

## PRÉSENTATION ET ILLUSTRATION D'UNE DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ "FACTEURS HUMAINS"

**TOSELLO MICHELE**

Commissariat à l'Energie Atomique, CEA/Cadarache, Direction de l'Energie Nucléaire  
Département Technique d'Assistance aux Projets-Cellule d'Assistance à la Sûreté des  
Installations, 13108 Saint-Paul Lez Durance –France

**VAUTIER JEAN-FRANCOIS**

Commissariat à l'Energie Atomique, CEA/Saclay, Direction de la Sûreté Nucléaire et de la  
Qualité, Mission Sûreté Nucléaire, 91 191 Gif sur Yvette Cedex, France

### Résumé

L'objet de cette communication est de présenter comment le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) apporte des éléments de démonstration concernant la sûreté de ses installations de recherche, sous l'angle des facteurs humains. La communication abordera les grandes étapes du déroulement d'une étude facteurs humains réalisée dans le cadre d'une démonstration de sûreté, en les illustrant à partir d'une rétro-étude telle qu'elle aurait pu être réalisée sur un site nucléaire quelques mois avant la survenue d'un accident. Enfin, un point sera fait sur les limites et les difficultés de ce type d'approche tout en soulignant la dynamique favorable qui se met en place à cette occasion.

Mots clefs : sûreté nucléaire, facteurs humains, démonstration

## PRESENTATION AND ILLUSTRATION OF A "HUMAN FACTOR" SAFETY DEMONSTRATION

### Abstract

This communication presents the safety demonstration about "human factors" aspects, which are designed by the Commissariat à l'Energie Atomique (CEA). The communication consists of the different steps of a human factors study in this field of safety demonstration. In this way, we are presenting a study (retroactive study) as it would have been carried out on a nuclear area several months before an accident. Finally, a discussion will be presented about the limits and the difficulties of this kind of approach. Furthermore we are underlining the fine trend which takes place in this case.

Key words : nuclear safety, human factors, demonstration

## ETUDE FACTEURS HUMAINS ORIENTÉE DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

Dans l'industrie nucléaire, la sûreté renvoie à la prévention des risques nucléaires vis-à-vis des populations et de l'environnement. L'objectif de la démarche de sûreté est de prendre l'ensemble des dispositions techniques et organisationnelles nécessaires pour maintenir ou ramener les installations dans un état sûr.

D'une manière générale, la sûreté des installations nucléaires s'appuie sur un processus réglementaire entre un exploitant nucléaire et les organismes<sup>1</sup> de contrôle de la sûreté. L'exploitant doit, dans ce cadre, "démontrer" comment la sûreté de ses installations est prise en compte et apporter ainsi les preuves de sa démonstration, de façon à ce que les organismes de contrôle puissent les évaluer et délivrer in fine les autorisations de fonctionnement. La démonstration de sûreté porte à la fois sur les aspects techniques mais également, sur les aspects "facteurs humains", pour lesquels, les nécessités (pour l'exploitant) et les exigences (émanant de l'autorité réglementaire) pour les intégrer dans la démarche de sûreté sont de plus en plus fortes. Le renforcement des exigences d'ordre facteurs humains et organisationnels est notamment lié à la mise en évidence, encore relativement récente, du poids des activités humaines sur la sûreté des installations industrielles à risques. Les facteurs humains au sens où nous les abordons se rapportent aux "hommes en situation de travail" et à leurs modalités de fonctionnement, c'est à dire :

- les comportements individuels et collectifs en situation de travail,
- les facteurs qui influent sur ces comportements,
- les incidences de cet ensemble sur la qualité, la performance et la fiabilité de l'activité professionnelle et plus spécifiquement dans notre domaine d'intervention, l'incidence de cet ensemble sur la sûreté d'une installation nucléaire.

