général à l'intervention de spécialistes de disciplines différentes. Nous avons donc plus que jamais notre raison d'être : contribuer à l'efficacité et à la fiabilité des processus, par une approche centrée sur **l'observation du travail** des gens, s'appuyant sur les concepts et méthodes de fiabilité humaine et d'ergonomie.

# Organisation – Facteurs humains et sûreté au CEA

par **Bernard Sevestre**, directeur-adjoint de la sûreté nucléaire et de la qualité

## Le contexte

Les activités de recherche du Commissariat à l'énergie atomique le conduisent à exploiter une grande diversité d'installations nucléaires (réacteurs, laboratoires, installations de traitement des effluents et déchets...).



Travail en boîte à gants

Au sein de ces installations se succèdent des programmes évolutifs et cohabitent du personnel d'exploitation du CEA, des prestataires et des chercheurs. Le bon déroulement de ces activités nécessite une parfaite maîtrise d'activités connexes telles que les projets d'équipements ou installations nouveaux, les programmes d'assainissement des équipements ou installations devenus sans emploi, les transports, la définition et la gestion des

filières d'élimination des déchets. Le vieillissement d'une partie du parc d'installations du CEA nécessite en outre des décisions stratégiques sur leur devenir (mise à l'arrêt, réévaluation de sûreté, changement d'activité, etc.).

## Les principes

Les principes mis en œuvre au CEA en matière d'organisation et de facteurs humains reposent sur la mobilisation des volontés, la défense en profondeur et la mise en place d'outils de progrès.

La prise en compte de la sûreté dépend tout d'abord de la volonté des hommes, ce qui suppose des objectifs partagés, une organisation définie et une appropriation des enjeux de sûreté et de sécurité à tous les niveaux de l'organisation (culture de sûreté).

Les méthodes et les pratiques mises en œuvre doivent intégrer les principes de la défense en profondeur en minimisant le risque d'erreur humaine (système qualité, compétences, ergonomie) et en concevant des installations, équipements ou procédures « pardonnantes ». Au plan technique, il est hautement souhaitable, chaque fois que possible, qu'un dispositif physique vienne s'opposer soit à la défaillance humaine elle-même (en rendant impossible l'aboutissement de l'acte erroné), soit à ses conséquences (système de sécurité ou barrière). Au plan de l'organisation, les contrôles techniques et les vérifications prescrites par les articles 7 et 8 de l'arrêté « qualité » de 1984 doivent permettre de détecter et de pallier les erreurs humaines, et pas seulement les défaillances techniques.

Les outils de progrès doivent permettre de procéder à des diagnostics continus ou périodiques relatifs à l'organisation et aux facteurs humains et de définir et mettre en œuvre des actions d'amélioration.

### Les objectifs

Les objectifs de recherche du CEA sont encadrés par un contrat pluriannuel CEA-Etat.

Des domaines de progrès en matière de sûreté sont énoncés à l'occasion de bilans établis périodiquement. Le dernier bilan, diffusé en septembre 1999, a retenu 10 axes de progrès pour la sûreté au CEA.

Ces objectifs et domaines sont déclinés et précisés à tous les niveaux de l'organisation, jusqu'aux chefs d'installations, dans des « contrats d'objectifs » établis annuellement, en cohérence avec les arbitrages concernant les budgets et les moyens, et servant de support à un reporting périodique.

Les objectifs ou décisions ayant un caractère stratégique sont discutés et validés dans le cadre d'un comité stratégique de la sécurité nucléaire (CSSN) réunissant l'ensemble des directeurs concernés.

### L'organisation

L'organisation du CEA comporte des directions fonctionnelles, chargées d'élaborer la politique dans leur domaine et de veiller à son application, et des pôles, structurés en cohérence avec les grands domaines d'activité du CEA (défense, énergie nucléaire, etc.) et comportant principalement des directions chargées de définir les objectifs de recherche ou d'investissement et des directions de Centre chargées de la réalisation de ces objectifs et de la gestion des moyens.

En matière de sûreté, la redondance organisationnelle est obtenue par la distinction systématique entre ligne d'action et fonction de contrôle.

La ligne d'action est confondue avec la ligne hiérarchique : elle va de l'Administrateur Général au chef d'installation en passant le directeur de pôle, le directeur de Centre et le chef de département. L'efficacité de la ligne d'action repose sur les capacités d'action déléguées principalement aux chefs d'installations, directeurs de Centre et directeurs de pôle, sur les moyens d'expertise et de support regroupés notamment au sein des « pôles de compétence » en sûreté mis en place pour l'ensemble du CEA, mais également dans des unités spécialisées de chaque

Centre (services techniques, service de protection radiologique, etc.).

La fonction de contrôle est assurée sous l'autorité des directeurs de Centre par des cellules de sûreté s'appuyant sur les avis que leur apportent notamment des commissions de sûreté internes et un réseau d'experts. Son action est coordonnée et complétée à l'échelon de la direction générale par la direction de la sûreté nucléaire et de la qualité.

### Les outils de diagnostic et de progrès

Le diagnostic en continu est apporté, d'une part, par l'analyse du retour d'expérience incidentel, qui donne lieu notamment à un rapport annuel et à un fichier central de l'expérience (une réflexion est engagée pour mieux aborder les aspects humains individuels et organisationnels dans les rapports d'incidents), et, d'autre part, par l'observation du fonctionnement de l'organisation (aptitude à respecter les engagements pris et à faire aboutir les procédures d'autorisation engagées, prise en compte de la sûreté dans les arbitrages et contrats d'objectifs).

Ce diagnostic en continu est complété par des inspections (de niveau direction générale ou de niveau direction de Centre), des audits qualité (une campagne d'audits couvrant l'ensemble des activités d'exploitant nucléaire du CEA est organisée au premier semestre 2001), et des études « facteurs humains ».

Les études facteurs humains sont réalisées ou organisées avec le concours de prestataires par le pôle de compétence « facteurs humains » intervenant à la demande d'un chef d'installation. Ces études permettent d'aller au-delà des vérifications de conformité couvertes par les audits qualité et d'examiner :

- au plan macroscopique, l'identification des activités concernant la sûreté, et l'impact de l'organisation du travail sur le comportement des individus ou des équipes de travail ;
- au plan microscopique, l'analyse des postes de travail afin d'évaluer in situ les aspects ergonomiques, procéduraux et relationnels.

Les outils de progrès dans le domaine humain comportent notamment :

- l'élaboration d'un référentiel qualité, intégrant la version 2000 de la norme ISO 9000 et



La démarche « MES » (maîtrise par les exploitants de la sécurité) consiste à impliquer les opérateurs dans l'analyse et la prévention des risques de l'activité à laquelle ils concourent. La démarche permet de créer ou réviser les consignes « opérateur » et de proposer au chef d'installation un plan d'amélioration concernant un poste de travail, un équipement ou une intervention. Le succès de la démarche nécessite un animateur maîtrisant à la fois la méthodologie d'analyse des risques et les techniques d'animation.

les exigences de l'arrêté qualité de 1984, et d'un guide des relations exploitants-expérimentateurs ;

– le lancement d'études « métier » permettant d'évaluer avec précision les compétences nécessaires (en termes de connaissances, de savoir-faire et de savoir-être) en vue de spécifier les modalités d'acquisition et de validation de ces compétences (expérience professionnelle et formations) ; une étude de ce type a été menée pour le métier de chef d'installation, une autre vient d'être engagée pour les métiers de la sûreté-criticité ;

– les opérations de diffusion de la culture de sûreté et la démarche « MES » (voir dessin). Ces opérations visent à l'implication de tous et sont menées par des animateurs choisis au

sein des unités concernées, préparés par une formation et aidés par des kits pédagogiques et méthodologiques.

### Conclusion

La maîtrise de la sûreté nucléaire et de la sécurité des installations et activités est une condition impérative de succès des missions du CEA et constitue l'une de ses priorités d'action. Cette maîtrise repose sur la volonté et la compétence des hommes, ainsi que sur une organisation conçue pour détecter les erreurs, dérives ou insuffisances ainsi que les progrès possibles et prendre inlassablement et résolument les décisions de correction et d'amélioration qui s'imposent.

# L'homme, l'organisation et la sûreté : la contribution de l'AEN/OCDE

par **Gianni Frescura**, Chef de la division de la sûreté nucléaire de l'AEN

Depuis de nombreuses années l'AEN/OCDE constitue un lieu privilégié pour le partage de l'information et pour l'action en faveur de la coopération internationale concernant les divers aspects de la sûreté nucléaire. L'excellence dans le comportement humain est un facteur clé pour la sûreté de la construction, de l'exploitation et du déclassé-ment des installations nucléaires et a fait l'objet d'une attention considérable tout au long des années dans le programme de travail de l'AEN/OCDE. Deux groupes de travail mènent des études en vue de faire progresser les connaissances sur le comportement humain, l'un dans le domaine de l'expérience acquise en cours d'exploitation, l'autre dans celui de l'évaluation probabiliste de la sûreté. Le projet du réacteur de Halden, patronné par l'OCDE, mène d'importants travaux de recherche sur l'interface homme-machine. En outre, un groupe *ad hoc* de hauts responsables de la réglementation se penche sur le rôle des Autorités de sûreté dans l'amélioration et l'évaluation de la culture de sûreté et la solution des problèmes associés. Le présent article récapitule brièvement quelques-unes des réalisations marquantes de l'AEN à ce jour et les problèmes de sûreté nucléaire qui retiennent actuellement l'attention.

## **Facteurs humains et expérience acquise en cours d'exploitation**

Un groupe de spécialistes des facteurs humains a été établi en 1989 en vue d'analyser, du point de vue des facteurs humains, les incidents survenant dans les installations nucléaires. Ce groupe a aussi mené un certain nombre d'études génériques relatives à des questions particulières découlant de l'expérience acquise en cours d'exploitation.

Ces études comprennent une analyse des facteurs humains liés aux défaillances de mode

commun. Ces dernières demeurent un sujet de préoccupation, et l'AEN a maintenant établi une base de données en vue de recueillir des données d'exploitation sur ces défaillances. Dix pays membres de l'AEN alimentent cette base de données, et leurs représentants se réunissent périodiquement afin d'évaluer les enseignements tirés.

Une autre importante contribution de ce groupe a été l'élaboration de principes directeurs afin de permettre aux pays de mieux prendre en compte les facteurs humains et organisationnels contribuant aux incidents dans les installations nucléaires, et d'en tirer des enseignements. Ce groupe a également effectué une étude détaillée sur l'utilisation des simulateurs dans la formation des opérateurs. Cette étude a rassemblé l'expérience acquise par 25 organisations différentes dans 11 pays. En outre, le groupe a mis au point un plan stratégique pour les travaux de recherche sur le comportement humain dont il se sert lui-même pour orienter ses travaux. Ce plan est également utilisé par les organisations nationales.

À la suite de la restructuration du programme de l'AEN dans le domaine de la sûreté en 2000, ce groupe, tout en contribuant encore à l'analyse de l'expérience acquise en cours d'exploitation, privilégie désormais deux grandes tâches portant sur la gestion du changement et sur l'approche scientifique de la gestion de la sûreté des installations nucléaires.

## **Évaluation des risques et incidence des facteurs humains sur la fiabilité**

La difficulté à modéliser convenablement l'incidence des facteurs humains sur la fiabilité dans les évaluations de risque relatives aux installations nucléaires a été reconnue de longue date. L'AEN contribue au progrès des connaissances dans ce domaine depuis 1982. Plus récemment, une attention considérable



a été portée à une catégorie particulière d'interactions mettant en jeu une action inopportune, souvent qualifiée d'« erreur commise par action ».

Un rapport publié en 2000 passe en revue les méthodes actuellement utilisées pour analyser ces types d'erreurs, décrit les résultats obtenus dans plusieurs pays de l'AEN et fournit des indications et descriptions générales des enseignements tirés. Il est actuellement projeté d'organiser deux réunions de travail, le thème de la première étant : « Établir la nouvelle évaluation de l'incidence des facteurs humains sur la fiabilité : les erreurs commises par action – de la recherche aux applications », et la seconde portant sur le renforcement du lien entre l'expérience acquise en cours d'exploitation et l'évaluation de l'incidence des facteurs humains sur la fiabilité. Ces réunions de travail traiteront des lacunes dans les connaissances actuelles et fourniront des orientations stratégiques pour des futurs travaux dans ce domaine.

