notes

Système-expert d'aide au diagnostic et à la décision en radioprotection *

M. GRATEAU-CHAIX, B. DESBRIÈRE **

(Manuscrit reçu le 21 juin 1988)

RÉSUMÉ

La plupart des installations nucléaires sont actuellement équipées de systèmes de contrôle des rayonnements sophistiqués délivrant des informations directement exploitables par la radioprotection et gérées le plus souvent par un ordinateur. En tant que radioprotectionnistes d'un réacteur de recherche, il nous a paru utile de développer une aide informatique intelligente qui, à partir des informations du système de contrôle, réalise automatiquement et sans subir l'état de crise, le diagnostic de la situation et aide les agents dans leur prise de décision au niveau des actions à entreprendre pour assurer la sécurité du personnel et la sauvegarde de l'environnement. La solution technique adoptée est le système-expert, solution d'intelligence artificielle reposant sur la séparation entre la partie programmation, le système de contrôle simulant un raisonnement humain et la partie base de connaissances contenant l'expertise sous forme essentiellement de règles "si..., alors...". La réalisation d'un tel système a permis une meilleure connaissance de la radioprotection de l'installation et une sorte d'archivage dynamique de cette connaissance. Le système servira de moyen de transmission de l'expertise vers les futurs radioprotectionnistes de l'installation. D'autre part, un tel système est prévu au niveau du Centre d'études nucléaires de Grenoble pour gérer les incidents du Centre et aider les responsables dans leur prise de décision au niveau de la sécurité du personnel du Centre et au niveau de la sauvegarde de son environnement.

ABSTRACT

Most nuclear facilities now have sophisticated radiation monitoring systems providing information which can be used directly for radiation protection purposes and which is usually managed by a computer. As radiation protection experts at a research reactor, we thought it useful to develop a computerized intelligent system which would use the data provided by the monitoring system to make an automatic diagnosis of the situation, without being affected by the state of emergency, and to assist officers in deciding on the actions to be taken to

* Communication présentée à l'International conference on Radiation protection in nuclear energy de l'AIEA, Sydney, 18-22 avril 1988 (IAEA-CN-51/15) et prix SFRP 1988.

** Commissariat à l'énergie atomique, Service de protection contre les rayonnements, Centre d'études nucléaires de Grenoble, BP 85 X, 38041 Grenoble Cedex.

ensure the safety of personnel and the protection of the environment. The technical solution adopted is an expert system, based on a separation between the programming part, the control system simulating human reasoning, and the knowledge base containing the expert knowledge, largely in the form of "if..., then..." rules. The development of such a system has improved knowledge about radiation protection aspects of the facility and has permitted a sort of dynamic storage of this knowledge. The system will be used as a means of transmitting expert information to future radiation protection officers at the facility. A similar system is also planned for the entire Grenoble Nuclear Research Centre, to control incidents as the Centre and to assist those responsible in taking decisions to ensure the safety of personnel at the Centre and the protection of its environment.

INTRODUCTION

La plupart des installations nucléaires sont maintenant équipées de système de surveillance, contrôle et alarme de radioprotection très sophistiqués, permettant de s'assurer en temps réel de la sécurité radiologique de leur personnel et de leur environnement.

Schématiquement, on peut décrire ces systèmes de surveillance de radioprotection de la façon suivante :

- un ensemble de capteurs disséminés de façon judicieuse dans l'installation, chaque capteur ayant la charge de surveiller un risque particulier existant à l'endroit où il se trouve (irradiation gamma, neutron, gaz, aérosols) ;
- une électronique de traitement associée soit à un capteur, soit à un ensemble de capteurs, chargée d'élaborer à partir du signal brut en provenance du capteur un signal "de haut niveau" directement exploitable par le radioprotectionniste (valeur en "limite maximale admissible", LMA), et de générer les alarmes en local ;
- un centralisateur, sur les réseaux les plus modernes, regroupant l'ensemble des signaux en provenance des électroniques de traitement. Ce centralisateur ou "tableau de contrôle des rayonnements" (TCR), piloté le plus souvent par un ordinateur, permet, par exemple, de gérer un synoptique de l'installation, d'actionner des sauvegardes automatiques, etc.

Siloé, un des réacteurs expérimentaux du Centre d'études nucléaires de Grenoble (CENG) est pourvu d'un tel TCR et nous sommes chargés en tant que radioprotectionnistes de l'installation de l'exploiter, d'assurer la sécurité du personnel et de l'environnement. En cas d'accident, le TCR délivre une vue instantanée de l'ensemble des alarmes dans les différents points de l'installation. Et c'est à nous, experts en radioprotection de l'installation, d'établir le diagnostic de l'accident et son évolution probable en concertation avec l'exploitant et de proposer des consignes en vue de circonscrire l'accident et de retourner à un état de sûreté. Malheureusement, nous ne sommes pas très nombreux, donc pas sur place 24 h/24 et en cas d'accident, nous devons intervenir en

situation de crise avec tous les paramètres néfastes que cela implique : stress, fatigue, flot rapide d'informations à traiter, avalanche de demandes auxquelles il faut répondre, etc.