Ainsi, "l'étude facteurs humains", au sens générique, est l'un des outils mis en œuvre au CEA pour la prise en compte de la contribution des hommes à la sûreté des installations nucléaires de recherche pour lesquelles le CEA assume la responsabilité d'exploitant. L'étude facteurs humains entre donc dans le processus "réglementaire" de démonstration de sûreté d'une installation. Le processus de démonstration présenté ici concerne plus particulièrement les installations existantes pour lesquelles on opère un réexamen de sûreté au-delà de plusieurs années de fonctionnement. Les démonstrations de sûreté spécifiques aux installations en projet ou présentant des modifications importantes ne seront pas abordées dans le cadre de cette présentation. Il est à noter par ailleurs, que des études facteurs humains peuvent également être engagées dans d'autres contextes, à la suite par exemple de la survenue d'incidents présentant de fortes composantes humaines et organisationnelles ou pour accompagner une installation dans une nouvelle phase d'exploitation (préparation au démantèlement par exemple).

La communication présentera les grandes étapes du déroulement d'une étude facteurs humains accompagnées de quelques résultats d'ordre général issus du retour d'expérience du CEA dans le domaine. Une illustration des apports potentiels du questionnement "facteurs humains" à partir de la rétro-étude d'un incident nucléaire survenu au Japon en 1999 sera présentée. Enfin, un point sur les limites et difficultés liées à ce type d'approche mais également sur la dynamique favorable qui se met en place à cette occasion sera mis en discussion.

---

<sup>1</sup> "Autorité de Sûreté" et ses appuis techniques dans différents domaines d'expertise

## Les bases de la démonstration de sûreté

La démonstration de sûreté sur la prise en compte des aspects FH s'appuie sur :

- une analyse préliminaire visant à identifier les exigences de sûreté liées aux situations de travail de l'installation concernée (spécifications). Cette analyse se traduit par la définition d'un certain nombre de situations de travail pour lesquelles les risques vis-à-vis de la sûreté ont été définis (risque direct) mais également les situations de travail pour lesquelles le risque est plus "dilué" (indirect, potentiel,...). Pour chaque activité, il faudra mettre en évidence les points forts vis-à-vis de la sûreté (ce qui du point de vue du FH fonctionne bien tant en situation "normale" ou "dégradée" qu'en situation "accidentelle"), et les points faibles (dysfonctionnements, source potentielle de dysfonctionnement, dans les différents cas de figure).
- une analyse portant sur l'efficacité des dispositions prises d'une part pour maintenir les points forts, et d'autre part pour améliorer les points faibles (mise en application des dispositions). Dans ce cadre, l'analyse du "retour d'expérience" (de l'expérience passée) est intéressante à examiner.

Dans les deux cas, l'approche de terrain est privilégiée de façon à mettre en évidence la réalité du travail et ses éléments de variabilité.

## Déroulement d'une étude FH orientée démonstration de sûreté

Les études Facteurs Humains conduites dans le champ de la sûreté nucléaire au CEA sont relatives à une installation donnée, et correspondent à des interventions du type "bilan de sûreté dans le domaine des facteurs humains". L'intervention comprend les étapes suivantes, qui correspondent pour partie, au schéma "classique" d'une intervention ergonomique :

- établissement d'un diagnostic de la situation de l'installation d'un point de vue facteurs humains et organisationnels ;
- propositions d'amélioration et suivi de leur mise en œuvre.

Le diagnostic comprend deux volets. Le premier permet de bien cerner la situation générale de l'installation. Le deuxième est destiné à étudier précisément certaines activités de travail sensibles vis-à-vis de la sûreté.

Les deux niveaux d'étude se caractérisent respectivement par l'examen :

- des grandes activités de l'installation qui contribuent à garantir sa sûreté (la maintenance, le retour d'expérience, la gestion documentaire, le processus de formation, ...) ou font l'objet d'analyses de sûreté (les expérimentations, la gestion des matières nucléaires, les manutentions de combustible,...). Les caractéristiques générales de la population de l'installation sont également abordées dans ce cadre. Cette approche qui pourrait être qualifiée de "macroscopique", aborde la "politique" générale menée par l'installation vis-à-vis des thématiques facteurs humains.
- des situations de travail (approche microscopique) en s'intéressant en particulier aux activités de travail présentant des opérations sensibles du point de vue de la sûreté. L'examen des opérations sensibles vise à étudier les défaillances/difficultés au poste de travail, à évaluer leur impact sur la sûreté, à s'interroger sur les causes des difficultés, en

vue de mieux apprécier les éléments qui inhibent ou contribuent à leur prévention, leur détection voire in fine à la limitation de leurs conséquences.