### Le projet OCDE du réacteur de Halden

Ce projet fournit des résultats expérimentaux qui sont utilisés pour réduire le risque d'erreurs par les opérateurs lorsqu'il s'agit d'évaluer l'état de l'installation, et de prendre la décision de la maintenir ou de l'amener dans une configuration sûre. Pour parvenir à cet objectif général, les travaux suivants sont menés :

– des études du facteur humain dans une variété de conditions simulées de l'installa-

tion et dans différentes configurations de la salle de commande ;

– des évaluations de l'interface homme-machine et des systèmes d'aide aux opérateurs ;

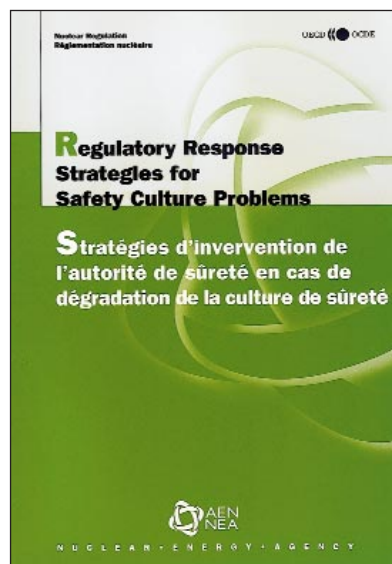
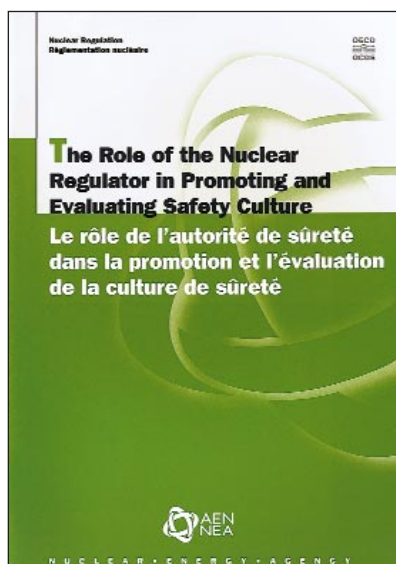
– la mise au point de systèmes informatisés d'aide aux opérateurs et de méthodes permettant leur utilisation ;

– la mise au point de méthodes permettant de valider et de vérifier les logiciels utilisés dans les systèmes de sûreté nucléaire et de contrôle.

Les études relatives au facteur humain sont effectuées dans l'environnement d'une salle de commande informatisée dénommée HAMMLAB, où il est possible de simuler les conditions opérationnelles avec une grande fidélité. Le projet OCDE du réacteur de Halden est financé par 20 pays membres et rassemble des organismes réglementaires, l'industrie et des organisations de recherche.

### Culture de sûreté

Le Comité de l'AEN sur les activités nucléaires réglementaires a récemment diffusé deux publications traitant du rôle de l'Autorité de sûreté dans (i) l'amélioration de la culture de sûreté au travers de son propre exemple et par des encouragements prodigués à l'exploitant, (ii) l'évaluation du niveau de culture de sûreté des exploitants par le biais d'inspections portant sur les performances ou les processus, et (iii) les réponses aux problèmes de culture de sûreté.



Ces ouvrages reconnaissent qu'il n'est pas réellement possible de mesurer la culture de sûreté elle-même ; toutefois, il est possible pour l'Autorité de sûreté d'évaluer ses manifestations externes et la qualité des processus de travail. Le problème le plus important pour une Autorité de sûreté est de reconnaître les signes précurseurs d'une baisse du niveau de sûreté avant d'avoir à imposer des sanctions lourdes ou, pire, avant des incidents sérieux.

Ces publications dressent une liste de signes de dégradation des performances qui peuvent être utilisés par les inspecteurs des centrales nucléaires pour déceler les problèmes potentiels à un stade précoce. Elles fournissent aussi un modèle qui peut servir à apporter une réponse graduée à une dégradation des performances de sûreté.

Ces publications montrent que les Autorités de sûreté doivent faire preuve de beaucoup de discernement lorsqu'elles cherchent les causes premières d'une baisse apparente des performances et qu'elles décident d'un seuil d'intervention réglementaire. Si ce seuil est

trop bas, l'exploitant peut ne pas être d'accord sur la nature et l'ampleur des problèmes, ou les Autorités de sûreté peuvent anticiper des mesures du ressort de l'exploitant. Cependant, dans le cas d'un seuil trop élevé, le risque est de ne pas pouvoir endiguer la dégradation avant que ne se manifestent de graves problèmes de sûreté.

### Conclusions

L'excellence dans le comportement humain demeure l'un des facteurs clés du maintien d'un haut niveau de sûreté dans les installations nucléaires. Auparavant, l'amélioration de ce facteur se basait sur les résultats et sur le comportement individuel. Plus récemment, les influences que l'organisation et la gestion exercent sur le comportement humain ont pris une place prépondérante. Dans ce domaine de la sûreté nucléaire comme dans d'autres, l'AEN continue d'offrir un lieu d'échanges d'informations et un cadre pour parvenir à des positions techniques communes sur les sujets de préoccupation qui se font jour.

# Coordination homme-technique-organisation

par **Susanne Carlberg, Deputy head – Department of communication and public relations – SKI**

La sûreté nucléaire n'est pas seulement une question de technique, c'est également une question de bonne coordination entre l'homme, la technique et l'organisation. Un travail approfondi cherchant à prévenir les lacunes dans ce domaine est nécessaire pour éviter les accidents. Cela signifie un besoin constant d'apprendre à partir de ses propres expériences et de celles des autres et une analyse de la situation actuelle afin de prévoir et éviter un développement non désiré. Pour cela, il est tout aussi important d'avoir des connaissances techniques, de l'expérience dans les domaines de la construction, de l'exploitation et de la maintenance comme une bonne compétence scientifique.

Une installation nucléaire est un système complexe composé d'hommes, de technique et d'organisation. L'association de ces trois éléments est à la base de l'expression « coordination homme-technique-organisation ». Une partie du travail sur la sûreté consiste à comprendre les facteurs qui agissent sur la capacité des hommes, des groupes et des organisations. Le but est de développer la sûreté en appliquant ces connaissances dans des activités comme la construction, le management, l'exploitation, la maintenance et le contrôle de la sûreté.

Le travail de surveillance de la SKI (l'Autorité de sûreté nucléaire suédoise) consiste à développer des exigences et à contrôler le travail de sûreté des exploitants. Dans le domaine de la coordination « homme-technique-organisation », le travail de surveillance est concentré sur les points suivants :

- les conditions de travail du personnel lui permettant de travailler en toute sécurité ;
- la compétence et les aptitudes du personnel ;
- le management, l'organisation et la culture de sûreté de l'installation ;

– l'analyse des événements et des conditions concernant la coordination « homme-technique-organisation » et l'utilisation des résultats pour améliorer le travail préventif de sûreté.

Ces nouveaux points dans le travail de sûreté se sont développés à la suite de l'expérience d'accidents tels que ceux de Three Mile Island (TMI) et de Tchernobyl.

## **TMI 2 – un tournant dans le travail de sûreté**

Avant l'accident du réacteur 2 à TMI en 1979, la sûreté était avant tout perçue comme une question de technique. On a ensuite pris conscience que les hommes qui construisent, gèrent, entretiennent et dirigent l'installation peuvent commettre des erreurs qui, en combinaison avec un défaut matériel mineur, provoquent un accident. Comme l'enquête l'a démontré, les erreurs ont été commises par suite de lacunes au niveau de la conception de la salle de contrôle, de la surveillance technique de l'installation, des procédures et de la formation du personnel. L'industrie nucléaire aux Etats-Unis et dans d'autres pays occidentaux a, depuis, fourni beaucoup d'efforts pour améliorer les conditions de travail du personnel. Les entreprises et les pouvoirs publics ont fait appel à des spécialistes du « facteur humain » et ont renforcé les recherches dans ce domaine.

Ainsi la commission suédoise de sûreté des réacteurs « Reaktorsäkerhetsutredningen » [1] a recommandé un renforcement aussi bien du contrôle que de la recherche dans le domaine alors appelé « homme-machine ». La SKI a obtenu des moyens pour développer cette activité avec des spécialistes scientifiques. Les centrales nucléaires suédoises ont également employé des spécialistes dans le domaine de la coordination « homme-technique-organisation ». Pour contribuer à

ce développement et au recrutement des compétences de recherche, la SKI finance depuis 1993 une chaire supplémentaire à l'Université de Stockholm, orientée sur les aspects psychologiques de la sûreté nucléaire et sur la coordination « homme-technique-organisation ».

### **Evaluation des salles de contrôle**

L'enquête sur l'accident de TMI a démontré que des lacunes au niveau de l'interface entre l'opérateur et le processus avaient contribué au développement de l'accident. Une évaluation plus détaillée de la salle de contrôle a mis en évidence des instruments incorrectement placés, difficilement lisibles, des alarmes trop nombreuses et non hiérarchisées.

A cette époque, Forsmark 3 et Oskarshamn 3 étaient en cours de construction. Leurs salles de contrôle représentaient un nouveau concept avec à la fois des instruments conventionnels et une surveillance par des écrans. La SKI a demandé d'effectuer des évaluations approfondies de la salle de contrôle. Certains problèmes ont ainsi pu être résolus lors de la conception finale de la salle de contrôle.

Il a cependant été plus difficile de réaliser des évaluations sur les salles de contrôle plus anciennes. Plusieurs évaluations ont tout de même été effectuées en utilisant systématiquement l'expérience du personnel de la salle de contrôle résultant de plusieurs années de fonctionnement du réacteur et d'entraînement sur le simulateur à échelle 1. Ces évaluations ont incité les centrales nucléaires à améliorer les salles de contrôle.

### **Maintenance**

La maintenance n'est pas seulement nécessaire à titre préventif, mais également pour découvrir rapidement tout fonctionnement anormal d'un composant ou d'un système. Des erreurs peuvent cependant aussi être provoquées lors des opérations de maintenance. Elles sont en général découvertes directement, mais peuvent également rester cachées pendant longtemps jusqu'à ce que le système ait besoin d'être utilisé ou, dans le meilleur des cas, testé. Des composants peuvent être dégradés par suite d'un manque d'entretien et d'autres, a priori en bon état,

peuvent être endommagés par mégarde lors d'un entretien.

La prise de conscience de l'importance de la maintenance a conduit la SKI à développer une méthode pour vérifier systématiquement l'activité de maintenance des installations sous l'angle de l'organisation. La méthode consiste principalement à voir comment les exploitants organisent, planifient, réalisent et suivent leurs interventions de maintenance et comment ils vérifient eux-mêmes que le travail est effectué avec la plus grande qualité et sécurité [2].

### **Formation et entraînement**

L'industrie nucléaire suédoise s'est rendu compte très tôt que la formation, surtout parmi le personnel d'exploitation, demandait un travail spécial. Des initiatives ont été prises au milieu des années 1970 afin de mettre en place des simulateurs de formation à Studsvik. La SKI et les entreprises concernées ont entrepris des discussions en 1977 afin d'établir les prescriptions et les exigences nécessaires pour le suivi des compétences du personnel des salles de contrôle. Ces dernières sont entrées en vigueur en 1980. Les prescriptions imposent des exigences d'analyse des compétences avec des méthodes systématiques de formation et de contrôle des compétences [3]. Il existe aussi des exigences au niveau des formations à venir avec les formations sur simulateur et le suivi des compétences et des règles détaillées propres au métier d'opérateur en salle de contrôle.

Les prescriptions pour le suivi des compétences ont été élargies afin de s'appliquer également à d'autres catégories de personnel d'exploitation et à une partie du personnel de maintenance. Les prescriptions actuelles concernant la sûreté nucléaire imposent des exigences aux exploitants pour qu'ils aient un personnel suffisant et avec la compétence requise pour toutes les activités touchant la sûreté [4]. Vu la responsabilité et l'importance du personnel d'exploitation pour la sûreté, des exigences de compétences spéciales leur sont toujours imposées.

### **Procédures pour la gestion des incidents**

L'accident de TMI a démontré la nécessité d'introduire un nouveau type de procédures

pouvant être appliquées pour faire face à n'importe quelle situation pouvant mener à un accident. Ces procédures ont été mises en place afin d'assurer une gestion efficace dans des conditions stressantes et confuses. Ces procédures, ayant pour but d'éviter les accidents, indiquent les meilleures actions à effectuer afin d'éviter toute fuite de produits radioactifs. Ces procédures se différencient des autres par le fait qu'elles sont basées sur des symptômes<sup>1</sup> et peuvent ainsi couvrir un plus grand domaine d'événements. Lorsque ces procédures ont été ajoutées, la SKI a exigé qu'elles soient évaluées aussi bien sur le plan technique que sur celui de leur utilisation pratique.

### Management et organisation

L'accident du réacteur 4 à Tchernobyl en 1986 a rappelé l'importance du management et de l'organisation. L'expression « culture de sûreté » a été introduite par l'AIEA [5] pour décrire « l'ensemble des signes et des attitudes dans les organisations et chez les individus qui garantissent que les questions de sûreté reçoivent toute l'attention qu'elles exigent dans toutes les situations » [5].

Malgré la grande conscience qui existe concernant l'importance d'une bonne culture de sûreté, plusieurs installations nucléaires dans le monde ont, à différents moments, montré de sérieuses lacunes. Comme exemples, nous pouvons citer Millstone et Peach Bottom aux Etats-Unis, plusieurs installations à Ontario Hydro au Canada et Barsebäck en Suède. Ces lacunes ont conduit à un vaste programme d'intervention et à des actions de contrôle intensifiées.

D'après une enquête de l'AIEA, ces installations étaient parmi les meilleures dans leurs pays respectifs [6] durant leurs premières années de service. Les difficultés ont commencé lors du passage de la phase de construction aux opérations d'exploitation et de maintenance. Les difficultés étaient par exemple dues à un manque de support de la direction générale de l'entreprise, une direction plus orientée vers la technique que vers les hommes, une incapacité à tirer les leçons de l'expérience d'autres personnes, un manque de ressources, des réorganisations

et/ou des restrictions avec une réduction du personnel expérimenté, une accumulation de changements de procédures et d'interventions de maintenance n'ayant jamais abouti et une organisation de la qualité insuffisante. Le point commun entre les installations, à quelques exceptions près, était aussi que la direction générale ne faisait pas attention aux symptômes ou ne voyait pas leur importance et n'agissait donc pas à temps. Les expériences telles que celles-ci ont provoqué un grand intérêt pour la mise au point de méthodes destinées à identifier des signes de défaillance à un stade très précoce.

