

Les techniques de télécommande et d'automatisation:

Expérience japonaise dans le nucléaire

par K. Uematsu

Avec 30 centrales en service en juillet 1985, plus de 20% de l'énergie produite au Japon est d'origine nucléaire. En outre, plusieurs types d'usines du cycle du combustible nucléaire y ont été construites, notamment pour l'enrichissement de l'uranium, la fabrication de combustible, le retraitement et l'élimination des déchets liquides de haute activité.

Si des difficultés surgissaient dans ces installations, beaucoup de temps serait passé en réparations et la radioexposition du personnel d'exploitation augmenterait sensiblement. Aussi les techniques de télécommande ont-elles été mises au point en vue de leur utilisation dans les zones où les niveaux de radioactivité interdisent l'accès de l'homme. Dans les centrales nucléaires, la télécommande offre plusieurs avantages majeurs: l'abrègement des inspections régulières, la réduction du personnel affecté à cette tâche et, par voie de conséquence, la réduction de la radioexposition du personnel d'inspection et d'entretien.

Nous exposerons brièvement ci-après quelques-uns des systèmes automatisés et télécommandés déjà réalisés ou en cours d'étude dans l'usine de retraitement de Tokai, dans l'usine de vitrification des déchets liquides de haute activité qui lui est adjointe, et dans les centrales nucléaires au Japon. L'usine de retraitement est exploitée par la Société d'étude et de réalisation des réacteurs et des combustibles nucléaires du Japon (PNC), qui est aussi le concepteur de l'usine de vitrification.

L'usine de retraitement de Tokai

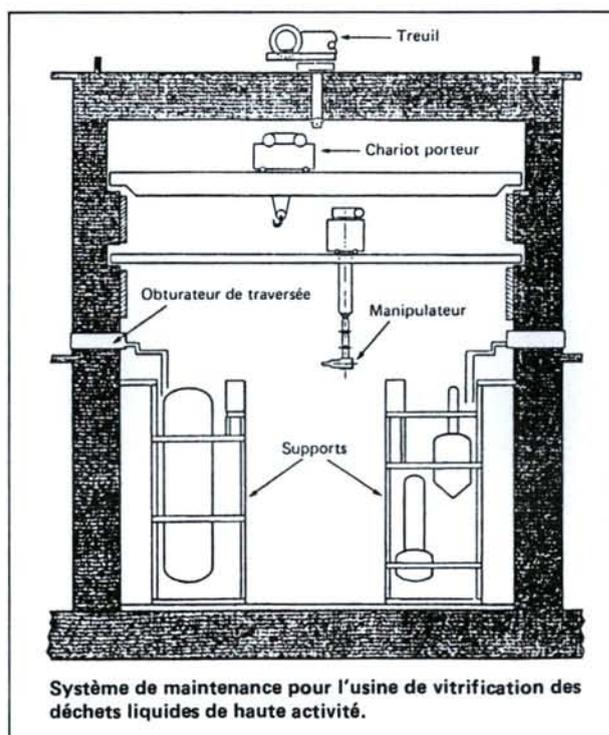
Cette installation, construite par la PNC, a une capacité de 0,7 tonne/jour de combustible de réacteur à eau légère. Les opérations à chaud ont commencé en 1977; en mars 1985, 179 tonnes d'uranium métal avaient déjà été traitées.

Cette usine est équipée de deux systèmes télécommandés: un système de télémanipulation sert au déchargement du combustible et un système de télé-maintenance assure l'entretien des dispositifs mécaniques de tête. La manutention du combustible se fait sous l'eau,

dans un bassin de désactivation, afin de prévenir la radioexposition. Le système comporte un tube télescopique et un outil de préhension pour déplacer les nacelles de combustible.

L'entretien du matériel mécanique de tête est assuré par un manipulateur motorisé, une machine de levage en cellule, et un télémanipulateur maître-esclave; les opérations sont surveillées à travers des fenêtres de vision protégées. Le secteur des opérations chimiques est entretenu par des techniques de contact, après décontamination.

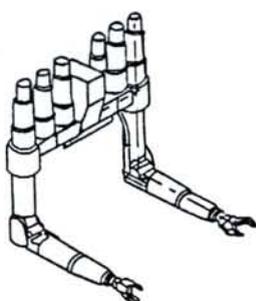
En plus de ces systèmes, quelques moyens télécommandés ont été mis au point pour réparer les défaillances de matériel et pour effectuer les inspections nécessaires dans l'installation; ils comprennent des machines de télémaintenance pour le dissolvant, un matériel de téléinspection en cellule et un robot de décontamination.