Plus précisément, la notion d'opération sensible renvoie aux activités de travail au cours desquelles la non réalisation d'une action ou la réalisation inadéquate d'une action par un opérateur (défaillance de l'action), est susceptible de conduire à des conséquences pour la sûreté de l'installation. L'analyse des causes possibles à l'origine de la "défaillance" ou du "dysfonctionnement de l'activité de travail" doit être élargie au contexte global de réalisation de l'activité, notamment pour dépasser la notion réductrice "d'erreur".

Il s'agit alors de s'assurer que les dispositions "particulières" prises en termes de prévention, détection, récupération (limitation des conséquences) d'un éventuel dysfonctionnement en lien avec l'activité de travail et des causes associées, sont satisfaisantes et de les compléter si nécessaire. Cette démarche applicable en analyse de sûreté, répond au principe générique de "défense en profondeur" qui vise à mettre en place des niveaux de défense emboîtés pour gérer les différents stades d'une situation du mode de fonctionnement normal au mode de fonctionnement dégradé ou incidentel.

On constate qu'il y a souvent nécessité d'introduire un mouvement itératif entre ces deux approches complémentaires du diagnostic.

La complémentarité porte sur plusieurs aspects :

#### La méthodologie :

→ l'approche "macroscopique" s'appuiera essentiellement, sur des entretiens balayant les différents thèmes couverts par les grandes activités, auprès d'un ensemble d'interlocuteurs "représentatif" des différentes fonctions et métiers de l'installation. Ces entretiens sont préparés sur la base des documents formels qui font eux-mêmes l'objet d'un examen attentif (référentiel de sûreté, notes d'organisation,..). La participation "à titre d'observateur" à certaines réunions ou actions menées dans l'installation rentre dans ce cadre.

→ l'approche "microscopique" s'appuiera essentiellement sur des observations des situations de travail permettant de dégager les caractéristiques des activités de travail. Les observations sont complétées par des entretiens avec les acteurs concernés, les entretiens étant centrés sur la réalisation des activités de travail. Les observations sont mises en relation avec la documentation utilisée au poste de travail, les traces de l'activité (cahier de relevé d'information, les formulaires renseignés,...).

#### Les éléments du diagnostic ne sont pas de la même nature :

→ l'approche "macroscopique" va permettre de dégager des éléments de diagnostic sur des dispositions générales de l'installation. Par exemple : pas de système formalisé pour la gestion des modifications de documents ; pas de prise en compte des composantes de l'activité de travail dans les projets de conception de l'installation ; existence d'une formation à la sûreté-criticité mais ne répondant pas suffisamment aux préoccupations de terrain. Ces éléments vont orienter l'analyse des situations de travail.

→ l'approche "microscopique" va permettre de dégager des éléments de diagnostic relatifs aux dispositions particulières à un poste de travail donné, ou à un ensemble de postes de travail ou encore à un type d'activité transverse aux différents postes de l'installation. Le

diagnostic local mettra en évidence des points du type par exemple : le point 3 de procédure d'exploitation n°XX n'est pas cohérent avec la réalité du terrain qui montre que ... ; l'équipement YY ne dispose pas d'éléments d'informations visible pour l'opérateur concernant le niveau de liquide dans les tuyauteries ; ...). Les éléments issus de l'analyse des activités sensibles vont orienter le questionnement à un niveau plus générique sur l'installation.