### Tirer les leçons des événements passés

Les causes des événements qui se sont produits sont souvent situées dans un passé lointain. C'est pourquoi il est important de chercher les conditions qui seules ou combinées aboutissent à un appauvrissement du travail de sûreté. La procédure la plus courante consiste à relever les événements et les tendances mineurs pour ensuite les étudier et les analyser plus en profondeur. Outre les lacunes qui sont immédiatement résolues, cette méthode peut aider à identifier les problèmes répétitifs. Les centrales nucléaires suédoises intègrent un système pour le suivi de tels événements qui montrent les manques de coordination entre l'homme, la technique et l'organisation. La SKI a régulièrement, depuis les années 90, vérifié et suivi le travail des exploitants. Le point de départ de l'évaluation a été le modèle d'une organisation intelligente et des procédés qui le caractérisent [7]. Les organisations intelligentes sont celles qui donnent une grande valeur à l'identification et à l'analyse des problèmes, qui interviennent et qui suivent les interventions pour s'assurer qu'elles sont efficaces.

### Questions d'actualité en matière de coordination « homme-technique-organisation »

#### *Vieillesse des installations*

Le contrôle régulier des dispositifs mécaniques des centrales nucléaires a un rôle primordial pour le maintien d'un niveau de sûreté élevé. L'importance de la fiabilité de ces contrôles réguliers augmente avec l'âge

1. Grandeurs physiques caractéristiques de l'état de l'installation.

des installations. Traditionnellement, une grande partie de ces contrôles s'effectue manuellement et dans des conditions de travail difficiles. La SKI finance un projet de recherche à l'Institut psychologique de l'Université de Stockholm, visant à mettre en place une base pour le contrôle des aspects « homme-technique-organisation » lors des essais et de la qualification du personnel qui réalise les essais. Un autre but est de développer des compétences nationales pouvant aider les entreprises dans leur travail pour assurer la qualité des essais.

### **Modernisation des installations**

L'instrumentation et les systèmes de contrôle-commande sont des exemples d'équipements où les composants vieillissent relativement vite ou ne se trouvent plus sur le marché. C'est pourquoi des remplacements techniques sont effectués, avec des conséquences à la fois pour le travail du personnel de la salle de contrôle et pour celui du personnel de maintenance.

Pour trouver de bonnes solutions, il est important de prendre en compte les aspects « homme-technique-organisation » dès le départ du travail de modification. Des évaluations doivent être réalisées au plus tôt et avant la conception finale. Dans ce secteur, on est plus conscient qu'avant des avantages d'une telle méthode de travail. Peu importe la technique utilisée, l'important c'est que la connaissance des capacités et des limites des opérateurs en salle de contrôle puisse aider les solutions retenues à :

- améliorer la fiabilité du fonctionnement ;
- respecter les capacités et les limites des hommes ;
- tolérer les erreurs humaines ;
- faciliter la mise en service et la maintenance.

Des connaissances plus approfondies sont toujours nécessaires pour mieux comprendre comment les différents aspects de la réalisation de systèmes séparés (et intégrés) agissent sur le travail et les capacités de l'opérateur. Il s'agit par exemple de systèmes d'alarme, de systèmes d'analyse des incidents et de systèmes pour gérer les défaillances. C'est une des raisons pour laquelle davantage de pays ayant des industries nucléaires participent à un programme de recherche commun au sein de l'OCDE. Des techniciens et des spécialistes du comportement humain

travaillent ensemble dans ce projet afin d'approfondir les connaissances et d'évaluer des prototypes de nouveaux systèmes de support pour les opérateurs. Voici quelques exemples de domaines où les connaissances ont été améliorées :

- méthodes pour évaluer de nouveaux systèmes d'aide aux opérateurs ;
- principes pour la conception des systèmes d'alarme de façon à fournir tout le support dont l'opérateur a besoin ;
- avantages et inconvénients des procédures informatiques.

### **Démantèlement et maintien des compétences**

Les questions de sûreté lors du démantèlement des installations nucléaires ont à la fois un côté technique, humain et organisationnel. D'un point de vue international, les aspects techniques sont ceux qui ont le plus attiré l'attention. La décision du Parlement suédois d'arrêter l'énergie nucléaire en Suède soulève directement les questions de compétence. Il peut être difficile d'assurer suffisamment de compétences dans le domaine relevant de la technique de l'énergie nucléaire dans le pays. Le démantèlement d'une installation particulière soulève de nombreuses questions pour savoir comment l'exploitant pourra assurer le savoir-faire nécessaire à la fois aux travaux présents et à ceux à venir. La direction est soumise à de grandes exigences afin de pouvoir gérer une situation difficile et incertaine, aussi bien au niveau de l'organisation que du personnel, et continuer à maintenir une grande qualité dans le travail de sûreté. Il existe différents moyens pour organiser l'activité lors d'un démantèlement, mais ils doivent cependant être examinés du point de vue de la sûreté avant d'être appliqués.

### **Réduction du personnel et sous-traitance des activités**

L'ouverture du marché de l'électricité à la concurrence a contribué à une modification de la situation économique des compagnies d'électricité. Une autre conséquence a été l'exigence de réduire les coûts en réduisant le personnel et en augmentant la sous-traitance. L'attention doit ainsi être renforcée, pour que les travaux importants pour la sûreté ne

perdent pas en qualité. La SKI suit attentivement le travail qui est réalisé dans les pays qui connaissent des restrictions depuis longtemps afin de tirer profit de leur expérience. L'Autorité de sûreté nucléaire britannique NII a par exemple établi une liste de ce que l'exploitant doit accomplir afin de montrer qu'il a respecté tous les aspects de sûreté avant d'entreprendre des restrictions de personnel ou de faire appel à des sous-traitants [8].

### Pour conclure

Le travail de sûreté s'est considérablement développé depuis l'accident de TMI, mais le développement est toujours perçu comme une réaction face à ce qui s'est déjà passé. Apprendre davantage à prévoir et donc à éviter les dangers est une nécessité, aussi bien pour l'exploitation que pour le management d'une installation. De meilleurs outils d'analyse sont nécessaires, pouvant être utilisés lors des interventions et des modifications de l'installation et de son organisation.

### Références

- [1] Säker kärnkraft ? Betänkande av Reaktorsäkerhetsutredningen. (*Energie nucléaire sûre ? Rapport de la commission d'enquête sur la sûreté des réacteurs*) SOU 1979 : 86, Stockholm 1979
- [2] Inspektionshandbok Underhåll, (*Manuel d'inspection maintenance*) SKI 1995
- [3] Statens kärnkraftinspektions föreskrifter för kompetensuppföljning, Utgåva 4, (*Prescriptions de l'inspection de l'énergie nucléaire de l'Etat concernant le suivi des compétences, Edition 4*) SKI, 1990-10-01
- [4] Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet i vissa kärntekniska anläggningar, (*Prescriptions de l'inspection de l'énergie nucléaire de l'Etat concernant la sûreté dans certaines installations relevant de la technique de l'énergie nucléaire*) SKIFS 1998 : 1, SKI 1998
- [5] Safety Culture. IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4, IAEA, Vienna, 1991
- [6] IAEA Working Group Paper on Shortcomings in Safety Management Symptoms, Causes and Recovery. Paper presented at International Conference on Topical Issues in Nuclear Radiation and Radioactive Waste Safety, Vienna, Austria, 31 August-4 September 1998
- [7] Olson J. & Thurber J. Learning in Nuclear Power Plants. Paper presented at the consultants meeting "The Influence of Organisation and Management on the Safety of NPPs and Other Complex Industrial Systems", IAEA & IIASA, WP-91-28, July 1991
- [8] Downsizing and Delaying in the Nuclear Industry. Guidance on Assessing Licensee Proposals to Reduce Staffing Levels in Licensed Sites and at Corporate Headquarters. ASD Assessment Report No 129/96, NII, Bootle, 1996.

# Importance nouvelle des facteurs humains et organisationnels en sûreté nucléaire

par **Terry N. Taylor**, Chef de la section des facteurs humains –  
Commission canadienne de sûreté nucléaire

En mai 2000, la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) a succédé à la Commission de contrôle de l'énergie atomique, à titre d'organisme de réglementation du secteur nucléaire du Canada. La CCSN réglemente l'utilisation de l'énergie et des matières nucléaires afin de protéger la santé, la sûreté, la sécurité et l'environnement et de respecter les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

Terry N. Taylor est chef de la section des facteurs humains à la CCSN. L'objectif de la section, dans le contexte du régime de réglementation canadien, est de minimiser la possibilité d'erreur humaine en veillant à faire prendre en compte la connaissance des aptitudes humaines, des limites humaines et des processus collectifs à toutes les étapes du cycle de vie d'une installation nucléaire, notamment lors de la conception, de l'exploitation, de la maintenance et du déclassé-

ment. Depuis plus de 50 ans, l'évolution de la technologie nucléaire a rendu de plus en plus sûrs et fiables les systèmes et composants des centrales nucléaires. Il suffit, pour s'en convaincre, de considérer le pourcentage toujours décroissant des causes fondamentales d'ordre technologique des incidents consignés dans la base de données des rapports d'événements importants de la Commission canadienne de sûreté nucléaire. Par exemple, au cours de la période de dix-huit ans allant de 1982 à 2000, le pourcentage des événements dont les causes fondamentales étaient liées à des pannes d'alimentation électrique et d'instruments a chuté régulièrement, passant d'environ 40 % à moins de 20 % du nombre annuel d'incidents. La fréquence des causes fondamentales attribuables à d'autres facteurs « tech-

nologiques », comme la mécanique, la chimie/physique et le contrôle-commande des réacteurs, a également baissé.

Toutefois, la base de données révèle également que, au cours de la même période, la fréquence des causes fondamentales liées à l'erreur humaine des événements importants imprévus est passée d'environ 30 % à presque 70 %. À notre avis, ces statistiques n'impliquent pas l'existence d'un nouveau problème. Nous croyons plutôt que, en raison de la maturité de l'industrie, l'importance des « facteurs humains » est davantage comprise. On a pu ainsi développer et utiliser des systèmes d'enquête et de notification des événements dans lesquels les causes fondamentales liées à l'erreur humaine sont cernées et consignées avec plus d'exactitude. Par conséquent, à mesure que s'améliorent le rendement des systèmes et composants des centrales et, partant, la sûreté globale, le rendement humain et organisationnel a pris de l'importance comme cause fondamentale prépondérante de la fréquence des événements liés à la sûreté. Il s'ensuit que, pour maintenir et améliorer les niveaux actuels de sûreté, il faut cibler de façon appropriée la dimension humaine.

Si les quarante premières années de l'industrie ont été caractérisées par le développement des techniques de l'ingénieur, la dernière décennie du deuxième millénaire a été marquée par des percées considérables dans le domaine de l'ergonomie et des facteurs humains appliqués aux installations et processus nucléaires. Au Canada, comme dans d'autres parties du monde, l'interface opérateur et homme/machine a été reconnue comme un élément important de la sûreté, et plusieurs salles de commande des centrales nucléaires ont été améliorées pour rendre plus fiable l'interaction entre les opé-



rateurs et les systèmes sans cesse plus complexes des centrales. En outre, même si à l'origine la préoccupation en matière de réglementation prenait en compte la formation, la qualification et l'accréditation des opérateurs de centrales, une discipline scientifique nouvelle, basée sur la psychologie cognitive, s'est développée autour des questions de rendement humain, comme les procédures et les instruments de travail, la formation, l'organisation du travail et la conception des tâches.

Ce sont les exploitants tout autant que les organismes de réglementation qui se sont mobilisés pour accroître la sûreté et la fiabilité dans les domaines techniques et des facteurs humains. Récemment, l'accent a été mis sur les processus d'organisation et de gestion et leur impact sur la culture de la sûreté. L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ont récemment publié d'excellents ouvrages sur le sujet. Je n'ai pas l'intention de discuter en détail de ces ouvrages, mais je les signale aux personnes intéressées à mieux comprendre ce domaine, en particulier les deux publications qui suivent.

La première est une publication de l'AIEA, intitulée *Shortcomings in safety management : symptoms, causes and recovery* [1], dans laquelle un groupe de cadres supérieurs des exploitants et des organismes de réglementation discutent des facteurs communs à un certain nombre de problèmes difficiles survenus en gestion de la sûreté dans les centrales nucléaires au Canada, aux États-Unis et en Suède. Dans tous les cas étudiés, on a conclu que la direction de l'entreprise ou de l'organisation a négligé de prendre en compte ou de reconnaître les symptômes de faiblesse dans l'organisation et la gestion. Cette négligence peut en partie s'expliquer par le fait que les facteurs organisationnels eux-mêmes sont mal compris. C'est pourquoi je recommande au lecteur le rapport sur l'état de la question de l'AEN intitulé *Identification and assessment of organisational factors related to the safety of NPPs* [2]. Le rapport, préparé par un groupe international d'experts, identifie 12 grands facteurs organisationnels et traite de leur impact sur la sûreté nucléaire, et offre en outre des conseils pratiques sur la façon de mesurer cet impact.