M. Uematsu est directeur exécutif de la Société d'étude et de réalisation des réacteurs et des combustibles nucléaires du Japon (PNC).

Spécifications du manipulateur prototype II

Nombre de bras: 2	Capacité de charge: 15 kg
Forme du bras: Coude inférieur	Equilibreur: électrique
	Commande: digitale
Dégré de liberté: 7 (DL)	Champ d'action:
DL bilatéral: 7	épaule: +135° -45° (vertical)
Vitesse d'exécution:	coude: +45° -60° (vertical)
épaule: 40°/sec (verticale)	+35° -215° (rotation)
coude: 60°/sec (verticale)	poignet: ±45° (vertical)
60°/sec (rotation)	±45° (horizontal)
poignet: 160°/sec (verticale)	±90° (rotation)
160°/sec (horizontale)	pincés: 0 90 mm
160°/sec (rotation)	
pincés: 100 mm/sec	



Manipulateur prototype II

Machines de télémaintenance. Après l'apparition de fuites, en 1982 et 1983, au niveau de deux dissolvants, des engins télécommandés ont été étudiés et réalisés spécialement pour y remédier. La réparation a été faite avec succès par meulage et soudage surveillés à l'aide d'un périscope et d'une caméra de télévision; le résultat a été éprouvé au colorant (pénétration) et aux ultrasons.

Matériel de téléinspection en cellule. Il a été conçu pour inspecter l'équipement et le plateau collecteur de la cellule dont l'accès est rendu difficile par la forte radioactivité. Ce matériel se compose d'un engin mobile qui peut se déplacer dans tous les sens sur le plateau, et d'une machine à plusieurs bras dont l'un est flexible et porte une caméra de télévision à grand angulaire.

Robot de décontamination. Lors de la mise en place d'un nouveau dissolvant, il a fallu décontaminer la cellule pour permettre l'accès au personnel chargé de monter les accessoires. Un robot télécommandé a été fabriqué pour exécuter la tâche de décontamination. Il possède un bras manipulateur muni d'une pince qui lui permet de saisir un pulvérisateur ou des brosses pour nettoyer le sol et les parois de la cellule.

Systèmes télécommandés de l'usine de vitrification

La construction de cette usine associée à l'usine de retraitement de Tokai doit commencer en 1987. Les plans détaillés, achevés en 1984, sont adaptés à une

conception nouvelle de la télémaintenance des matériels d'exploitation qui doit permettre d'améliorer la disponibilité de l'installation tout en réduisant la radioexposition du personnel.

Le matériel de traitement est monté sur des supports alignés le long de deux parois de la cellule. La maintenance sera effectuée à l'aide de machines de levage en cellule (20 tonnes), d'un manipulateur à deux bras à asservissement bilatéral et de caméras de télévision. La PNC étudie actuellement:

- un manipulateur à deux bras à asservissement bilatéral, avec transporteur, un système de transmission de signaux par fibres optiques, et un ensemble de télévision à haute définition dont les surfaces seront durcies sous rayonnement;
- un système modulaire à châssis;
- un système de liaisons fluidiques;
- un télésystème de prélèvement d'échantillons;
- un système d'inspection en service.

En 1983, la PNC a réalisé le premier prototype de manipulateur à deux bras à asservissement bilatéral et a commencé d'étudier, en 1984, un deuxième prototype de manipulateur à un seul bras, destiné en principe à l'usine de vitrification, dont les spécifications sont maintenant arrêtées (voir le tableau ci-joint).

