

La nucléo-énergétique et la révolution électronique

*Des systèmes vidéo aux robots,
les appareils électroniques influent sur l'exploitation des centrales nucléaires*

par Leonard Konstantinov, James Joosten et Vladimir Neboyan

Aujourd'hui, un des éléments dominants de l'exploitation des centrales nucléaires est la rapidité étonnante avec laquelle on invente et emploie des moyens informatiques qui conduisent à modifier constamment la conception tant de l'instrumentation que des systèmes de commande et de sûreté des centrales nucléaires. Cette évolution rapide s'est faite sur une vingtaine d'années environ.

A l'heure actuelle, il existe une demande croissante d'appareils de mesure et de commande offrant une très haute fiabilité et une très grande efficacité pour un coût raisonnable et permettant aux centrales nucléaires d'atteindre économiquement un haut degré de disponibilité. Pour répondre à cette demande, on met tout en œuvre pour exploiter des nouveaux appareils électroniques bien adaptés aux besoins des réacteurs, de dimensions réduites, ne nécessitant que peu d'énergie et résistant bien aux conditions particulièrement éprouvantes d'une centrale nucléaire.

Un micro-ordinateur par exemple permet de se brancher sur une alimentation de secours par batterie qui assure la continuité de fonctionnement de la centrale pendant les interruptions du courant électrique. Il est en outre extrêmement fiable, son temps de réaction aux pannes étant de 10 à 100 fois inférieur à celui des ordinateurs classiques et sa durée de vie utile étant du même ordre que celle d'une centrale nucléaire.

L'emploi intensif d'ordinateurs est également un bon moyen de surveiller et de contrôler l'exploitation d'une centrale et des progrès fondamentaux ont été réalisés dans les systèmes chargés d'aider les opérateurs. Dans ce domaine de recherche, les analyses des dérangements qui se produisent dans les centrales ainsi que le diagnostic de l'état de la centrale figurent au nombre des principaux objectifs. La mise en place de micro-processeurs dans les systèmes de protection facilite également l'application de stratégies de défense dite en profondeur qui donnent une meilleure assurance que les systèmes réagissent correctement et permettent en outre de ne pas procéder inutilement à des arrêts des réacteurs.

Les micro-ordinateurs et autres moyens techniques numériques tels que les circuits intégrés ont, il va sans dire, nécessité l'introduction d'un nouvel élément, à savoir le logiciel, qui peut avoir des défaillances comme

n'importe quel autre élément de système. Il a donc fallu valider le logiciel, problème qui, de toute évidence, se posera à nous avec une ampleur accrue, son immense complexité ne faisant que croître.

Historiquement, l'évolution des systèmes de commande informatisés est passée par trois étapes, qui correspondent pratiquement à trois générations. La fiabilité des générations précédentes de systèmes dits centralisés semble en général avoir été inférieure tant à celle des réacteurs proprement dits qu'à celle de leurs principaux équipements techniques.

Au début des années 1980, une nouvelle génération de systèmes de commande pour centrales nucléaires est apparue sur le marché. Ces nouveaux systèmes de commande sont des systèmes dits répartis qui ouvrent une ère nouvelle dans l'informatisation des centrales nucléaires vu les importants avantages qu'ils présentent. L'ordinateur central n'a plus à procéder à l'analyse compliquée et délicate d'opérations courantes, les micro-processeurs périphériques assurant la maintenance de toutes les tranches de la centrale. Ainsi, la responsabilité entre processeurs centraux et périphériques se trouve-t-elle répartie selon un système hiérarchisé qui augmente considérablement la fiabilité du système.

Systèmes de sûreté

Jusqu'à une date récente, on n'employait pas d'ordinateurs dans les systèmes spéciaux de sûreté. Pour de multiples raisons, notamment des problèmes de normalisation, les longs délais s'écoulant entre les avant-projets et la construction proprement dite, et certains doutes concernant la sûreté et la fiabilité des systèmes de pointe, l'industrie nucléaire n'avait pas adopté des techniques de commande d'avant-garde. La longue expérience acquise dans l'emploi de commandes numériques directes dans les systèmes de régulation des réacteurs ou des ordinateurs qui surveillent l'état des systèmes de sûreté et prennent à l'aide d'autres ordinateurs les décisions nécessaires, fait que la solution qui consiste à employer des systèmes d'arrêt entièrement informatisés semble parfaitement naturelle.

Pour que les autorités chargées des autorisations se rallient pleinement à cette solution, il a fallu beaucoup de travail pour mettre au point les normes applicables au matériel et au logiciel des systèmes de sûreté informatisés. L'inclusion de dispositifs numériques de calcul dans les systèmes importants pour la sûreté progresse activement dans de nombreux pays.