À la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), nous considérons que le concept d'organisation et de gestion (O&G) est d'une telle importance pour la sûreté nucléaire qu'il nous appartient, à titre d'organisme de réglementation, d'adopter une approche positive et proactive pour son approfondissement. Au cours de son évolution, l'industrie nucléaire a pris conscience de l'importance du rendement organisationnel et elle a élaboré et appliqué des méthodes d'assurance de la qualité (AQ), de sorte qu'aujourd'hui les normes d'AQ sont largement utilisées dans la réglementation du domaine nucléaire par des organismes comme la CCSN. Toutefois, nous avons récemment constaté qu'en plus des données d'AQ nous avons besoin d'un processus pour l'évaluation systématique des interactions complexes et dynamiques qui surviennent dans les organisations nucléaires ; il nous fallait, en somme, une méthode pour nous aider à mieux saisir le fonctionnement réel des processus organisationnels de nos exploitants.

La CCSN a donc mis au point une méthode et un processus pour l'évaluation des effets majeurs de l'O&G sur la sûreté nucléaire. La méthode d'évaluation [3] examine les facteurs organisationnels qui influent sur la sûreté dans une installation nucléaire canadienne, comme la surveillance exercée par la direction, la clarté organisationnelle, la communication, la culture de l'organisation et la gestion des ressources humaines. Ces facteurs regroupent 19 paramètres que l'on peut mesurer, sur le plan qualitatif et quantitatif, pour obtenir un profil descriptif de l'installation nucléaire identifiant les processus efficaces ou déficients.

Après avoir élaboré et validé la méthode d'évaluation de l'O&G, nous l'avons utilisée pour évaluer les processus d'O&G de cinq centrales nucléaires au Canada. La CCSN n'a pas encore atteint le point où elle pourra établir, en se basant uniquement sur ces quelques évaluations, quelles mesures doivent être prises pour freiner l'affaiblissement des normes de sûreté ; néanmoins, grâce à toutes les données d'évaluation des processus d'O&G, y compris l'information générée par les audits de la gestion de la qualité, elle se dote d'un profil de l'organisation qu'elle peut utiliser et qu'elle utilise pour surveiller ses exploitants. Les caractéristiques de la

haute fiabilité que ces installations nucléaires ont affichée jusqu'à ce jour ont été prises en compte dans nos décisions de réglementation, de même que les données provenant des autres domaines clés d'évaluation réglementaire, définis dans les 18 programmes techniques du programme de conformité de la CCSN. Cela comprend, par exemple, la sûreté-criticité, la capacité d'intervention en cas d'urgence, la radioprotection, la protection environnementale, la protection contre l'incendie, la gestion de la qualité et l'évaluation des programmes de formation.

Au cours de la prochaine année, nous prévoyons d'effectuer des évaluations de l'O&G dans le reste des grands sites nucléaires canadiens en vue d'élaborer des profils de base complets qui soient propres à chaque site. Par la suite, nous avons l'intention de réévaluer périodiquement ces sites pour suivre l'évolution de ces profils.

Il importe de noter que le changement opérationnel peut se produire insidieusement sur une longue période de temps et par le biais de processus informels, tout autant que par des initiatives de changement planifiées et gérées. À notre avis, il est donc impératif que l'organisme de réglementation observe avec vigilance les questions d'O&G. Si le profil d'O&G d'une installation s'écarte des caracté-

ristiques théoriques d'une organisation hautement fiable, ce qui serait susceptible de réduire la marge de sûreté, d'autres renseignements techniques seront alors étudiés pour tenter de comprendre les causes des changements. Des mesures réglementaires, basées sur l'analyse objective de toutes ces données, pourraient ensuite être prises. À long terme, nous souhaitons également, en isolant les indicateurs de rendement en O&G des évaluations régulières de l'O&G et en les corrélant avec d'autres indicateurs de rendement en matière de sûreté, que ces données aient une valeur prédictive dans des situations où il est moins facile d'établir le rendement en matière de sûreté.

### Références

[1] MacTavish, B.D., Carlsson, G., Harvie, J.D., Travers, W., Dahlgren, K., Eichenholz, H., Hashmi, J., Mazour, T., Talbot, K. (1998). Shortcomings in Safety Management, Symptoms, Causes and Recovery. IAEA Working Group Paper presented to International Conference on Topical Issues in Nuclear Radiation and Radioactive Waste Safety, Vienna, Austria.

[2] OECD Nuclear Energy Agency. (1999). Identification and Assessment of Organisational Factors Related to the Safety of NPPs. Nuclear Safety, NEA/CNSI/R (98) 17 Vols 1 & 2. OECD NEA, F-92130 Issy-les-Moulineaux, France.

[3] Haber, S.B. and Barrier, M.T. (1998). Development of a Regulatory Organization and Management Review Method. AECB Research Report RSP-0060, CNSC, Ottawa.

# Quelques réflexions sur la sécurité du transport aérien

par **Jean-Claude Wanner**, Membre de l'académie de l'air et de l'espace

Exposer en peu de pages tous les problèmes de sécurité posés par le transport aérien et détailler les solutions retenues est une mission impossible. Aussi nous contenterons-nous de traiter une seule question, l'automatisation, sujet qui a fait couler beaucoup d'encre et de salive au moment de la mise en service de l'Airbus A320, premier des avions de transport de la dernière génération, celle dite des « glass-cockpits ».

Les concepteurs d'avions, les utilisateurs, pilotes ou contrôleurs de la navigation aérienne, se posent ainsi la question :

## **Jusqu'où faut-il automatiser et quelles tâches faut-il automatiser ?**

Une analyse du comportement des opérateurs, dont le pilote d'avion n'est qu'un cas particulier, va nous aider à répondre.

Le comportement de l'homme peut, très grossièrement, être schématisé par cinq caractéristiques.

⇒ *Il fonctionne en séquence*, c'est-à-dire que les opérations cognitives élémentaires qu'il effectue ne peuvent l'être simultanément. Il ne peut, à un même instant, lire une information, l'interpréter, élaborer une tactique ou une stratégie, agir sur une commande, transmettre des informations à un autre opérateur. Cette caractéristique impose de ne pas surcharger l'opérateur qui, dans un temps donné, ne peut effectuer qu'un nombre limité d'opérations. La conséquence en est la nécessité d'automatiser toutes les opérations qui s'apparentent à des opérations de servomoteurs (non valorisantes pour l'homme) et qui sont facilement automatisables. Ce fonctionnement en séquence ne signifie toutefois pas qu'il ne peut traiter plusieurs problèmes en même temps. Dans ce cas chaque séquence d'opérations élémentaires est consacrée à un seul problème et

l'opérateur passe d'une tâche à l'autre, ce qui lui impose une charge supplémentaire de décision et de gestion du partage de son temps.

⇒ *L'opérateur humain a besoin d'informations* et souffre psychologiquement de n'en pas recevoir. Pour s'en convaincre il suffit de noter que l'on ne peut observer plus de quelques instants un écran de télévision présentant une image fixe. En l'absence d'informations, l'opérateur s'en « fabrique » en pensant à autre chose, ce qui conduit rapidement à la perte de vigilance. Il est indispensable de tenir compte de cette caractéristique dans la conception des postes de pilotage des systèmes hautement automatisés qui peuvent fonctionner de longs moments en situation nominale, fournissant ainsi une information nulle aux opérateurs.

⇒ Afin de gérer au mieux sa charge de travail, *l'opérateur a besoin d'informations facilitant la prévision*. Il peut ainsi prévoir les périodes de stabilité du système ne nécessitant que peu d'interventions et abaisser alors la fréquence de lecture des informations. En l'absence de prévision, l'opérateur est contraint à un recueil permanent des informations, ce qui accroît inutilement sa charge de travail et sa fatigue.

Cette remarque prend toute son importance pour les systèmes fortement automatisés pour lesquels il est fondamental de fournir à l'opérateur des informations lui permettant non seulement de savoir ce que font les automatismes mais également de savoir ce qu'ils vont faire. Cela lui permet de ne pas être pris au dépourvu par un changement de mode et surtout de contrôler que la programmation (par l'opérateur lui-même ou par un automatisme du type FMS, Flight Management System, automatisme de haut niveau gérant les automatismes de pilotage pour respecter un plan de vol programmé) va provoquer des changements d'état et de trajectoire répon-

dant aux besoins de la mission et satisfaisant aux objectifs de sécurité.

⇒ *L'homme est incapable d'estimer correctement les risques encourus.* Les accidents sont rares et l'estimation de faibles probabilités ne peut se faire par expérience personnelle. En effet pour affirmer qu'un événement a une probabilité de  $10^{-n}$  par heure (avec un niveau de confiance de 0,9, c'est-à-dire avec une chance sur dix de se tromper), il est nécessaire d'effectuer  $2,3 \cdot 10^n$  heures d'essais significatifs sans rencontrer l'événement. Ainsi pour affirmer qu'un événement a une probabilité d'occurrence de  $10^{-7}$ /heure, il faut effectuer 23 millions d'heures, soit 2625 ans d'essais ! L'expérience personnelle d'un opérateur est donc totalement insuffisante et la conséquence en est une sous-estimation systématique des risques. Il est fondamental d'en tenir compte dans la mise au point des procédures destinées à couvrir des événements dangereux. Ces procédures peuvent ne pas être comprises et donc mal utilisées par les opérateurs.

⇒ Enfin les opérateurs ne peuvent appréhender l'état du système qu'ils contrôlent que par l'intermédiaire d'informations en relation plus ou moins directe avec le réel. Ils travaillent donc au travers d'une *image mentale* représentant plus ou moins fidèlement la réalité et utilisent des modèles permettant la prévision de l'effet des actions correctives potentielles.

Toute erreur d'image mentale, due à une mauvaise utilisation de l'information, ou toute erreur de modèle de prévision peut conduire à des actions néfastes.

Parmi ces erreurs, dites *erreurs de représentation*, une catégorie est particulièrement dangereuse. Par suite d'une mauvaise prévision du risque ou par suite d'une longue habitude des réactions du système, l'opérateur se fait une image mentale « a priori », ne tenant pas compte des informations réelles. Il ignore, sans en avoir conscience, les informations qui pourraient le remettre dans la bonne voie et persiste dans son erreur. C'est l'erreur de représentation « diabolique » (« Errare humanum est, perseverari diabolicum »). C'est par exemple le refus d'admettre une panne en prétextant une fausse alarme (l'expérience a « montré » à l'opérateur qu'une telle panne ne survient jamais). C'est l'opérateur qui, en toute bonne foi, croit contrôler le résultat de son action sur un sélecteur de changement de configuration et qui ne note pas que la manœuvre, exceptionnellement, a échoué. Il raisonne alors avec l'image du système dans la configuration commandée et non dans la configuration réelle. Toutes les signalisations qui pourraient l'avertir sont ignorées et l'opérateur persiste dans son erreur. C'est enfin le cas du pilote qui se croit dans une position sûre en plan et en altitude et qui conforte cette fausse image de la réalité en n'utilisant,



inconsciemment, que les indications de ses instruments de navigation qui lui confirment cette position.

La lutte contre ces erreurs diaboliques passe, entre autres solutions, par la présentation d'informations les plus proches possible de la réalité. La vue d'une silhouette d'avion avec train rentré ou sorti est plus « parlante » que l'allumage de trois voyants verts ou rouges. La vue en plan, ou mieux en perspective, de l'avion par rapport à la piste et au relief est plus riche en informations et plus commode d'interprétation que deux cadrans donnant distances et gisements de deux balises qu'il faut mentalement placer dans l'espace pour en déduire la position de l'avion. Ceci revient à fournir au pilote les informations, nettoyées de l'inutile, dont il dispose en vol à vue ; rappelons qu'il est beaucoup plus rare de heurter le relief en vol à vue qu'en vol sans visibilité.

Par contre l'homme possède trois caractéristiques qui le rendent différent des automatismes.

⇒ L'homme se contente de valeurs de consigne approximatives. Par exemple « couper le disjoncteur si la tension tombe à zéro », type de consigne inutilisable telle quelle par un automatisme dont la programmation doit comporter une définition de la plage dans laquelle la mesure de la tension est considérée comme nulle.

⇒ L'homme est capable de faire de la reconnaissance de forme (visuelle, auditive, tactile). Il est ainsi capable de détecter une anomalie non prévisible d'un seul coup d'œil, ce dont est incapable un automatisme qui ne sait exécuter que ce qui lui a été programmé.

⇒ L'homme enfin sait prendre des décisions reposant sur des critères qualitatifs, alors qu'un automatisme ne peut prendre que des décisions programmées de la forme « si le paramètre X est supérieur à la valeur A, alors exécuter la procédure 1, sinon exécuter la procédure 2 ».

Toutes les décisions reposant sur des critères d'éthique entrent ainsi dans cette catégorie. Par exemple, le pilote doit-il tenter un atterrissage d'urgence dans des conditions potentiellement dangereuses pour sauver un passager victime d'une crise cardiaque ? Un automatisme ne peut prendre une décision, alors que l'homme sait le faire (il ne prend

peut-être pas la bonne, mais il en prend une !).

**Ainsi l'homme est-il peu fiable. Il est cependant indispensable de le maintenir à son poste de contrôle des grands systèmes et de ne pas être tenté par une automatisation totale.**

Dégageons rapidement les quelques règles qui président aux choix automatisation ou non-automatisation d'une fonction.

⇒ **RÈGLE 1.** Si la réalisation d'une fonction présente des *dangers physiques inacceptables* pour l'homme, il faut l'*automatiser*. Cette règle ne s'applique pas dans le domaine de l'aéronautique. Elle est évidente dans le nucléaire où certaines opérations en site à fort rayonnement doivent être robotisées. Elle peut s'appliquer dans le spatial.