Télécommande et automatisation pour les centrales nucléaires

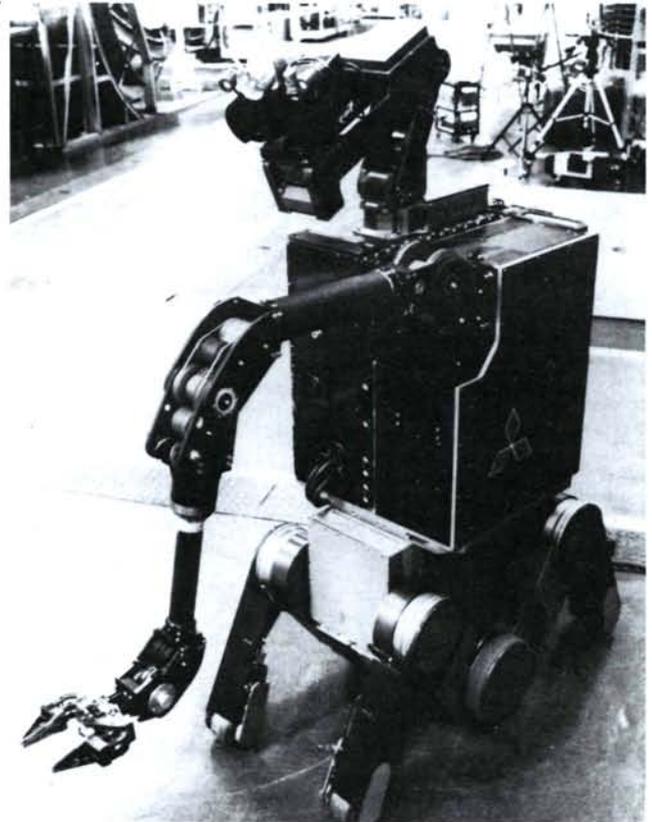
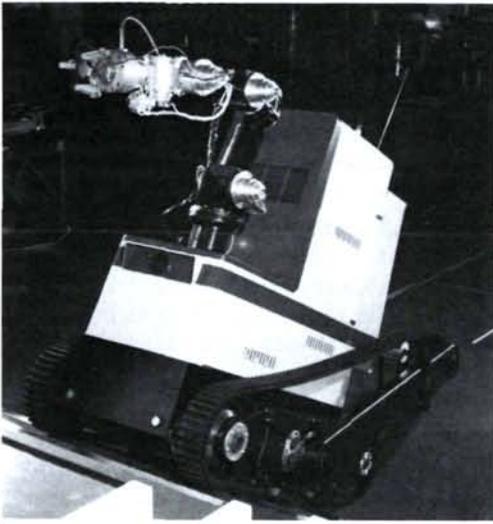
En juillet 1985, le parc nucléo-électrique japonais se composait de 29 réacteurs à eau légère (LWR) et un réacteur refroidi par un gaz (GCR). Un réacteur thermique avancé (ATR) est en cours de réalisation.

Dans les premiers temps du nucléaire, les techniques de télécommande étaient essentiellement employées dans les centrales pour le remplacement du combustible. L'opérateur se mettait au poste de conduite de la machine de déchargement et, tout en l'actionnant, surveillait le transfert en submersion du combustible épuisé.

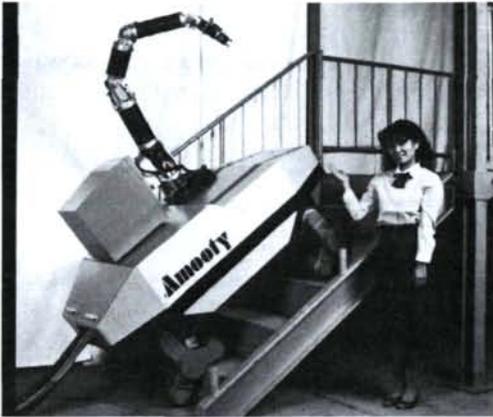
Grâce à l'expérience acquise en matière d'exploitation, divers types de machines automatiques et de robots ont été étudiés depuis lors pour effectuer les inspections, ainsi qu'à d'autres fins. Elles présenteront trois avantages: la réduction de la durée des inspections régulières, la réduction de la radioexposition des opérateurs et la réduction du personnel d'inspection.

Abrègement de l'inspection. Le gouvernement japonais a fait une règle des inspections annuelles des centrales nucléaires. Ces inspections comprennent la maintenance des matériels.

Vers la fin des années 1970, le facteur de disponibilité des centrales était faible par suite des arrêts dus tant aux problèmes de fonctionnement des installations qu'aux exigences croissantes en matière d'inspection et au temps passé à s'en acquitter. Pour améliorer la disponibilité, il faut donc éliminer les problèmes et consacrer le moins de temps possible aux inspections; aussi a-t-on étudié divers systèmes robotiques à cette fin. On est déjà parvenu à limiter la durée des inspections grâce à ce système, et à réduire du même coup la radioexposition des opérateurs.