Il nous a donc paru utile de développer une aide informatique possédant suffisamment de connaissances pour être elle-même un expert en radioprotection de l'installation et servant d'outil d'aide à la décision. L'avantage d'un tel système est d'être opérationnel 24 h / 24, insensible à la fatigue et au stress et particulièrement bien adapté pour traiter des flots importants de données. La solution technique retenue est le *système-expert* qui fait appel à des techniques d'intelligence artificielle (IA).

1. La technique *système-expert*

1.1. Qu'est-ce qu'un *système-expert* ?

Classiquement, on entend par *système-expert* un programme doté d'une grande masse de connaissances dans un domaine spécialisé, ces connaissances provenant généralement d'un expert humain et capable d'atteindre les performances de l'expert dans ce domaine. On peut dissocier deux parties :

- l'extraction des connaissances de l'expert à partir d'entretiens et la représentation de ces connaissances sous une forme compatible avec le traitement informatique ; ce travail est réalisé par un cogniticien ;
- la réalisation d'un outil informatique "générateur de *système-expert*" : l'informaticien élabore un programme simulant un ou plusieurs types de raisonnement humain et exploitant les connaissances rentrées par le cogniticien ; cet outil est indépendant du domaine traité.

Sa réalisation demande donc la participation d'experts, dans notre cas les agents de radioprotection du réacteur, et d'un cogniticien capable d'extraire les connaissances des experts et de les traduire sous forme compatible à l'outil informatique qu'il aura choisi.

1.2. Les connaissances de l'expert

L'extraction des connaissances constitue un élément clé de la réalisation d'un *système-expert* car "l'intelligence" de celui-ci en découle directement.

Elle peut être réalisée par l'expert lui-même. Mais il semble, cependant, plus facile de faire appel à une autre personne, le cogniticien, qui a pour lui l'avantage de voir le problème de l'extérieur, de connaître les techniques d'entretiens et les possibilités de l'outil informatique.

Quelle que soit la façon dont l'extraction et la représentation des connaissances se réalisent, ce travail est validé par l'expert lui-même en testant les réponses du système sur un certain nombre de cas types. Il peut ainsi vérifier que son expertise a bien été traduite et que rien n'a été omis.

En règle générale, les entretiens avec l'expert permettent de dégager plusieurs types de connaissances :

- les connaissances de type "livresque" qui dans notre cas représentent les données de l'installation et de son réseau de surveillance, elles sont faciles à acquérir et donc non spécifiques de l'expert ;
- les connaissances expertes proprement dites faisant largement appel à l'expérience de l'expert et qui lui permettent de réaliser le diagnostic ; ce sont elles qui distinguent l'expert et qui sont bien entendu les plus difficiles à extraire.

1.3. L'outil informatique

Il ne s'agit pas ici de détailler le fonctionnement et la structure d'un générateur de système-expert, mais d'en expliquer schématiquement les grandes lignes.

Tout système-expert se découpe en trois parties : une base de connaissances, une base de faits, un moteur d'inférence.

1. **La base de connaissances** contient toutes les connaissances extraites de l'expert qui lui permettent de réaliser le diagnostic. Dans notre cas, elle contient plusieurs types de connaissances :

- les connaissances expertes proprement dites représentées sous forme de règles de production : Si... Alors...,
- les stratégies de résolution de problèmes sous la forme de méta-règles qui jouent en particulier sur l'ordre d'exécution des règles,
- les connaissances de l'installation et du TCR sous forme de "frames",

2. **La base de faits** contient les données du problème à résoudre sous forme de faits manipulés par les règles et les méta-règles ;

3. **Le moteur d'inférence** constitue la structure de contrôle. Il est chargé d'exploiter la base de connaissances de façon à mener un raisonnement sur le problème posé en fonction du contenu de la base de fait qu'il enrichit au fur à mesure du déroulement du raisonnement. Dans notre cas, il simule deux types de raisonnement : le raisonnement déductif, appelé chaînage avant, le raisonnement dirigé par la recherche d'un but ou chaînage arrière. Il possède aussi la capacité de décrire sur listing son raisonnement de façon à expliquer à l'opérateur comment il trouve la solution du problème.