⇒ **RÈGLE 2.** Si la réalisation d'une fonction exige une *habileté exceptionnelle* de l'opérateur, il faut l'*automatiser*.

Une fonction sera reconnue comme exigeant une *habileté exceptionnelle* si, dans le temps imparti, le nombre d'actions de l'opérateur (prises d'information, décision, action sur les commandes), ou bien l'absence de certaines informations, lui interdisent d'exécuter des actions correctrices et lui imposent ainsi un travail en boucle ouverte.

C'est en particulier le cas du pilotage direct d'un système naturellement instable ou à temps de réponse très inférieur au temps de réponse de l'opérateur humain (de l'ordre de quelques dixièmes de seconde). Ainsi le pilotage direct du Space Shuttle est-il impossible, étant donné qu'il est naturellement instable sur les trois axes. Il faut interposer des automatismes entre le pilote et les gouvernes pour le rendre artificiellement stable. C'est également le cas lorsque l'apparition d'une panne nécessite une succession d'actions immédiates et compliquées.

C'est enfin ce qui justifie l'utilisation du pilote automatique pour les phases d'approche catégorie 3 (atterrissage avec plafond nul et visibilité horizontale nulle) exigeant une précision de pilotage que bien peu de pilotes sont en mesure d'assurer systématiquement.

⇒ **RÈGLE 3.** Si la réalisation d'une fonction exige un *travail fastidieux et répétitif* (comme le respect d'une valeur de consigne

par une action simple, l'attente passive d'un événement rare ou la surveillance d'un paramètre peu évolutif) il faut l'*automatiser*.

C'est ce qui justifie l'utilisation du pilote automatique pour les phases de croisière d'un avion. Il est inutile de demander au pilote de maintenir le cap et l'altitude pendant de longues heures, alors qu'un système automatique le fait avec une précision bien meilleure et sans fatigue.

La veille devant un écran radar vide pendant des heures dans l'attente d'un écho hypothétique est absolument insupportable à l'homme qui ne peut raisonnablement maintenir sa vigilance dans ces conditions. Il est évident qu'il faut remplacer l'opérateur par un système automatique qui le prévient de l'apparition d'un écho. Bien entendu c'est à l'opérateur, averti par l'alarme, de prendre les décisions qui s'imposent. Il peut estimer que l'écho n'est qu'un parasite (reconnaissance de forme et logique floue) ou bien décider d'exécuter la manœuvre qu'il estime la plus judicieuse. On laisse donc les automatismes se charger des opérations fastidieuses, mais c'est l'homme qui prend les décisions intelligentes. C'est là que l'on reconnaît la supériorité du système composite opérateur humain – automate sur l'opérateur seul ou l'automatisme pur.

Entrent dans ces catégories toutes les fonctions destinées à interdire le franchissement intempestif des limites du domaine de fonctionnement autorisé. La surveillance des paramètres de fonctionnement est en effet sans intérêt pour l'opérateur et en général les algorithmes d'interdiction de dépassement sont peu complexes. L'utilisation de ces automatismes de protection permet alors aux opérateurs de se consacrer aux tâches nobles de conduite du processus, sans être perturbés par la tâche fastidieuse de surveillance du domaine autorisé. Les systèmes de détrompage, allant du système mécanique simple, interdisant un montage erroné, jusqu'aux systèmes utilisant les techniques dites d'intelligence artificielle, entrent également dans ces catégories de systèmes soulageant l'opérateur.

La protection automatique du domaine de vol sur avion est une excellente chose en ce sens qu'elle améliore la sécurité en évitant des dépassements intempestifs de limites. Ainsi certains cas d'entrée en compressibilité

à haute altitude<sup>1</sup>, observés dans des accidents réels sur avions classiques, auraient pu être évités par de tels automatismes.

⇒ **RÈGLE 4.** De nombreux accidents sont caractérisés par le fait qu'une seule erreur conduit à la catastrophe. Or l'homme est faillible par nature. Mal préparé, il commet, en moyenne, une erreur toutes les cent opérations, bien entraîné, il ne commet qu'une erreur par mille opérations. Quelques individus, surdoués ou très chanceux, ne commettent qu'une erreur pour dix mille opérations.

On ne peut donc compter sur l'opérateur humain pour assurer la sécurité si une erreur unique peut provoquer la catastrophe. Or nous savons qu'il est illusoire, dans l'état actuel de la technique, de se passer de l'homme dans la conduite des grands systèmes.

**On ne peut admettre qu'une seule erreur humaine puisse provoquer une catastrophe.**

Il est donc impératif de détecter toutes les circonstances dans lesquelles une seule erreur conduit à la catastrophe et trouver des remèdes efficaces, sinon pour les éliminer, du moins pour en réduire fortement la probabilité d'apparition.

L'automatisation est l'un des remèdes possibles intervenant soit pour interdire une action néfaste (par exemple dépassement d'une limite ou montage erroné), soit pour prévenir l'opérateur du danger de l'action.

Il faut alors :

- soit interdire l'action erronée elle-même ;
- soit prévenir l'opérateur qu'il vient de mettre son système dans une situation qui, à terme, peut devenir dangereuse et lui indiquer de façon simple et claire la procédure à suivre pour revenir dans un état sûr ;
- soit prévenir l'opérateur qu'il s'apprête à faire une manœuvre dont les conséquences peuvent être graves et lui demander de confirmer sa volonté d'action par une seconde manœuvre qui ne doit pas être réflexe ;
- soit limiter les conséquences de la manœuvre erronée en agissant automatiquement sur le système.

1. Dépassement du nombre de Mach autorisé, qui entraîne une perte de contrôle de l'avion.

Les règles 2 à 4 ont pour objet de ne pas mettre l'opérateur dans des situations où il fait preuve d'une fiabilité médiocre.

⇒ **RÈGLE 5.** Chaque fois qu'une décision repose sur des choix :

– qui ne peuvent se réduire à des *algorithmes peu complexes*, reposant sur des logiques faisant intervenir un nombre fini de paramètres internes et des états identifiés a priori ;

[Par *algorithmes peu complexes* nous entendons des fonctions programmables, liant commandes, paramètres à contrôler et consignes, dont les coefficients varient avec les états prévus du système. Ces états du système doivent donc être connus a priori de façon exhaustive (par « exhaustive » nous entendons que la probabilité de rencontrer un état non prévu doit être inférieure à une valeur raisonnable). L'établissement de ces fonctions repose sur des modèles de comportement du système (réponses aux commandes fonctions des états et des paramètres d'environnement) qu'il importe d'avoir précisément identifiés. Une certaine auto-adaptation est concevable, mais elle conduit rapidement à la complexité et nécessite toujours un minimum de connaissance du comportement du système dans le domaine prévu de fonctionnement. Tout doute sur les modèles de comportement ou l'exhaustivité de la liste des états possibles rend hasardeux l'établissement des algorithmes de contrôle.]

– qui font intervenir une *logique floue* ou une *évaluation qualitative de la situation* ;

– qui nécessitent une saisie de la situation par une méthode du type *reconnaissance de forme* ;

il faut **mettre l'homme dans la boucle en le laissant maître de la décision**, ce qui ne signifie pas nécessairement maître direct de l'action sur le système.

Ce tableau du comportement des opérateurs est trop simplifié. Il n'est destiné qu'à donner

une idée des précautions à prendre lors de la conception des postes de pilotage et de contrôle de processus et lors de la mise en place des procédures de maintenance et d'essais.

**L'homme est naturellement peu fiable, mais il reste indispensable dans la conduite des grands systèmes.**

Nous pouvons dès lors évoquer la question : **« Qui commande, les automatismes ou les hommes ? ».**

Les automatismes se chargent des tâches exigeant une rapidité de réaction dont ne dispose pas l'homme et des tâches répétitives et fastidieuses de surveillance et de contrôles simples. Les hommes se réservent les domaines où une décision non prévue est à prendre sur des bases qualitatives avec une reconnaissance globale de la situation. L'ensemble automate – opérateur humain constitue ainsi un bon exemple de **redondance dissemblable**, les défaillances et les faiblesses de l'un n'étant sûrement pas les défaillances et les faiblesses de l'autre. C'est ainsi que le couple automate – opérateur humain peut assurer un niveau de sécurité qui ne pourrait être atteint séparément par l'un ou l'autre seul.

La réponse à la question posée est alors simple.

**Chacun, opérateur ou automate, assure la sécurité dans les domaines où il est le mieux adapté et se repose sur l'autre dans les domaines pour lesquels il est peu fiable ou peu performant.**

**La décision finale ne peut que revenir à l'homme** dans les domaines de la logique floue, de l'imprévu, du qualitatif, mais c'est à l'automatisme de prendre la décision (pré-programmée par l'homme, toutefois) dans les domaines du répétitif, du fastidieux et de la réponse très rapide à des événements aléatoires.

# Les conditions de travail des prestataires dans les centrales EDF

par Annie Thébaud-Mony, directeur de recherche, INSERM –  
Equipe 9905, CRES-Université Paris

Fonction essentielle pour la sûreté, la maintenance des centrales nucléaires suppose l'intervention humaine sous exposition aux rayonnements ionisants. Cette intervention humaine est sous-traitée par l'exploitant EDF à des entreprises prestataires qui elles-mêmes sous-traitent tout ou partie des tâches qui leur sont confiées. Une recherche sociologique menée auprès de salariés DATR d'entreprises prestataires du parc nucléaire a permis d'étudier, à travers les récits de ces travailleurs, la division du travail et des doses lors des arrêts de tranche, ainsi que les conséquences qui en résultent pour leur santé. Dans un deuxième temps, toujours à travers les récits de travailleurs « extérieurs » DATR<sup>1</sup>, la recherche a permis d'analyser les circonstances organisationnelles et humaines de quelques incidents survenus dans les centrales à l'occasion d'opérations de maintenance.

## La division sociale du travail et des doses

Le premier niveau de division du travail et des risques prend effet entre le personnel EDF et les salariés d'entreprises prestataires. Ces derniers exécutent les tâches concrètes de maintenance et supportent 80 % de la dose collective reçue par des travailleurs sur les sites de l'industrie nucléaire française. Dans l'organisation du travail telle que la vivent les travailleurs DATR, on distingue une autre division du travail, entre les activités de maintenance stricte et les activités de service. Les premières consistent à établir un diagnostic sur l'état des installations, à effectuer des interventions techniques prévues dans le programme de révision ou des réparations en raison d'aléas découverts lors de la vérification de l'état des structures. Ces opérations

sont réalisées par du personnel qualifié (la plupart du temps recruté sur contrat à durée indéterminée, CDI), surtout quand il s'agit de travailler sur les matériels ou dans des lieux importants pour la sûreté. Des techniciens ayant à effectuer ce travail expliquent qu'ils jugent par eux-mêmes de l'importance du niveau d'exposition aux rayonnements ionisants. Si le débit de dose est trop élevé, ils demandent l'intervention des « servitudes nucléaires » pour abaisser ce niveau d'exposition ou faire poser un matelas de plomb. Les activités de service, quant à elles, ont pour objet la préparation des chantiers, notamment dans la réalisation des tâches « coûteuses en dose ». Dans ces activités, les travailleurs n'ont pas le choix d'être ou de ne pas être exposés : il y a alors une forte rotation des travailleurs sur un même poste de travail afin de fractionner entre eux la dose de rayonnements. Les entreprises ont alors recours au travail temporaire, recrutant les salariés DATR parmi les intérimaires ou sur des contrats à durée de chantier. C'est ainsi que l'exploitant EDF obtient le respect des limites réglementaires d'exposition aux rayonnements ionisants : les intérimaires ayant atteint la dose limite trimestrielle ou annuelle n'obtiendront pas de nouvelle mission comme DATR avant que ce qu'ils appellent leur « droit à la dose » soit ouvert ; un contrat « à durée de chantier » peut cesser à tout moment et le salarié se retrouver immédiatement au chômage ; quant au salarié en CDI qui arrive en limite de dose, le système interconnecté d'enregistrement des doses dans les centrales lui interdira automatiquement l'entrée en centrale, ce qui amène son entreprise à le mettre au chômage technique le temps de reconstituer ce que certains appellent aussi le « crédit d'irradiation ». Si, théoriquement, ces salariés DATR peuvent occuper d'autres postes de travail, non exposés à la radioactivité, en pratique, ils sont « spécialisés » et leur affectation à d'autres travaux

1. Directement affectés aux travaux sous rayonnements ionisants.



n'est pas la règle, les entreprises (y compris dans les entreprises de travail temporaire) préférant les garder en réserve compte tenu de l'investissement en formation exigé par l'exploitant EDF.

La multiplicité des entreprises et des intervenants complique singulièrement l'organisation pratique des chantiers de maintenance. En 1999, selon le rapport du Centre de recherche en gestion de l'Ecole Polytechnique présentant les résultats d'une enquête auprès de 1368 salariés d'entreprises prestataires, la moitié des enquêtés répondaient que cette organisation est « *synonyme de précipitation, de superpositions d'activités, d'entassement des personnes sur les lieux d'intervention et de décalages fréquents dans le temps* ».

Cette division du travail et des doses s'inscrit elle-même dans une organisation flexible de l'emploi et du temps, qui contraint les travailleurs « extérieurs » à un chômage partiel ou total une partie de l'année, à une forte mobilité entre les centrales et à des rythmes de travail souvent inconciliables avec la vie familiale.

### Conséquences sur la santé

Les conséquences sur la santé de cette organisation du travail se situent à plusieurs niveaux :

- celui des effets, directs et aléatoires, de l'exposition aux rayonnements ionisants ;
- celui des effets non spécifiques des conditions et contraintes de travail vécues par ces travailleurs.