Ces robots universels ont été réalisés par des entreprises japonaises pour l'inspection et la maintenance dans les centrales nucléaires. «Amooty» a été conçu par Toshiba, le tout-terrain par Hitachi et le robot à un bras par Mitsubishi. (Photos: PNC)



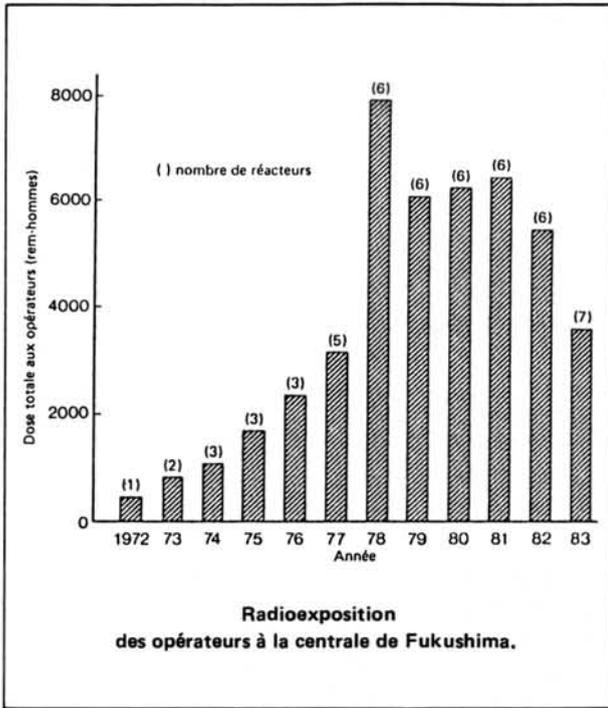
Robots universels réalisés au Japon

	Mitsubishi Heavy Industries Ltd.	Toshiba Ltd.	Hitachi Ltd.
Locomotion	4 jambes ou roues	4 roues (au lieu de 3)	Système tout-terrain de forme variable
Bras			
Degré de liberté	6 + 1 (préhension)	8 + 1 (préhension)	6 + 1 (préhension)
Entraînement	Actionneurs groupés câble	Actionneurs dispersés	Actionneurs dispersés
Puissance	10 kg force	10 kg force	3 kg force
Fonctionnement	Bras-maître avec retour d'effort		Apprentissage répétition
Information visuelle	TV stéréo immergeable	TV 3D	TV intérieure
Poids total	420 kg	360 kg	300 kg

Robots spéciaux réalisés au Japon

Réacteur à eau légère	Fonction du robot	Objet*		
		A	B	C
BWR	Remplacement automatique du combustible	•	•	
BWR	Remplacement automatique télécommandé des actionneurs de barres de commande	•	•	•
BWR	Remplacement du détecteur de neutrons	•	•	
BWR	Obturation de la conduite principale de vapeur	•	•	
BWR	Transport du combustible	•	•	
BWR	Inspection ultrasonique automatique en service		•	•
BWR	Décontamination du puits		•	•
BWR	Décontamination intérieure de la cuve		•	•
BWR	Lavage automatique des châteaux		•	•
PWR	Remplacement automatique du combustible	•	•	
PWR	Transport du combustible	•	•	
PWR	Décontamination du générateur de vapeur		•	•
PWR	Manutention dans le générateur de vapeur	•	•	•
PWR	Sondage par courants de Foucault dans le générateur de vapeur	•	•	•
PWR	Manœuvre du panneau de visite du générateur de vapeur		•	•
PWR	Remplacement des actionneurs de barres de commande	•	•	•
PWR	Inspection ultrasonique de tuyauteries		•	•

* A: Abrègement des inspections régulières
 B: Réduction de la radioexposition des opérateurs
 C: Réduction du nombre d'opérateurs



Radioexposition. Divers types de robots ont contribué à réduire la radioexposition du personnel chargé des inspections. Comme le montre le graphique ci-joint, on y est parvenu à la centrale de Fukushima depuis l'installation, en 1978, de divers systèmes robotiques, alors que de 1972 à 1978 l'exposition aux rayonnements avait augmenté.

Réduction des effectifs. Il est difficile de s'assurer les services d'opérateurs qualifiés en nombre suffisant pour exécuter les inspections régulières, d'autant que le parc nucléaire va croissant. Par conséquent, la solution qui s'impose consiste à faire le travail avec moins d'inspecteurs et plus de robots. Sur le tableau de la page 42 figurent les robots qui ont été réalisés à ce jour, y compris ceux qui ont été mis au point dans les débuts pour des tâches spécifiques.

La tendance actuelle au Japon est à l'étude de robots plus universels capables d'effectuer diverses tâches dans une centrale nucléaire. Pour l'entretien des vannes, par exemple, il faut un robot d'application générale doté de jambes de type humain, de mains flexibles, et d'une grande fiabilité. Ainsi que le montre le tableau à la page 42, plusieurs robots à fins multiples ont été réalisés au Japon.