Les caractéristiques d'un moteur d'inférence et les différents types de représentation des connaissances possibles sont spécifiques d'un générateur. Le choix d'un générateur pour un système-expert donné est effectué lorsque l'extraction des connaissances est suffisamment avancée pour en déduire les types de connaissances manipulées et la façon dont elles sont utilisées.

2. Le système-expert d'aide au diagnostic et à la décision

L'objectif du système-expert est d'apporter une aide à l'équipe d'intervention au niveau du diagnostic de l'incident et au niveau de la prise de décision des actions à engager pour revenir à un état sûr du point de vue radioprotection.

Le système-expert tel qu'il a été développé tourne sur microordinateur compatible PCAT et est connecté directement sur le TCR dont il obtient automatiquement la configuration toutes les 6 secondes. A partir des valeurs et des seuils d'alarme de toutes les balises, il effectue donc en permanence un diagnostic de la situation. Il détecte toute évolution anormale et le signale immédiatement à l'agent en salle de contrôle.

Au cours de son raisonnement, il peut être amené à demander des informations complémentaires :

- réponse à une question précise,
- résultats d'analyse complémentaire telle que ceux d'une spectrométrie gamma.

Dans tous les cas, le système possède une page d'aide expliquant la façon d'obtenir le renseignement demandé ; il est d'autre part, toujours possible de répondre : "Je ne sais pas".

A partir de toutes ces informations le système-expert gère des messages d'évacuation et renseigne l'agent (soit SPR de permanence, soit ingénieur d'astreinte suivant le choix fait au moment de la "construction") sur le type de l'incident (irradiation, contamination...), le lieu concerné et la cause probable. Puis il indique les actions à mener pour assurer la sauvegarde et le retour à un état sûr.

En cas d'incident dont les conséquences peuvent dépasser les limites du réacteur, le système-expert évalue rapidement les doses engagées pour la population et, selon les valeurs, conseille la mise en place de mesures de sauvegarde de cette population (confinement, évacuation).

Dans l'état actuel, le système-expert réalise le diagnostic de la majorité des incidents possibles et ses résultats sont suffisamment probants pour être réellement utiles en cas d'incident. Cependant, si le travail sur l'enrichissement de la base de connaissances doit permettre encore d'augmenter la précision et la fiabilité des diagnostics et des consignes proposés par le système, il est nécessaire de rechercher une meilleure prise en compte du paramètre temporel pour que le système ait une bonne adaptation aux phénomènes évolutifs. D'autre part, on envisage d'étendre ce genre de système à l'ensemble des installations nucléaires de base du Centre d'études nucléaires et de réaliser un système-expert global situé au PC de sécurité du Centre qui aide les responsables du Centre dans leurs prises de décision en cas d'incidents concernant une ou plusieurs installations.

3. Apports du système-expert

Outre l'aide au diagnostic et à la décision utilisée aussi bien par les équipes d'intervention que par les experts eux-mêmes, le système apporte une meilleure connaissance de la radioprotection du réacteur, du fait qu'il est le fruit d'une réflexion approfondie et "à froid" de tous les agents de radioprotection du réacteur sur les incidents possibles et leurs analyses.

Il constitue, par voie de conséquence, un moyen idéal pour un archivage dynamique des connaissances et bien entendu pour une transmission de l'expérience acquise par les experts actuels vers leurs futurs remplaçants. Ce transfert des connaissances est, en effet, très facilité par la capacité du système à expliquer étape par étape son raisonnement et par le module de simulation de configurations incidentelles du TCR adjoint au système. On peut d'ailleurs envisager d'aller plus loin pour aider à la compréhension des diagnostics et à la formation des agents en insérant dans la base de connaissances des règles adéquates de telle façon que le système puisse servir de base à un enseignement et à un entraînement des équipes.

CONCLUSION

Le système-expert développé montre l'intérêt de cette technique au niveau du suivi en temps réel de l'état de l'installation. Il apporte une aide efficace, fiable et rapide aux équipes d'intervention et aux agents de l'installation au niveau du diagnostic de la situation présente et au niveau de la prise de décision pour mettre en place les mesures de sauvegarde du personnel et de l'environnement de l'installation.

D'autre part, il a occasionné une réflexion approfondie sur les incidents et leurs analyses et a conduit à la formation d'une base de connaissances contenant toute l'expérience acquise par les agents. Elle permettra une meilleure transmission des acquis entre ces agents et leurs futurs remplaçants.

A l'échelle du Centre d'études nucléaires de Grenoble, un système-expert de ce type sera construit afin de gérer au niveau global un incident concernant une ou plusieurs installations et d'aider les responsables du Centre dans leur prise de décision concernant la sauvegarde du personnel de tout le Centre et des populations environnantes.