Concernant les effets de l'exposition aux rayonnements ionisants, sans entrer dans la controverse sur les effets des faibles doses, il faut souligner tout d'abord l'absence de recensement systématique des symptômes perçus, notamment la fatigue en cas d'exposition à fort débit de dose sur un temps court, fatigue qui est souvent et spontanément exprimée dans les récits, mais aussi des signes perçus après contamination interne (symptômes digestifs, effets sur le système pileux, sur la libido). Dans le même ordre d'idée, les profils d'exposition eux-mêmes ne sont pas non plus consignés et utilisés dans les études concernant les effets à moyen et long terme des rayonnements ionisants. Pourtant les parcours de ces travailleurs dans des postes et

pour des interventions diverses témoignent également d'une très grande hétérogénéité dans l'histoire de l'exposition : pics d'exposition ou exposition faible et continue ; exposition alternée à des débits de dose d'intensité variable ; différents types de rayonnements ; diversité des points d'atteinte de l'organisme humain par ces rayonnements. Que représente la dose moyenne annuelle mesurée par le film ou le dosimètre au regard de ces diversités multiples ?

En termes d'atteintes à la santé, le risque d'irradiation se conjugue avec d'autres risques (notamment d'autres cancérogènes : amiante, poussières de soudage, produits chimiques), avec des conditions et contraintes de travail dont les effets sur la santé sont connus et documentés. Là non plus aucun recensement systématique n'est effectué.

Enfin aucun suivi médical à moyen et long terme n'est organisé pour ces salariés lorsqu'ils quittent le nucléaire. Or seul un suivi médical précis et continu permettrait d'accumuler les observations et de conduire à une connaissance plus fine des effets (spécifiques et non spécifiques) du travail sous rayonnements.

### Sous-traitance et incidents

Au regard de la sûreté, on peut s'interroger sur les conséquences de la sous-traitance de la maintenance sur la constitution de la mémoire même du travail sur les installations. Les ergonomes insistent sur l'écart entre travail prescrit et travail réel. La traçabilité écrite et le retour d'expérience formalisés sont-ils suffisants pour combler cet écart et permettre que l'expérience des travailleurs chargés du travail réel de maintenance des installations soit accessible dans le cadre de la gestion des risques, alors qu'eux-mêmes sont dispersés entre des centaines d'entreprises différentes et répartis sur tout le territoire français ?

A l'occasion d'incidents, le travail des salariés DATR fait parfois irruption sous l'affirmation globale de « l'erreur humaine ». Cependant les communiqués traitent des circonstances matérielles de l'incident, sans évoquer, le plus souvent, les conditions organisationnelles et humaines dans lesquelles il s'est produit. On peut citer un exemple. En faisant une inspection finale du chantier qu'il devait rendre à la fin de la nuit, un chef d'équipe d'une entre-

prise de servitudes nucléaires, travaillant de nuit, découvre une fuite importante d'eau ; aucune alarme ne s'est déclenchée : cette eau est-elle contaminée ? Que doit-il faire ? La consigne est formelle : avertir les services EDF. Ce qu'il fait. Mais rien ne se passe. Doit-il attendre... ou commencer immédiatement à nettoyer pour finir le chantier comme prévu ? Comment savoir ? Il décide de commencer à éponger l'eau et, à la sortie, il est contaminé. Il sera sanctionné, sans être sollicité ni par son employeur ni par les services EDF sur ce qui s'est passé. Sans expression de ce travailleur, à la fois acteur et témoin privilégié puisque lui seul était sur les lieux de la fuite, quelle mémoire a été gardée des circonstances de cet incident de contamination ?

Dans les conclusions du rapport de l'IPSN sur les relations entre *facteurs humains, organisation des arrêts de tranche et enjeux de sûreté*, G. Baumont insiste sur le fait que « *l'état de l'installation après la période de maintenance repose en partie sur les informations, transmises par une population extérieure à l'installation et donc absente pendant la période d'exploitation. Ces informations sont relayées par un faible nombre de personnes ayant une vue directe sur les matériels (contrôleurs et chargés d'affaire) et ne persistent dans les documents que dans la mesure où elles y sont reportées* ». Dans le cas précédemment cité, quelles informations ont été consignées ?

### Conclusion

La fragilisation des conditions de sûreté par la sous-traitance des opérations de maintenance n'est pas spécifique de la situation française. Des rapports d'audit, sur les installations nucléaires en Grande-Bretagne ou au Canada témoignent de la même inquiétude dans les autres pays de l'OCDE. L'accident survenu au Japon en octobre 1999 dans l'usine de la Japan Nuclear Fuel Concession Company est également en rapport avec la sous-traitance du travail et des risques mise en œuvre dans l'industrie nucléaire japonaise. Celle-ci se fait dans des conditions analogues à celles que connaît l'industrie nucléaire française. Deux enjeux de santé publique sont au cœur de l'organisation du travail de la maintenance : la santé des travailleurs qui en assurent la réalisation, et la santé des populations qui dépend de la sûreté des installations.

### Références

Thébaud-Mony A. L'industrie nucléaire. Sous-traitance et servitude. Paris, 2000, INSERM-EDK

Dégot V., Globokar T., Girin J. (1999) Les intervenants de maintenance nucléaire : compétences, conditions de vie et de travail, attachement au milieu. Rapport d'étude du CRG de l'Ecole polytechnique de Paris

Baumont G. Facteurs humains et organisation des arrêts de tranche : enjeux pour la sûreté. IPSN, rapport DES

# L'homme et la sûreté

**Par Claude Aafort, CGT – Ancien administrateur du CEA  
et Claude Bonnet, CGT – Membre du Conseil supérieur de la sûreté  
et de l'information nucléaires**

Depuis la fin des années 70, la place des hommes dans les installations nucléaires a évolué. A l'origine, la prise en compte des exigences humaines dans la conception des installations était implicite, voire ignorée. En fait, la présence humaine était indispensable, mais elle était considérée comme un risque potentiel de défaillance. Les progrès apportés par le développement des technologies de la microélectronique ont conforté cette vision. La prolifération des automatismes et l'inflation des procédures ont été, pendant un temps, la réponse apportée au risque d'« erreur humaine ».

Pourtant, malgré ces conceptions marquées par la foi dans un progrès technique omniprésent, les hommes continuent d'intervenir dans l'exploitation des installations nucléaires. Le mythe des années 80, d'usines d'autant plus fiables qu'elles ne feraient pas intervenir les hommes, n'a pas résisté à la réalité. La présence humaine est incontournable.

Aujourd'hui, les études probabilistes de sûreté indiquent que les erreurs humaines ont un certain poids dans le risque de fusion du cœur d'un réacteur. Mais elles ne précisent jamais que la probabilité de fusion du cœur serait considérablement plus élevée en l'absence d'équipe de conduite. En moyenne, plus de deux incidents significatifs sur trois ont au moins une de leurs causes profondes qui relève des « facteurs humains ». Les grands accidents nucléaires ont tous au moins une cause relevant d'une défaillance humaine. Mais les récupérations, par les équipes, de scénarios incidentels engagés ne sont jamais comptabilisées.

Les constats précédents montrent que l'homme, tout en étant incontournable, peut être capable du meilleur, sans être à l'abri de défaillances graves. Pour les éviter et améliorer la sûreté, la place des hommes dans les installations nucléaires doit être étudiée au même titre que les problèmes techniques.

Un accident nucléaire grave pourrait être un handicap insurmontable pour la poursuite de l'utilisation de cette forme d'énergie. Dans les entreprises concernées, la sûreté se construit autour d'une nécessité morale – la responsabilité – portée par une culture. Dans un contexte énergétique mondial incertain et bouleversé par la libéralisation du marché de l'électricité, il convient d'examiner l'évolution de ces deux notions pour situer les rapports de l'homme avec la sûreté.

## De l'autonomie... à la responsabilité

Le développement technologique a transformé les rapports entre l'homme et la machine. Il est plus juste de parler aujourd'hui de rapports complexes entre des équipes et un système technique. Exploiter les installations nucléaires, c'est aujourd'hui gérer en permanence des aléas dont certains sont imprévisibles. Plus que des savoir-faire ou des tours de main, les équipes de conduite, comme celles de la maintenance, pratiquent un « usage » des procédures. Il introduit un certain degré d'autonomie nécessaire pour mener à bien toute intervention. D'un côté, il s'agit de la capacité des opérateurs à hiérarchiser les contraintes de toute nature qui leur sont imposées (temporelles, techniques, organisationnelles...) pour donner la priorité à celles qui relèvent de la sûreté. Ils assument ainsi leur responsabilité. De l'autre, c'est l'aptitude des opérateurs à ajuster la mise en œuvre des moyens pour atteindre les objectifs de sûreté. Ils engagent ainsi leur créativité. Sans ces marges d'autonomie gagnées par les salariés, les installations nucléaires, comme toutes les installations industrielles, ne pourraient pas fonctionner. Dans les systèmes complexes comme ceux du nucléaire, plus que confortée, la place des salariés à tous les niveaux s'en trouve renforcée. Leur nombre et leur rôle sont des éléments essentiels de la fiabilité des installations.

Ce rôle fait d'autonomie engage la responsabilité individuelle. Cet engagement dans l'action, pour être effectif, doit bénéficier d'un environnement qui a pris en compte « *ses conditions de bon fonctionnement* », c'est-à-dire les connaissances du cerveau humain acquises par les sciences humaines. Celles-ci nous indiquent que notre cerveau n'est pas un calculateur prudent qui nous adapte au monde, c'est un simulateur prodige qui invente des hypothèses, modélise et trouve des solutions qu'il projette sur le monde (voir Alain Berthoz, « **Le sens du mouvement** », Editions Odile Jacob, 1997). « *Il faut partir du but que poursuit l'organisme et comprendre comment le cerveau va interroger les capteurs en réglant la sensibilité, en combinant les messages, en présélectionnant des valeurs estimées, en fonction d'une simulation interne des conséquences attendues de l'action* ». Pour que ces conséquences attendues de l'action prennent en compte les exigences de sûreté, il faut que ces dernières aient été intégrées dès l'élaboration des buts recherchés de l'action. Pour stimuler, dans le cerveau des opérateurs, les attentes de sûreté préalablement à toute intervention, chacun d'eux doit pouvoir trouver, dans l'organisation, le temps de la réflexion individuelle et collective sur le contenu des procédures à mettre en œuvre. Ce faisant, c'est moins l'application mécanique des procédures qui assure la sûreté que **le sens de ces procédures maîtrisé par les opérateurs**.

Ce temps nécessaire de la réflexion individuelle et collective des salariés n'est pas quantifiable. Il entre en contradiction avec les contraintes temporelles de la compétitivité imposées par le nouveau contexte du marché de l'électricité. La recherche du juste équilibre entre ces deux contraintes opposées ne peut pas ignorer la pertinence de l'avis de ceux qui sont les premiers concernés : les salariés à tous les niveaux.

### **Le changement... et la culture**

Chaque opérateur n'est pas seul. Il appartient à une équipe, qui elle-même appartient à un ensemble opérationnel ou fonctionnel, c'est-à-dire à une organisation. Cette dernière, tout en étant prescrite dans des documents officiels, intervient dans le cadre d'un fonctionnement informel qui peut être favorable ou défavorable au respect des exi-

gences de sûreté. Ce fonctionnement informel de l'organisation au regard de la sûreté dépend de quatre pôles en interrelation : les objectifs de sûreté, l'état du système technique et des structures de l'organisation, mais aussi la culture des salariés. La modification de l'un des quatre pôles entraîne des changements dans les trois autres. Ainsi, la culture des salariés, c'est-à-dire en première approximation l'engagement de leur système de valeurs dans leur activité de travail, peut se trouver déstabilisée par un changement d'organisation. Or cette culture est la source de leurs motivations.

Après une décennie de changements importants, un nouveau bouleversement intervient, autrement plus décisif que les précédents. Le poids accru des contraintes du marché dans la gestion de toutes les entreprises nucléaires favorise une déstabilisation de la culture des salariés à tous les niveaux. A nouveau, les pratiques, les méthodes de travail et les comportements doivent changer, entraînant une multiplication des messages, pas toujours en phase avec les gestes quotidiens des salariés et l'évolution des restructurations vécues. Des résistances motivées par les systèmes de valeurs en place sont inévitables. Le risque est grand, dans ces conditions, que s'émousse la **confiance** des agents de chaque entreprise sans laquelle l'issue des changements devient alors incertaine. La sûreté ainsi que les autres impératifs des entreprises peuvent être fragilisés.

Ces transformations **déplacent les pôles de pouvoir** des entreprises et entraînent des **mutations socioprofessionnelles** importantes qui ne manquent pas de bouleverser les repères collectifs des entreprises concernées. Dans un tel contexte, les mots sont porteurs de sens. Par exemple, dans une entreprise privée, le mot « client » renvoie à d'autres mots qui sont rentabilité, flexibilité, productivité ; autant de notions qui peuvent être compromises par les coûts de la sûreté. Dans les services publics, le mot « usager » porte les concepts de solidarité, de partage, d'intérêt collectif, qui sont associés au respect des exigences de sûreté. Ces concepts sont jusqu'à maintenant la base de la culture d'entreprise d'Electricité de France. Il est très difficile d'apprécier les conséquences sur la sûreté nucléaire de la remise en cause de ces concepts.

