

# Utilisation des ordinateurs pour la fiabilité de la commande des centrales nucléaires

par G. Sitnikov\*

Au cours des dernières années, des progrès rapides et importants ont été faits en matière de commande et d'instrumentation des centrales nucléaires, les exigences concernant la sûreté, la disponibilité et la fiabilité des réacteurs ayant augmenté. L'introduction de nouvelles méthodes de mesure et de commande, ainsi que de nouvelles techniques de traitement des données basées sur les progrès récents accomplis dans le domaine des composants électroniques, des détecteurs et des ordinateurs, a permis de concevoir et de mettre au point des systèmes modernes hautement automatisés.

Il existe maintenant une nouvelle génération de systèmes automatisés de commande des centrales nucléaires qui satisfont aux exigences strictes en matière de sûreté des réacteurs et réduisent les risques d'accident.

Deux colloques organisés par l'AIEA en 1973 et 1978 sur la commande et l'instrumentation des centrales nucléaires avaient donné l'occasion d'un échange international d'informations sur la question. Un troisième colloque sur le même sujet\*\*, tenu à Munich, a donc suscité un grand intérêt, comme il ressort du nombre et de la qualité des mémoires présentés.

Les séances techniques ont montré qu'une expérience très utile a été acquise dans le domaine général de l'interface homme-machine. Les nouvelles conceptions des salles de commande font largement appel aux techniques d'analyse numérique et ont été soumises à une analyse ergonomique détaillée. L'une des conséquences admises de ces études est que les procédures d'exploitation doivent être ajustées. A l'heure actuelle, on estime essentiel que les opérateurs jouent un rôle actif dans la conception des salles de commande afin d'améliorer non seulement la sûreté et la fiabilité des centrales, mais aussi les conditions de travail des opérateurs. Les salles de commande sont si complexes que la construction d'un modèle est justifiée, malgré le coût élevé. Du fait des progrès considérables qui ont été réalisés en matière de conception des salles de commande, les anciennes salles devraient, dans beaucoup de cas, être renouvelées ou même complètement reconstruites.

Ce n'est là qu'un aspect du problème du vieillissement des appareils de commande et de l'instrumentation des centrales construites il y a dix ou quinze ans. Dans beaucoup de cas, il faudra modifier radicalement les systèmes de commande et l'instrumentation de ces centrales. Ces modifications sont possibles, étant donné qu'il est relativement simple de remplacer l'équipement électrique; bien que leur coût puisse être extrêmement élevé dans certains cas, il est justifié par l'amélioration de la sûreté qui en résulte.

Il est maintenant généralement admis que les appareils de commande et l'instrumentation pourraient

\* M. Sitnikov travaille à la Section du génie des réacteurs de la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'Agence.

\*\* Colloque international sur la commande et l'instrumentation des centrales nucléaires, organisé par l'AIEA à Munich (République fédérale d'Allemagne), du 11 au 15 octobre 1982.

être révisés et remplacés plusieurs fois pendant la durée de vie d'une centrale nucléaire. La conception des systèmes de commande est continuellement améliorée du fait du progrès technique.

La construction de centrales nucléaires clé en main pose certains problèmes spécifiques dans les pays en développement. Les installations d'entretien se sont quelquefois avérées inadéquates parce que les services de soutien étaient insuffisants. D'importants investissements ont été nécessaires pour améliorer le fonctionnement des centrales, bien que la plupart du capital n'ait pas été disponible à cette fin.

Beaucoup de pays ont entrepris des recherches de grande ampleur sur des systèmes avancés d'aide aux opérateurs dans les conditions normales et anormales de fonctionnement de la centrale. Presque toutes ces études en sont au stade de la planification, de la conception ou des essais de simulation, ce qui montre non seulement que les progrès dans ce domaine sont très rapides, mais aussi qu'il existe encore un vaste champ d'investigation dans lequel il faut trouver des idées ou des techniques nouvelles. Les mémoires présentés au colloque décrivaient certains systèmes d'aide aux opérateurs, principalement pour l'analyse des défauts de fonctionnement, l'affichage des paramètres de sûreté, la fourniture d'indications aux opérateurs et le diagnostic des centrales. Les applications spécifiques de ces systèmes dépendent du type de réacteur, des normes de sûreté et de la réglementation nucléaire des divers pays.