M. Konstantinov est Directeur général adjoint chargé du Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires. MM. Joosten et Neboyan sont membres de ce département.

Au nombre des avantages de ces dispositifs, nous citerons:

- Construction très compacte
- Modification facile de la logique
- Réalisation simplifiée des diverses méthodes automatiques d'essais
- Grande fiabilité
- Enregistrement des phénomènes qui se produisent après l'arrêt
- Possibilité d'exécuter des calculs mathématiques plus complexes qu'avec des circuits câblés
- Introduction de fonctions protectrices dans les systèmes de sûreté.

L'introduction de calculateurs dans les systèmes importants pour la sûreté augmente la disponibilité et la sûreté des centrales, les défaillances étant traitées avant qu'elles ne nécessitent des mesures correctrices, ce qui évite à l'opérateur de commettre des erreurs.

Analyse des bruits

Par ailleurs, les progrès rapides de la micro-électronique ont permis de réaliser des systèmes avec lesquels on peut surveiller directement les divers éléments d'une centrale en marche. A cet égard, on peut appliquer la technique de l'analyse des bruits aux systèmes de surveillance des centrales nucléaires. Cette technique permet également de détecter très tôt les détériorations et augmente la sécurité et la disponibilité des centrales. Un grand nombre d'expériences avec des signaux de bruit neutronique, de bruit thermique, de bruit de pression et de bruit acoustique ont été faites dans divers laboratoires et les bons résultats obtenus avec les dispositifs expérimentaux sont le signe que certains pays ont commencé à appliquer dans la pratique des systèmes de surveillance reposant sur la technique d'analyse des bruits et que de nombreux autres sont sur le point de le faire.

Simulateurs

Les avantages qu'offrent des systèmes de calcul puissants et peu coûteux, joints aux progrès rapides des techniques de modélisation, ont également mis les simulateurs de centrales nucléaires à la portée d'un nombre toujours croissant d'utilisateurs.

Depuis la première réunion de spécialistes de l'AIEA sur les simulateurs de formation, tenue en 1976, un grand nombre de nouveaux simulateurs de ce genre ont été mis en service et leur exploitation a permis de recueillir une vaste expérience. A l'heure actuelle, quelque 100 simulateurs de formation représentant des centrales nucléaires complètes sont en usage ou en cours de construction de par le monde et leur nombre augmente rapidement. De nombreux simulateurs limités aux principes de base, à certaines tâches partielles et autres opérations bien délimitées sont également en usage et l'on peut dire que les stages sur simulateur constituent un élément indispensable de la formation des opérateurs dans la plupart des pays qui exécutent ou entreprennent des programmes nucléo-énergétiques.

Interface homme-machine

La complexité des centrales nucléaires ne faisant que croître d'une manière générale et l'homme ayant toujours plus de difficultés à acquérir toutes les connais-

sances nécessaires aux opérations de surveillance, de commande et de diagnostic qu'elles supposent, on comprend fort bien pourquoi on accorde aujourd'hui autant d'attention à l'interface homme-machine, tant pour l'exploitation normale des centrales qu'en cas d'accident.

La nécessité d'améliorer l'interface entre l'homme et la machine est apparue depuis quelque temps comme capitale, l'erreur humaine, ainsi qu'on en a eu la preuve, étant un des principaux facteurs d'accidents. C'est ce qu'ont confirmé les analyses de risques ainsi que l'accident survenu à la centrale de Three Mile Island et d'autres phénomènes anormaux observés dans des centrales nucléaires.

Par ailleurs, les rapports entre l'homme et la machine jouent un rôle de plus en plus important car les nouveaux instruments et systèmes de commande peuvent être facilement adaptés aux besoins des opérateurs. L'interface homme-machine du système informatisé d'aide à l'opérateur fournit à ce dernier des renseignements sur l'intégrité de la centrale, établit des diagnostics sur son état, recommande et exécute les mesures correctrices et confirme que la centrale a recouvré son intégrité.

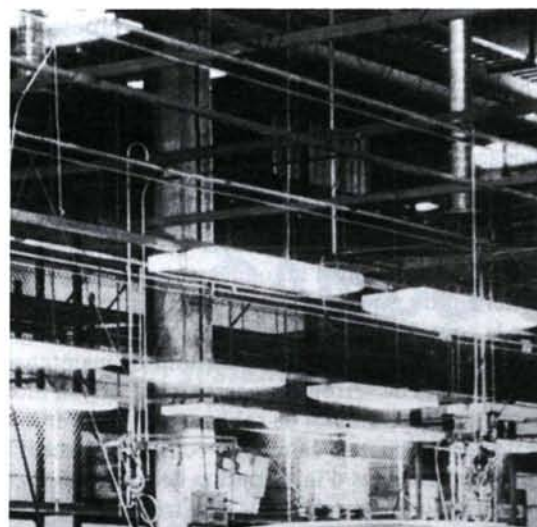
Les premiers résultats obtenus dans ce domaine semblent bien augurer de l'introduction de nouvelles techniques et méthodes dans ce secteur important que sont les communications entre l'homme et la machine, mais il faut encore plus d'expérience pour décider comment se présentera la salle de commande de demain.