Les risques les plus importants pour la sûreté sont ceux qui seraient dus à une attitude volontariste pour imposer la transformation des entreprises ne tenant pas compte de l'opposition des femmes et des hommes sur le terrain. Quand la sûreté est prioritaire, les évolutions, pour être maîtrisées, doivent être acceptées par les personnels.

### Conclusion

Aujourd'hui, dans une conjoncture difficile pour les activités nucléaires, les objectifs stratégiques des entreprises concernées par cette forme d'énergie sont doubles : il faut améliorer la compétitivité et la sûreté. Le sens des responsabilités des acteurs dans la production et l'investissement de leur personnalité au travers d'une culture ne sont pas des comportements immuables, indépendants des modes de fonctionnement de l'entreprise. Ces comportements de sûreté ne sont pas forcément valorisés dans une perspective de développement centrée prioritairement sur la recherche de la compétitivité. Leur émergence ne peut pas être dissociée des procé-

dures décisionnelles qui orientent les choix économiques et sociaux de l'entreprise. La question du type de management est ainsi posée.

Le pilotage des entreprises nucléaires en matière de sûreté doit permettre un exercice substantiel du pouvoir par chaque salarié, qui dispose ainsi d'une connaissance à peu près complète des conditions de sûreté dans la production et la reproduction de l'entreprise. Les temps d'expression et de concertation doivent être élargis. Les aspirations à l'auto-organisation ne doivent pas être à la fois sollicitées et refoulées, et chacun doit voir « le bout de ses actes » sans rester enfermé dans sa situation immédiate de travail.

La maîtrise de la sûreté est essentiellement humaine. Si elle est une exigence prioritaire dans l'exploitation des installations nucléaires, alors les compétences individuelles et collectives des femmes et des hommes qui l'assurent, leur stabilité et leur reconnaissance dans l'organisation, doivent être des priorités dans l'élaboration des stratégies des entreprises concernées par cette forme d'énergie.

# Prise en compte du facteur humain et des organisations dans l'évaluation des risques majeurs dans les installations industrielles

par **Didier Gaston**, directeur-adjoint et **Olivier Salvi**, responsable du programme « analyse des risques » – Direction des risques accidentels – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)

## Introduction

L'approche de maîtrise des risques d'accidents développée cette dernière décennie sur une vision très « technique » a contribué à accroître le niveau de sécurité des installations industrielles. La mise en application de la directive SEVESO II souligne l'intérêt de mieux intégrer l'analyse des risques et la maîtrise des risques, notamment au travers de la mise en œuvre d'un Système de Gestion de la Sécurité.

Les installations industrielles sont des systèmes socio-techniques complexes dont la connaissance complète est illusoire. Ces systèmes sont dotés d'une dynamique des risques qui est à l'origine des accidents lorsque les limites de stabilité sont dépassées. Le rôle des hommes est de gérer cette dynamique et de maintenir le système dans un état de quasi-stabilité en gérant les aléas.

Les opérateurs agissent sur le système en fonction de la représentation mentale des processus qu'ils se sont forgée et du diagnostic d'évolution qu'ils réalisent à partir des informations fournies par les dispositifs techniques et les aides mis à leur disposition. La complexité des systèmes industriels actuels nécessite la constitution d'un collectif de travail constitué de différents opérateurs qui disposent chacun d'une représentation personnelle et partielle du système. Les opérateurs sollicitent l'organisation mise en place, mais sont également sollicités par l'organisation. Cet ensemble d'interactions constitue le cœur des problématiques actuelles abordées dans le cadre d'approche multi-disciplinaires

pour évaluer le rôle des hommes et des organisations dans les installations à risques.

Dans ce contexte, ce papier présente quelques acquis et propose des pistes de travaux à développer pour intégrer la prise en compte du facteur humain et des organisations dans l'évaluation des risques majeurs.

## Les connaissances actuelles

Les travaux relatifs aux facteurs humains et à la prise en compte des organisations peuvent actuellement être décrits selon deux ensembles répondant aux questions suivantes :

### • *Ensemble 1 : mieux comprendre le comportement humain dans le collectif de travail*

*Comment adapter l'environnement de travail aux capacités de l'homme afin de le rendre plus fiable ?*

*Quelles sont les origines et quels sont les moyens de contrôler les défaillances humaines en situations de travail ?*

*Quelles sont les informations essentielles à fournir aux opérateurs ?*

*Comment mobiliser, développer et gérer les ressources humaines ?*

Les premières interrogations répondent à des attentes « traditionnelles » dans les pays industrialisés et sont portées par les sciences de l'ingénieur. Ces attentes ont été profondément renouvelées par l'apport des sciences cognitives. La préoccupation principale est celle de la « sécurité ». On suppose qu'il est

possible de caractériser dans son intégrité la situation de travail. Cette démarche est ordonnée plutôt par la référence à la prescription et à la discipline, c'est-à-dire des normes strictement fonctionnelles, sans référence aux valeurs. Cette approche a connu un développement important durant les années 80, mais se heurte aux principales difficultés suivantes :

– une situation de travail ne peut pas se réduire à l'exécution de « tâches » prédéfinies. Elle correspond à une « activité ». Le rôle des individus est de gérer des aléas qu'il est utopique, vu la complexité des systèmes actuels, de penser supprimer ou maîtriser ;

– l'erreur humaine ne peut pas être évitée, elle peut être tout au plus être évaluée préventivement. Par ailleurs, cette notion d'« erreur humaine » longtemps vue négativement, présente une qualité : elle fait partie de l'expérience propre à chaque individu et lui permet d'acquérir une meilleure maîtrise de ses compétences ;

– l'individu a besoin de s'approprier son environnement de travail et ne peut pas « vivre » sans une certaine « marge de liberté ». Des démarches « purement » prescriptives ne sont donc pas adaptées (ce qui ne veut pas dire qu'il ne faut pas de prescription) et génèrent la mise en place par les acteurs de « stratégies de contournement » ;

– le rôle de plus en plus dévolu à l'individu dans la gestion des systèmes complexes est sa capacité d'expertise et d'anticipation ; de telles approches ne permettent pas de la prendre correctement en compte.

La question concernant les informations essentielles à fournir aux opérateurs pour leur permettre l'appréciation correcte et actualisée de l'état du système est traitée depuis des dizaines d'années notamment par les spécialistes de psychologie cognitive s'intéressant aux systèmes complexes. Une mauvaise compréhension de l'état du système ou des effets d'une action est la cause de nombreux accidents. Les approches développées ces dernières années se heurtent principalement :

– à la compréhension des mécanismes de développement des situations de danger, et surtout à l'appropriation de ces mécanismes par les opérateurs ;

– au partage d'information entre les différents opérateurs et à la représentation globale du processus par le collectif de travail ;

– à la difficulté de fournir des informations caractérisant la dynamique du système et notamment les évolutions de cette dynamique qui précèdent la phase accidentelle.

Depuis le début des années 80, influencées par des préoccupations « qualité » et portées par la psychologie sociale, des approches pour évaluer l'activité réelle réservant une place non seulement à l'incidentel, éventuellement prévisible (dans sa forme sinon dans son occurrence), mais aussi à l'inconnu et à l'imprévisible, ont été conduites. Par ailleurs, l'analyse des situations de travail a montré qu'il était difficile d'isoler un individu dans un collectif de travail. Cela nécessite d'aborder les aspects liés à la communication, à la coopération, aux stratégies des différents acteurs... Dans les systèmes présentant des risques majeurs, cette notion de collectif de travail est un point essentiel pour garantir la sécurité :

– en fonctionnement normal, c'est ce collectif qui gère les aléas et peut récupérer les erreurs individuelles<sup>1</sup> ;

– des valeurs communes seront développées dans ce collectif et l'individu « noyé » dans ce collectif aura tendance à les adopter ;

– lors de la gestion des situations d'urgence, ce collectif sera sollicité et devra faire face à l'imprévu ou du moins à l'anormal. Un collectif « solide » sera plus à même d'être efficace en situation d'urgence.

Cette approche connaît actuellement un développement important mais se heurte à l'adaptation des outils et méthodes existant en psycho-sociologie pour l'étude des comportements de groupe au contexte spécifique lié aux environnements de travail.

### • **Ensemble 2 : mieux comprendre l'organisation mise en place pour gérer la sécurité**

*Quelle organisation mettre en place pour gérer au mieux un système technique souvent complexe ?*

1. Ce collectif peut constituer le niveau 1 de récupération, et l'organisation un niveau 2.

*Comment évaluer les organisations existantes, identifier les points faibles et proposer des améliorations ?*

*Comment évaluer les performances de cette organisation ?*

Influencées par des travaux anglo-saxons depuis une vingtaine d'années, des recherches sont réalisées pour l'acquisition de connaissances nouvelles sur l'influence de l'organisation sur la sécurité. Ces travaux ont connu un accroissement important avec le développement des systèmes de « management » environnement, hygiène et sécurité. L'imposition, dans le cadre de la directive SEVESO II, d'un Système de Gestion de la Sécurité sur les sites présentant des risques majeurs va développer les interrogations sur les moyens disponibles pour évaluer les organisations existantes et l'efficacité des systèmes de management. Par ailleurs, des recherches portant sur la fiabilité organisationnelle<sup>2</sup> se sont focalisées sur la conception des organisations et n'ont qu'effleuré la connaissance fine des coopérations entre acteurs. Il en ressort également que toute « théorisation » sur le fonctionnement doit être réalisée avec prudence mais que certains dispositifs organisationnels et certaines divisions du travail permettent d'éviter la « stratégie du contournement ». Dans ce contexte, une approche basée sur l'étude des changements d'organisation et mise en œuvre en privilégiant le point de vue des acteurs permet la construction collective d'une représentation du système.

Actuellement, des études sont en cours pour intégrer les interactions entre le système technique et l'organisation afin de définir l'efficacité du système de gestion des risques mis en place sur des sites industriels. La difficulté principale réside dans le fait qu'il faut intégrer au même niveau des dispositifs techniques, des comportements humains et des systèmes organisationnels. Par ailleurs, il s'avère indispensable de ne pas omettre la notion de temps et de dynamique de cet ensemble, paramètre important pour éva-

2. La notion de fiabilité organisationnelle concerne l'étude des conditions organisationnelles permettant à un système organisé complexe de maintenir des niveaux de sûreté compatibles à la fois avec les exigences de sécurité et les exigences économiques. Cette notion encourage à aborder de façon frontale la question du réajustement des arbitrages coûts/sécurité.

luer notamment la capacité à récupérer des situations dégradées.

### Perspectives

L'intégration, notamment dans le cadre de l'utilisation des outils de psychologie cognitive et de sociologie, d'une approche plus adaptée du comportement humain et du rôle des organisations dans l'analyse des risques, devient une nécessité forte afin d'optimiser le niveau de sécurité. Cette orientation a pour conséquence de nécessiter le développement de nouvelles approches d'évaluation des risques s'appuyant sur des compétences plus diversifiées et des équipes pluridisciplinaires (psychologie, sociologie, ergonomie, techniques de l'ingénieur...) qui devront travailler en étroite collaboration avec les spécialistes de l'analyse des risques.

L'INERIS s'engage actuellement dans des travaux de recherche pour :

- d'une part développer des méthodes d'analyse des risques intégrant les aspects techniques et organisationnels ;
- d'autre part, acquérir des connaissances sur des situations de travail identifiées comme importantes pour garantir la maîtrise des risques.

Pour ce faire, une équipe pluridisciplinaire est en cours de création. Cette équipe travaillera en étroite collaboration avec les pôles de compétences existants sur les sciences humaines et les organisations en France et en Europe afin d'intégrer les connaissances déjà acquises.

### Bibliographie

- N. MITCHISON & S. PORTER (TWG4), Guidelines on a Major Accident Prevention Policy and Safety Management System, as required by Council Directive 96/82/EC (SEVESO II), DG XI of the European Commission, 1998.
- J. LEPLAT et G. De TERSSAC, Les Facteurs Humains de la Fiabilité dans les Systèmes Complexes, OCTARES Editions, 1990.
- R. AMALBERTI, La conduite de systèmes à risques, Presses Universitaire de France, 1996.
- C. DEJOURS, Le facteur humain, Que Sais-Je ?, Presses universitaires de France, 1999.
- M. MONTEAU, Prise de risque, dérives et autres imprudences. Section Accidentologie. INRS, note scientifique et technique de l'INRS n°155, 1997.
- C. Giraud, l'action commune, L'Harmattan, 1993.



P. OBERTELLI, Effets des mouvements psycho-émotionnels sur l'organisation de la pensée face à une situation de risque, *Revue Internationale de psychosociologie*, 1996, vol III.

M. LLORY, L'accident de la centrale nucléaire de Three Mile Island, L'Harmattan, 1998.

EPSC, Safety Management Systems : Sharing Experiences in Process Safety, IChem, 1994

ESReDA, 18th Seminar, Risk Management and Human Reliability in Social Context, Karlstad, 14-16 juin 2000.

EPSC, Safety performance measurement, IChem, 1996

E. CLEMENT & J.P. LACOURSIERE, Performance indicators for chemical accident prevention, preparedness and response : a Canadian stakeholder view, OCDE fourth meeting of the Group of experts on Safety Performance Indicators, september 2000

M. BOURRIER, Théories et pratiques de la fiabilité organisationnelle, rapport final, Programme Risques Collectifs et Situations de Crise, 2000.