La variété des systèmes d'aide aux opérateurs et la diversité des conceptions indiquent qu'il reste encore beaucoup de recherches à faire et qu'il pourrait être très utile d'intensifier les échanges internationaux de renseignements sur la question.

Plusieurs sociétés japonaises sont en train de mettre au point un système automatisé complet d'aide aux opérateurs, tant pour les réacteurs à eau légère sous pression que pour les réacteurs à eau bouillante. Ce système utilise de nombreuses techniques avancées de traitement et d'affichage de l'information, faisant un emploi intensif d'écrans de visualisation et de simulateurs. Des efforts considérables sont consacrés à trouver des moyens de fournir à l'opérateur des renseignements utiles et précis sur l'état de la centrale. Il ressort de la discussion que l'investissement nécessaire à la mise au point du système s'élèvera à environ 30 millions de dollars des Etats-Unis sur une période de cinq ans. Chacune des sociétés met au point son propre système compte tenu des objectifs communs définis pour le projet.

Le système STAR d'analyse des perturbations mis au point en République fédérale d'Allemagne est un autre exemple des résultats pratiques obtenus grâce à l'introduction de systèmes d'aide aux opérateurs. Le système STAR, qui repose sur une base de données autonome, a été mis au point dans le cadre du projet de réacteur à eau sous pression de Grafenrheinfeld. Il peut exécuter des fonctions telles que l'alerte, l'analyse consécutive à un

arrêt brusque, etc. A l'avenir, le système STAR pourra être utilisé de façon polyvalente pour aider l'opérateur à accomplir diverses tâches, par exemple en tant que système d'affichage des paramètres de sûreté.

Il semble que les concepteurs aient adopté des méthodes généralement similaires pour la mise au point des systèmes de protection du fait que les objectifs sont similaires et que les composants électroniques et les ordinateurs utilisés sont les mêmes.

De nombreux participants au colloque se sont montrés plutôt réservés à propos de l'utilisation des ordinateurs et des microprocesseurs pour les systèmes de protection. Ils ont souligné qu'il fallait que le matériel et le logiciel restent simples et faciles à tester et ont insisté sur les principes bien connus de la diversité et de la redondance à propos du matériel et du logiciel.

La société KWU a élaboré pour les centrales nucléaires un système intéressant, appelé *Leittechnik*; ce terme désigne tous les appareils de protection, de conduite et de supervision, notamment les systèmes opérationnels, des systèmes de protection divisés en divers systèmes de limitation et les systèmes de protection au sens propre.

Entre ces catégories, les exigences de sûreté varient par ordre de grandeur. Grâce à cette classification systématique, on a pu utiliser des ordinateurs pour les systèmes qui sont le moins importants pour la sûreté des réacteurs. On a fait remarquer que les systèmes de limitation amélioreraient à la fois la disponibilité et la sûreté des centrales parce qu'ils réagissaient aux perturbations avant que celles-ci ne nécessitent la prise de mesures de sûreté et qu'ils aidaient les opérateurs à éviter les erreurs.

A l'heure actuelle, les procédures d'autorisation par les autorités compétentes du matériel et du logiciel des systèmes automatisés ne sont pas encore très avancées. Les participants au colloque ont souligné que, pour être acceptée, l'automatisation devrait se faire progressivement.

L'expérience acquise au Canada en ce qui concerne l'utilisation d'ordinateurs dans les systèmes de commande des réacteurs et pour la surveillance de l'état des systèmes de sûreté montre les avantages que l'on peut tirer de systèmes d'arrêt entièrement automatisés. Ces systèmes sont fiables et souples et permettent une meilleure interface homme-machine.

Des systèmes automatisés similaires sont à l'étude pour les surgénérateurs rapides. Les micro-ordinateurs et le logiciel correspondant joueront un rôle central dans les systèmes futurs. Les ordinateurs et leurs périphériques, par exemple les écrans de visualisation de graphiques en couleur, deviendront, dans le cas de ces réacteurs aussi, une source importante d'informations pour les opérateurs.