Robots et systèmes de commande à distance

Les récents progrès accomplis dans les appareils de commande électronique ont été accompagnés de réalisations spectaculaires dans le domaine de la robotique. Jusqu'à tout récemment, les robots étaient en grande partie confinés aux écrits de science fiction. L'industrie de la robotique s'est développée lentement, ses applications étant limitées et les réalisations très coûteuses. De nos jours cependant, les choses progressent rapidement car les compagnies d'électricité ont commencé à étudier la possibilité d'employer des robots dans les centrales nucléaires.

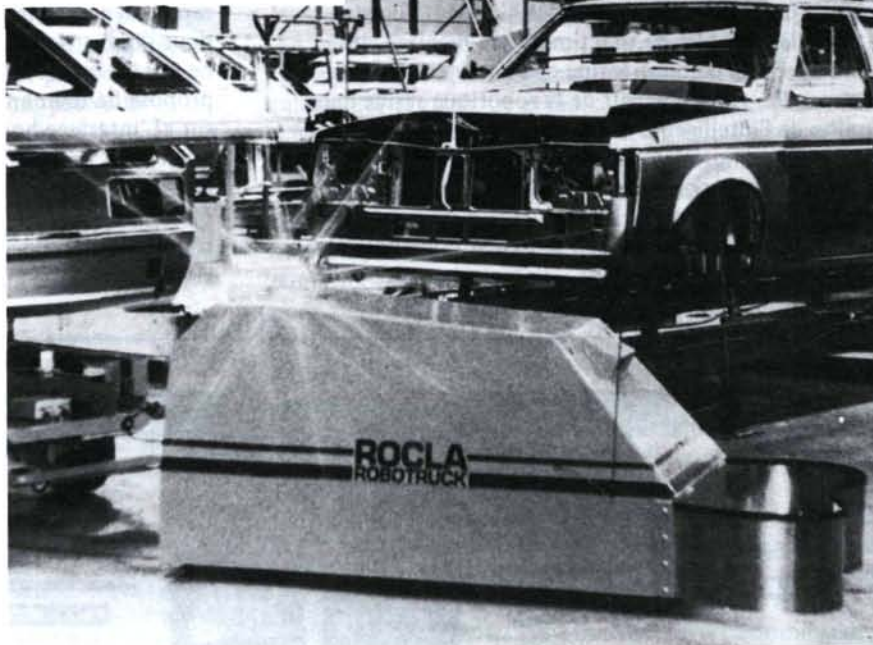
Une des raisons les plus évidentes de ce changement d'attitude est que les robots peuvent fonctionner dans des conditions dangereuses à de fortes températures, à des degrés hygrométriques élevés et dans les zones à fort rayonnement qui existent dans les centrales nucléaires. Dans de telles zones, les conditions de travail sont difficiles, peu propices à un travail de haute qualité, l'homme, qui peut difficilement y accéder, étant très gêné par ses vêtements protecteurs.

Dans quelques cas, les robots peuvent exécuter leurs tâches mieux que des hommes ne pourraient le faire. Dans d'autres cas, ils permettent d'augmenter la disponibilité des centrales en détournant du chemin critique certaines opérations qui autrement exigeraient une mise à l'arrêt. Par exemple, certaines tâches de surveillance et de maintenance dans l'enceinte de confinement du réacteur, auxquelles on ne peut normalement procéder que si le réacteur est arrêté, peuvent être exécutées par des robots alors que la centrale continue à fonctionner. Les robots présentent en outre l'avantage d'être infatigables, de ne pas connaître de «mauvais jours» et de pouvoir fonctionner sans interruption lors d'une panne.



Témoignage de l'intérêt croissant de l'industrie pour les utilisations des systèmes robotiques: un chariot élévateur robot fonctionne sur une chaîne de montage d'automobiles en Finlande, tandis que, dans l'industrie nucléaire, des chercheurs mettent le robot Odex à l'épreuve à l'Electric Power Research Institute (Etats-Unis).

(Photo: Tech Ops, Inc.; en cartouche, Odetics, Inc.)