A.R. HALE & AL., IRMA : Integrated risk management audit for major hazard sites. *Safety and Reliability* (eds. G.I. Schuëller and P. Kafka), ESREL'99, Volume 2, pp. 1315-1320, (eds. G.I. Schuëller and P. Kafka), 1999

M. ABRAMOVICI, La prise en compte de l'organisation dans l'analyse des risques industriels, Thèse de sciences de gestion, Ecole Normale Supérieure de Cachan, 1999

J. M. HOC, R. AMALBERTI, Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques, *Psychologie Française*, 1994.

G. BAUMONT, S. BARDOU, N. MATAHRI, Modèle d'analyse des incidents RECUPERARE, intégrant les facteurs techniques, humains et organisationnels, *revue Préventique*, oct 2000.

# La fiabilité : un produit de l'organisation du travail

par **Mathilde Bourrier**, Docteur en sociologie de l'Institut d'études politiques de Paris – Maître de conférence en sociologie – Université de technologie de Compiègne  
Auteur de *Le Nucléaire à l'épreuve de l'organisation*, Paris, Presses Universitaires de France, 1999

La question de la fiabilité dans les organisations dites « à haut risque » (usines chimiques, centrales nucléaires, sites d'enfouissement des déchets à vie longue, hôpitaux, etc.) a attiré ces dix dernières années de nombreuses réflexions. Il faut s'en féliciter car ces activités participent du fonctionnement de nos sociétés. Les populations, les représentants politiques et les administrations de tutelle de ces systèmes complexes exercent une vigilance pressante et demandent des garanties croissantes. Une absence de réponse à ces exigences risquerait de compromettre le maintien de ces activités dans des conditions viables, du point de vue de la sûreté comme du point de vue économique.

Les ingénieurs, engagés dans l'élaboration de technologies sans cesse plus sûres, ont accompli leurs missions, mais aussi atteint leurs limites. Le même constat s'impose pour les spécialistes du facteur humain, dont les travaux portant sur les modalités de production des erreurs humaines semblent s'essouffler. C'est ainsi qu'une nouvelle frontière, constituée des recherches sur les facteurs organisationnels de la défaillance et de la fiabilité, se dessine.

## **Expliquer les accidents : l'hypothèse organisationnelle**

Les circonstances de certains accidents – Bhopal, Challenger, Tchernobyl, ou dans un autre domaine le sang contaminé – ont obligé les spécialistes à dépasser le cadre de l'erreur commise par un individu isolé. Ces défaillances ont concouru à placer au premier plan les conditions organisationnelles au sein desquelles les acteurs opéraient. Les spécialistes « classiques » du facteur humain,

psychologues et ergonomes en tête, ont vite reconnu que leurs outils d'analyse ne leur permettaient pas de s'attaquer au phénomène organisationnel. Son étude réclame de dépasser le cadre du rapport homme-machine, afin de comprendre comment les acteurs s'organisent pour parvenir à réaliser leurs missions et comment parfois ils échouent.

Ce sont donc des analyses organisationnelles qui ont fourni les clefs d'interprétation de ce que l'on appelle désormais des accidents ou des défaillances organisationnels. Les circonstances de l'explosion en vol de la navette ont ainsi été éclairées par des travaux qui tranchent avec l'explication officielle (cf. Larry Heimann, *Acceptable Risks*, University of Michigan, 1997 ; Diane Vaughan, *The Challenger Launch Decision*, Chicago, University of Chicago Press, 1996). Ces recherches analysent comment le groupe des ingénieurs responsables des *boosters* et plus généralement l'ensemble de la structure de décision de vol ont progressivement accepté des niveaux de risques de plus en plus grands. Les ingénieurs étaient tiraillés entre deux représentations du programme navette : celle des dirigeants de la NASA et de ses financeurs qui considéraient que la navette était parvenue en phase commerciale, et la leur qui, forte de leur fréquentation quotidienne des surprises techniques de la navette, leur renvoyait l'image d'un projet encore en phase expérimentale. Cependant, la volonté de croire et la nécessité de convaincre les financeurs que la navette n'était plus en développement les ont conduits à ignorer tous les signaux de danger que les vols précédents comportaient. Vaughan, à l'opposé de la thèse officielle, démontre ainsi que les responsables du vol n'avaient pas délibérément enfreint les

règles. À l'inverse de « délinquants organisationnels », ils ont en permanence suivi les règles de fonctionnement, les modifiant au fil des vols afin qu'elles épousent les nouvelles conditions auxquelles ils croyaient, en toute sincérité, avoir affaire. C'est ce qu'on appelle, en sociologie, la « normalisation de la déviance ».

Heimann donne un éclairage un peu différent. Il explique que l'impérieuse nécessité de trouver des financeurs et des clients pour le programme navette a conduit les dirigeants à modifier le design de la structure de décision de vol. Par le passé, ce qui était le plus redouté était une défaillance organisationnelle de « type I » : c'est-à-dire de prendre à tort la décision de lancement, provoquant ainsi la perte d'installations et de vies humaines. Progressivement et sous la pression d'impératifs économiques, c'est une défaillance de « type II » qu'il a fallu éviter : c'est-à-dire de retarder à tort les lancements, conduisant ainsi à un gâchis de ressources, nuisible à l'existence même du programme. Les deux risques sont interdépendants. En limitant un risque de « type I », on court le risque de « type II », et *vice versa*.

Heimann démontre ainsi qu'il existe une homologie entre le design organisationnel et la forme de risque à laquelle l'organisation veut se soustraire. C'est un peu « Sachant comment tu as échoué, je te dirai comment tu étais organisé ». Si c'est le risque de « type I » que l'on veut éviter, une organisation « en série » sera plus efficace — A, A', A'' doivent être tous d'accord pour que le processus de décision se poursuive. En revanche, l'organisation se prémunira davantage contre le risque de « type II » en adoptant une structure « en parallèle ». Il suffit de l'accord de A, A' ou A'', indifféremment, pour que la poursuite du projet soit décidée. Heimann constate que progressivement la structure de décision de vol est passée d'une structure « en série » à une structure « en parallèle ». Cette évolution correspond bien à la stratégie de lutte contre le gâchis de ressources qui prévalait dans la première moitié des années 80. Ce choix d'organisation a accru la normalisation de la déviance puisque les redondances étaient systématiquement éliminées, ce qui empêchait la possibilité d'exercer des contrôles croisés.

Plus proche de nous, on sait aujourd'hui que la large contamination des transfusés par le virus du Sida, en France, est le produit d'un échec organisationnel (M. Setbon, *Pouvoirs contre Sida*, Paris, Seuil, 1993 ; M.-A. Hermitte, *le sang et le Droit*, Paris, 1996). Seule une analyse organisationnelle permet de comprendre pourquoi la France a « produit » davantage de transfusés contaminés qu'ailleurs. Le premier temps de l'analyse permet d'expliquer pourquoi des médecins, pourtant détenteurs des connaissances pertinentes sur la contamination, n'ont pas été entendus. Leurs travaux de thèse portant sur les maladies sexuellement transmissibles étaient jugés sans avenir par l'institution médicale. Marginalisés, ce qu'ils avaient à dire n'a jamais été pris en compte. Le deuxième élément concerne le mode de fonctionnement des centres de transfusion, aux prises avec des exigences de rentabilité à court terme, qui leur faisaient préférer la méthode du *pooling* des sangs. Ces méthodes ont ainsi démultiplié la contamination des lots. Le troisième élément permet de comprendre pourquoi, en dépit du fait que de nombreux groupes à risque étaient surreprésentés dans les prisons, le sang y était collecté massivement. Le quatrième élément concerne la volonté des hémophiles d'obtenir des produits sanguins sans cesse plus confortables, ce qui conduisait les producteurs à une course technologique coûteuse. Enfin, la chirurgie française se distinguait par des techniques opératoires très consommatrices de sang. C'est la conjonction de toutes ces raisons, articulées dans une analyse systémique, qui permet d'expliquer pourquoi la contamination des hémophiles a pu en France atteindre ces proportions.

Ces analyses d'accidents fournissent également des enseignements pour mieux comprendre le fonctionnement « normal » de ces organisations. Car, comme l'ont souligné un certain nombre de chercheurs, si ces accidents ont marqué par leur ampleur, ils demeurent finalement rares. C'est donc dans un objectif de prévention que s'inscrit une grande partie de la recherche actuelle intéressée par la question de la *fiabilité organisationnelle*.

Deux aspects reliés font l'objet d'une attention particulière : celui de la conception organisationnelle, et celui de la place et de la ges-

tion des transgressions des règles. La réflexion sur la conception organisationnelle invite à mieux comprendre les effets induits de tel ou tel mode d'organisation, en comparant systématiquement les modèles d'organisation qui existent actuellement dans les industries. Cet objectif conduit naturellement à reconsidérer le problème des contournements de la règle. Il s'agit là d'un problème récurrent dans de nombreuses industries, et tout particulièrement dans l'industrie nucléaire.

### **Organisations et transgressions dans l'industrie nucléaire**

La nécessité de travailler avec des procédures est l'une des principales difficultés rencontrées par les acteurs des sites nucléaires. Les ergonomes et les sociologues ont depuis longtemps souligné que les procédures ne sauraient traduire toute la réalité des situations de travail. Elles sont structurellement incomplètes et ont fréquemment besoin d'être modifiées. Dès lors, des amendements seront nécessairement pratiqués par des intervenants aux prises avec des écarts à résoudre. La question est de savoir comment.

Traditionnellement, deux interprétations sont proposées pour analyser ces transgressions. Une première, normative, considère que ces ajustements traduisent des comportements déviants qu'il faut réprimer de manière à garantir la sûreté. Une seconde, se voulant positive, prisée de certains sociologues et ergonomes, considère ces infractions comme essentielles à la construction de la fiabilité de l'ensemble. Le niveau de fiabilité d'un système organisé est ainsi présenté comme *dépendant* de la capacité de ses acteurs à développer les trésors d'habileté nécessaires à l'adaptation de règles par nature incomplètes. Cet acteur « ingénieux » ne fait pas uniquement recette chez les chercheurs. Il séduit aussi les dirigeants : ils condamnent cet acteur qui enfreint les règles, tout en louant ce « professionnel » qui vient combler les inévitables lacunes des procédures.

On peut cependant aller au-delà de ces interprétations et préciser les conditions sous lesquelles ces contournements voient le jour. D'après notre expérience, si le problème de

la nécessaire adaptation des règles est commun à de nombreuses organisations, en revanche la manière dont elle est gérée diffère selon l'organisation du travail en place. Ainsi, les transgressions de la règle sont un *produit* de l'organisation en place. Comme nos travaux l'ont montré, son apparition est le fruit d'une manière particulière d'organiser le travail de ceux qui conçoivent et de ceux qui exécutent. L'arrangement n'est pas une *fatalité*.

Ainsi, parmi les sites que nous avons étudiés, certains ont réussi à répondre officiellement au problème de l'incomplétude structurelle des procédures, tandis que d'autres l'ignorent, sans l'éliminer, obligeant les acteurs à le prendre en charge officieusement. Il faut ainsi comprendre que lorsque l'on organise les services de maintenance, par exemple, en conservant une séparation étanche entre ceux qui écrivent les procédures (la Préparation) et ceux qui doivent les appliquer (l'Exécution), les occasions d'enfreindre les prescriptions seront forcément nombreuses. En effet, dans ce cas, les exécutants ne participent ni à l'élaboration des procédures ni à leur validation. En cas de problème, ils n'ont pas l'autorité pour les modifier. Dès lors, si les concepteurs ne sont pas disponibles pour les amender sur le champ, les exécutants n'ont pas d'autre solution que de les modifier informellement. Ils en dérivent une expertise et une autonomie qui restent largement opaques, mais auxquelles ils tiennent. La production des infractions est donc structurellement inscrite dans le mode d'organisation choisi.

Si, à l'inverse, comme nous l'avons observé à la centrale de North Anna (Virginie), les exécutants participent à la conception et à la validation des procédures avec lesquelles ils devront travailler, s'ils possèdent la délégation de pouvoir leur permettant de modifier ces procédures, les contournements de la règle dans l'opacité ne sont plus nécessaires. Ou encore si, comme à la centrale de Diablo Canyon (Californie), un groupe a comme tâche unique d'assister les intervenants pour résoudre les écarts qui se produisent entre les prescriptions et les surprises du terrain, on observe alors que les contournements clandestins n'ont plus raison de se produire et diminuent massivement.

**La fiabilité est un produit de l'organisation... cependant il n'existe pas un modèle d'organisation fiable**

Les travaux de recherche actuels dans leur diversité convergent sur un point : la fiabilité (ou la défaillance) est un produit de l'organisation. On comprend mieux aujourd'hui comment l'organisation du travail détermine les résultats en termes de fiabilité. Dans le même temps, ce constat ne peut sérieusement conduire à préconiser l'adoption d'un modèle d'organisation en particulier : le modèle de l'organisation fiable n'existe pas. Ainsi, de la même manière qu'il existe plusieurs modes d'organisation pour réaliser et

réussir un arrêt de tranche par exemple, il existe plusieurs types d'organisations susceptibles de permettre l'obtention de performances sûres. L'essentiel n'est donc pas la quête d'une « bonne organisation fiable », mais bien de comprendre de façon rigoureuse quelles sont les externalités positives comme négatives des modes d'organisation en place.

A l'heure où des réformes organisationnelles d'importance sont menées sur les sites nucléaires, on ne peut s'empêcher d'espérer que les choix organisationnels qui seront faits seront éclairés par les apports des recherches en cours.