Un système avancé de commande et de surveillance des centrales, appelé Nucamm-80, a été mis au point au Japon. Il comprend des procédures automatiques de démarrage et d'arrêt qui permettent de réduire les risques d'erreurs et d'améliorer les procédures d'exploitation. Les méthodes de conduite employées sont principalement la conduite automatisée de supervision et la conduite numérique directe. Dans la méthode du «point d'arrêt», l'opérateur est informé à plusieurs reprises au cours du démarrage et de la mise à l'arrêt des résultats des mesures prises automatiquement. Les étapes suivantes sont alors déclenchées manuellement grâce aux boutons du panneau de commande. Cependant, les commandes les plus importantes sont confiées à des systèmes automatisés.

De nouveaux progrès ont été enregistrés en ce qui concerne les techniques et les méthodes de mesure, notamment diverses méthodes de mesure de la répartition de la puissance dans le cœur d'un réacteur. Des spécialistes canadiens ont présenté au colloque des résultats intéressants dans ce domaine. Ils ont décrit leurs travaux expérimentaux et théoriques sur des détecteurs au vanadium et au platine et sur des détecteurs relativement nouveaux à l'inconel qui semblent avoir une réponse rapide de près de 100% avec des caractéristiques de combustion assez prévisibles. Un type particulier de détecteur à l'inconel à gaine de platine a été présenté; il devrait avoir une réponse dynamique correspondant de près à celle de la puissance dans les éléments combustibles.

Des détecteurs auto-alimentés au sodium ont été utilisés en République démocratique allemande dans des réacteurs à eau sous pression du type WWER-440. Employés en conjonction avec des thermocouples placés au dessus du cœur ils donnent une bonne image de la répartition de la puissance.

Des expériences menées en Hongrie montrent qu'il est possible d'utiliser l'activation de  $^{16}\text{N}$  pour la mesure du débit du flux de refroidissement dans les réacteurs refroidis par eau. Les expériences faites dans un réacteur de recherche ont donné des résultats d'une précision d'environ 2% pour un temps de mesure de 60 secondes.

Les discussions sur la fiabilité, la qualification et les possibilités d'entretien ont montré que c'est surtout la qualification qui pose des difficultés, mais que des problèmes subsistent en ce qui concerne l'application de l'analyse de fiabilité aux systèmes de commande et d'instrumentation.

Un nouveau système de protection des réacteurs, appelé *Spin*, a été mis au point en France et doit être introduit dans toutes les centrales de 1300 MW dotées de réacteurs à eau sous pression. Le *Spin* comprend quatre unités logiques redondantes. Chacune d'elle est équipée d'un microprocesseur et de deux parties redondantes pour la mise en marche des systèmes de sûreté à deux voies. La procédure de qualification, qui s'est déroulée parallèlement à la mise au point du système, en est maintenant au stade des essais de fonctionnement pour une première série. Le système est maintenant prêt à être appliqué en direct dans les premières tranches de 1300 MW et a déjà reçu une autorisation complète du Service central de sûreté des installations nucléaires.

L'expérience canadienne en matière de systèmes automatisés décentralisés sera utilisée à l'avenir pour moderniser les systèmes de commande des réacteurs *Candu*. La première étape consiste à mettre en place un réseau décentralisé de six processeurs pour l'acquisition de données dans un réacteur de recherche de type plus ancien. Les études ultérieures sur ce système permettront d'en améliorer la capacité de détection et de suppression des défaillances.

Les problèmes liés à la délivrance d'autorisations et les méthodes qui doivent être élaborées pour les essais de vérification, les analyses défaillance-effet et l'entretien ont fait l'objet de discussions animées. Ces problèmes s'avèrent difficiles, mais on estime pouvoir les résoudre. A l'heure actuelle, on compte que les systèmes automatisés de commande trouveront des applications pratiques dans un avenir proche, dès que les problèmes d'autorisation et d'interface homme-machine, y compris les problèmes relatifs à la conception des nouvelles salles de commande et à la formation des opérateurs, auront été résolus.