La démonstration de sûreté s'appuie sur les deux dimensions du diagnostic, même si la partie relative aux dispositions spécifiques aux postes de travail, selon le principe de défense en profondeur rentre davantage dans le "schéma classique" de l'analyse de sûreté. Les éléments issus de l'analyse "macroscopique" apportent par ailleurs un éclairage intéressant sur les organisations dans leur fonctionnement global, que l'approche aux postes de travail n'aborde que partiellement.

### **Propositions d'amélioration et suivi de leur mise en œuvre**

Les propositions d'amélioration portent sur les leviers d'amélioration à mettre en place et le processus de suivi des résultats obtenus. Ces leviers d'amélioration seront de nature "macroscopique" ou "microscopique". A titre d'exemple, quelques axes d'amélioration qui ont pu être proposés dans le cadre d'études au CEA :

- la mise en place d'actions de formation génériques ou spécifiques à certains postes,
- la nécessité de mener une réflexion sur le contenu de la formation par "compagnonnage";
- l'introduction dans certaines activités de points de contrôle ou encore la révision de certains d'entre eux pour mieux prendre en compte la réalité du contexte de travail ;
- la mise en place d'outils de planification communs aux différents métiers qui s'exercent sur une installation et permettant de partager une culture de sûreté commune ;
- l'introduction d'une démarche d'accompagnement ergonomique lors de la modification ou de la conception de postes de travail ;
- la clarification du rôle attendu des "acteurs" en termes de partage des responsabilités ;
- la mise à disposition de supports d'informations permettant un suivi des informations importantes au poste de travail ;
- la réorganisation de la surveillance des alarmes.

Le suivi des propositions d'amélioration concerne les ajustements éventuels à réaliser dans la mise en œuvre des leviers d'amélioration du fait de déplacements non prévisibles de problèmes. Le suivi est important car l'organisation et les êtres humains sont des éléments qui génèrent des réponses d'adaptation aux changements auxquels ils sont soumis même s'ils sont intégrés au processus de changement.

### **RÉTRO-ÉTUDE FACTEURS HUMAINS – ACCIDENT DE TOKAI MURA**

L'exercice proposé consiste à imaginer à partir des éléments connus du fonctionnement de cette installation nucléaire, ce qu'aurait permis de dégager une étude facteurs humains menée quelques mois avant l'accident et ce qu'elle aurait pu apporter.

#### **Contexte de l'accident**

Un accident de criticité est survenu le 30 septembre 1999 dans une usine de fabrication de combustibles nucléaires à Tokai Mura au Japon.

Les opérateurs réalisaient un travail de dissolution de poudre d'uranium enrichie à 18,8 % en isotope 235 dans de l'acide nitrique afin d'obtenir du nitrate d'uranyle. Deux opérateurs remplissaient une cuve avec un seau de poudre d'uranium qui fut versé sept fois. Au cours de la dernière vidange, l'un des opérateurs observa un flash bleu caractéristique d'un accident de criticité (effet Cerenkov). Des neutrons ont alors été émis en très grande quantité, ce qui a entraîné la mort, à terme, des deux opérateurs.

### Rétro-étude facteurs humains

Dans le cadre de l'approche macroscopique, l'activité "production de combustible" aurait vraisemblablement été étudiée, en s'intéressant aux principes d'organisation du travail, aux caractéristiques de la population, à la formation mise en œuvre, au processus de gestion de la documentation opératoire. L'étude aurait alors diagnostiqué des conflits sécurité/productivité, des défauts dans l'organisation et la gestion des risques de criticité. Sur la base de ce diagnostic, les propositions d'amélioration auraient pu porter sur : la redéfinition claire des règles du jeu quant à l'équilibre sécurité ↔ productivité, avec en particulier un management intégrant la problématique de sûreté.

Dans le cadre de l'approche microscopique, le "poste de travail de dissolution" aurait pu être retenu au titre des activités de travail intégrant des opérations sensibles, compte tenu du risque d'accident de criticité associé, en particulier lors du remplissage de la cuve. Le type de défaillances dans la réalisation de l'opération de remplissage aurait ainsi pu être : le dépassement de la quantité prévue et autorisée dans la cuve associé par exemple aux difficultés d'accessibilité au poste de travail (déséquilibre et les crampes éventuelles des deux opérateurs).