Dans les applications nucléaires où des mesures d'assurance de la qualité sont indispensables et souvent coûteuses, ils présentent l'avantage d'être fiables, précis et de pouvoir répéter à l'infini les opérations pour lesquelles ils ont été conçus.

Les efforts faits actuellement de par le monde pour optimiser les doses engagées de rayonnements et réduire les expositions au niveau «le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre» sont une raison supplémentaire qui incite à pousser les applications de la robotique. Jusqu'ici on a essayé ou proposé six robots pour assurer le nettoyage du réacteur endommagé de Three Mile Island (TMI-2). En novembre dernier, par exemple, on a introduit dans le sous-sol du bâtiment très contaminé où se trouve le réacteur un robot d'inspection appelé RRV. Avant l'entrée du robot, il avait été impossible de constater l'état des lieux depuis l'accident en 1979, seules des vues partielles ayant pu être faites à l'aide de petites sondes optiques.

Les réalisations récentes en matière de robotique nucléaire portent surtout sur les trois grands domaines suivants: surveillance, inspection et maintenance. Dans les domaines de la surveillance et de l'inspection, un

certain nombre de prototypes ont été fabriqués et sont actuellement soumis à des essais d'applications pratiques. Un de ces robots peut mesurer en permanence les rayonnements, la température et l'humidité relative. Il peut monter les escaliers, passer dans des passages étroits et de faible hauteur, détecter les fuites de vapeur à l'aide de ses capteurs acoustiques, lire les appareils de mesure avec ses caméras vidéo et prélever jusqu'à 18 échantillons de frottis de contamination radioactive.

Des petits robots mobiles de surveillance sont également en cours de réalisation pour des tâches de sécurité telles que le patrouillage du périmètre d'un bâtiment. Il existe depuis quelque temps déjà des robots capables d'inspecter les soudures d'une cuve de réacteur, mais on en réalise de nouveaux pour d'autres parties des centrales, telles que celles où peuvent se produire des fissurations de boucles des réacteurs à eau bouillante et où il est très difficile de procéder à des inspections.

L'application de la robotique à la maintenance des centrales nucléaires est peut-être un des domaines où les réalisations à venir sont les plus prometteuses. Dès 1983, on a employé des robots dotés de buses d'arrosage à haute pression pour décontaminer les murs et les

planchers de la centrale de Three Mile Island-2 et l'on envisage de recourir à un dispositif télécommandé de piquage du béton pour le sous-sol de l'enceinte de confinement. Il existe depuis peu de temps des robots capables d'inspecter et de réparer les tubes de générateurs de vapeur, ce qui évite d'envoyer des hommes se plonger dans les milieux à fort rayonnement qu'on trouve à l'intérieur du générateur. Les études faites indiquent que le coût des robots employés pour le nettoyage de la cavité du réacteur et les opérations de maintenance des systèmes de verrouillage serait récupéré en moins d'une année. L'emploi de robots pour la soudure devrait également permettre de réduire considérablement le nombre des heures d'interruption des centrales.

Le fin du fin en robotique sera très probablement la mise au point de machines dotées d'une intelligence artificielle, capables de fonctionner de manière autonome avec une certaine forme de raisonnement auto-commandé. Ainsi, l'avenir de la robotique réside dans l'union de l'intelligence artificielle et de la machine. On peut escompter qu'au tournant du siècle, l'usage de robots guidés par des opérateurs sera généralisé, mais la plupart des experts estiment que la mise en service systématique de robots autonomes n'aura lieu que dix ou vingt ans plus tard.

Toutes ces innovations sont évidemment très coûteuses et nécessitent beaucoup de personnel et de recherches en sorte que c'est là un défi, même pour les grands pays industriels. Cela étant, il serait de l'intérêt de tous les pays, et notamment des pays en développement, de mettre pleinement à profit la politique de l'AIEA qui vise à favoriser une coopération et un échange d'expérience à l'échelon international dans ce domaine.

Depuis le début des années 1970, l'AIEA a organisé toute une série de rencontres de spécialistes et de colloques dans le domaine de l'instrumentation et de la commande afin qu'il soit possible d'échanger des renseignements techniques.

Les innovations en matière de composants électroniques et de processeurs programmables évoluant rapidement, et l'intérêt que présente la robotique, tant pour l'industrie nucléaire que pour d'autres industries, ne faisant que croître dans le monde entier, l'Agence se propose de tenir en 1987 une conférence internationale sur «L'interface homme-machine dans l'industrie nucléaire: contrôle-commande, robotique, intelligence artificielle». Les articles publiés dans ce numéro du *Bulletin de l'AIEA* peuvent servir d'introduction et de toile de fond à de nombreux sujets dont traitera la conférence.