L'étude aurait pu mettre en évidence, en termes de prévention :

- points faibles : des compétences très focalisées sur un seul type d'opération de production (uranium enrichi à 5 %), absence d'analyse de risque liée au changement d'activité, poste de travail mal conçu, pas d'affichage de consignes au poste de travail.
- points forts : des compétences dans le domaine de la dissolution de produits.

En terme de limitation des conséquences :

- points faibles : manque d'entraînement au rattrapage d'un incident ;
- points forts : habitude de travailler ensemble.

Les propositions d'amélioration dans les domaines suivants auraient pu être faites :

- poste de travail : disposition spatiale du poste de travail, affichage des consignes, moyens spécifiques pour s'assurer du suivi de la masse de produit, réorganisation du travail dans l'équipe.

### INTÉRÊTS, LIMITES ET DIFFICULTÉS DE MISE EN OEUVRE

Le caractère démonstratif et réglementaire des études menées dans le cadre d'une "démonstration de sûreté en matière de FH" placent les interventions dans un nouveau contexte par rapport à ceux plus classiques rencontrés par les ergonomes. Nous soulignerons notamment les points suivants :

- la nature de la "demande" : il ne s'agit pas d'une demande résultant d'un problème à résoudre. D'une certaine façon, le contexte réglementaire s'impose. L'exploitant se doit de démontrer que les dispositions d'ordre FH ou organisationnels qui sont en place ou qui vont être engagées à l'issue du diagnostic, garantissent le maintien de l'installation dans un état sûr ;
- l'absence de "normes" et/ou de référentiel dans le domaine FH qui permettent d'appuyer la démonstration : sur les aspects techniques, l'analyse de sûreté va se référer dans un certain nombre de cas à des critères relativement "discretisables" tels que par exemple des seuils de valeurs physiques, des paramètres de résistance de tel matériau, ... L'appréciation de ces critères permet de se prononcer sur leur acceptabilité vis-à-vis des "normes" de sûreté. Même si cette comparaison avec les aspects techniques est un peu simplificatrice, il semble cependant que la norme est plus difficile à établir en ce qui concerne les hommes et les structures d'organisation, pour lesquels les critères à atteindre ne sont pas facilement rendus opérationnels ;
- l'analyse des opérations sensibles et des défaillances humaines associées, développée dans la partie du diagnostic "microscopique", ne doit pas conduire à une approche exclusivement centrée sur "l'erreur humaine", "l'homme producteur d'erreur" ; la partie macroscopique du diagnostic contribue à ce titre à élargir l'approche et à prendre en compte des éléments d'organisation plus généraux ;
- l'équilibre à trouver entre la nécessité "d'apporter des preuves", de leur donner un caractère "inspectable" vis-à-vis de l'autorité de sûreté, et les marges de manœuvre, la place à laisser au fonctionnement "informel" dans les situations de travail (exemple de l'effet pervers de la procéduralisation poussée) ;
- le risque de ne se focaliser que sur les aspects en lien avec la sûreté au détriment d'autres points ;
- le risque d'une certaine déception par rapport aux attentes des acteurs : la sûreté peut se traduire parfois par des exigences lourdes à gérer du point de vue de la charge de travail au poste de travail. Ces exigences sont notamment en lien avec des conséquences potentielles d'accident qui sont parfois éloignées des problématiques de terrain vécues au quotidien.

Néanmoins, malgré le caractère "réglementaire" de ce type d'études et les limites sur lesquelles il faut rester vigilant, le premier retour d'expérience dans le domaine tend à montrer que les études ainsi engagées, créent une dynamique de réflexion sur le travail, dans les installations, tout à fait favorable au développement de la "culture" de sûreté et à la construction d'une approche compréhensive des difficultés rencontrées dans les situations de travail.