ROBOTIQUE ET TÉLÉOPÉRATION

Présentation générale

Par A. GOUFFON

Chef du Département Procédés et Systèmes Avancés
CEA/CEREM

En juin 1987, la RGN a consacré un dossier à « La robotique et les centrales nucléaires ». Huit ans après, les besoins se sont précisés. Il est intéressant de présenter les nouvelles applications et les perspectives de cette technologie. Le thème retenu est la robotique et la téléopération dans les installations nucléaires. Nous avons invité des exploitants, des industriels, des offreurs de technologies et enfin des laboratoires de recherche, à exprimer leur point de vue, sans prétendre présenter la totalité de la profession ni toutes les facettes techniques de ce domaine.

D'abord quelques définitions pour préciser les notions de robotique, téléopération directe et téléopération assistée par ordinateur.

Un robot est une machine automatique capable d'exécuter des tâches complexes et de s'adapter rapidement aux opérations nouvelles. Dans certaines limites, le robot peut être reconfiguré pour exécuter une grande variété de travaux. Il est même parfois capable de s'auto-adapter aux contraintes imposées par l'environnement, pendant l'exécution, c'est ce qui le différencie des machines spéciales. Dans les usines de montage, les bras manipulateurs sont commandés en mode « robot » ; les opérateurs interviennent avant ou après, mais pas pendant l'opération. On distingue parfois les robots de substitution, dotés d'une autonomie suffisante pour remplacer l'homme et les robots de coopération.

En téléopération directe, l'homme reste, en permanence, dans la boucle de commande. Il manipule un outil déporté à l'aide d'un ensemble, organe de commande et bras esclave, asservis en position et éventuellement en effort (un télémanipulateur). C'est le cas pour la plupart des opérations dans les usines de retraitement.

Enfin, en téléopération assistée par ordinateur, on utilise toujours un bras maître et un bras esclave mais l'asservissement est effectué par l'intermédiaire d'un ordinateur. Dans cette configuration, l'homme et la machine (l'ordinateur) se partagent le travail. Les actions répétitives et fastidieuses, en particulier la surveillance des risques de collision sont confiées à l'ordinateur. L'homme, qui peut intervenir à tout instant, est chargé des opérations délicates demandant une évaluation qualitative de la situation et/ou des décisions multiples.

A titre d'illustration, si l'on considère une opération de perçage à l'aide d'un bras manipulateur, nous pouvons imaginer les solutions suivantes :

- Dans la première, le système de commande du bras est chargé de maintenir le foret dans l'axe et de contrôler l'effort d'appui. Le bras est commandé en mode « robot ». La programmation est relativement simple si la résistance du matériau est homogène, mais elle se complique sérieusement si la résistance varie aléatoirement.
- En téléopération directe, l'opérateur, par action sur le bras maître, commande la position du bras esclave afin de maintenir le foret dans l'axe et de plus il dose l'effort d'appui. Quelle que soit la dextérité de l'opérateur, il cassera rapidement le foret car il est très difficile de maintenir fixe l'axe de perçage.

– Enfin la solution considérée comme la plus efficace et sûre : le robot maintient le foret strictement dans l'axe et l'homme dose la force d'appui pour s'adapter à la résistance du matériau. Chacun est utilisé au mieux de ces capacités.

Il faut remarquer que suivant la solution choisie les exigences sur le bras ne sont pas les mêmes. Pour le mode « robot » il faut un bras rigide et précis. Pour la manipulation, on recherche au contraire beaucoup de souplesse, de compliance. Enfin en téléopération, nous avons besoin d'un bras qui soit à la fois compliant pour être un bon manipulateur et rigide pour effectuer des opérations répétitives en mode robot.

Dans les installations nucléaires, les systèmes téléopérés ou les robots sont utilisés pour diminuer les doses, les contraintes physiques et/ou les risques pour les intervenants. Des opérations que l'on ferait mieux et à moindre coût au contact, si les contraintes le permettaient, sont effectuées à distance. C'est aujourd'hui la motivation principale de l'introduction de robots dans les installations nucléaires, d'autant plus que les doses admissibles pour les travailleurs sont en baisse. Mais certains robots et/ou systèmes téléopérés sont utilisés pour améliorer la compétitivité des prestations.

On rejoint la motivation des industriels de l'automobile, qui pour diminuer les coûts de production choisissent de faire exécuter les opérations répétitives à des robots rapides et fiables. Cette solution est bien adaptée pour la production en série. Cependant, jusqu'à une époque récente, la reconfiguration d'une chaîne de montage avait la réputation d'être une opération complexe et longue. Dans les installations nucléaires, pour les opérations répétitives étudiées à la conception, on a prévu des machines spéciales. Pour les opérations plus ponctuelles, les robots ou les systèmes téléopérés devraient intervenir, mais les difficultés de programmation, précédemment évoquées, étaient jusqu'à présent considérées comme un obstacle économique majeur.

Aujourd'hui, dans la robotique manufacturière comme dans le domaine de l'intervention en milieu hostile, des progrès significatifs dans la fiabilité et dans les modes de programmation des robots ont été obtenus. En particulier, en utilisant la commande graphique, il est possible de préparer et de répéter hors ligne avec les techniques de réalité virtuelle toutes les opérations confiées au robot. Après cette phase, la véritable adaptation de la chaîne de montage est très rapide. De la même façon, la possibilité de préparer longuement les interventions sur les installations nucléaires en simulant dans un monde virtuel toutes les opérations représente (ou représentera) un gain appréciable sur la fiabilité et sur les coûts dosimétriques et financiers.

Des engins téléopérés et/ou des robots mais pour quelles activités et dans quels domaines ?

Tout d'abord pour les activités de démantèlement, en France mais aussi dans les pays de l'Est, où compte tenu de l'ampleur de la tâche et/ou de la radioactivité, seuls des robots seront capables d'intervenir efficacement. Certaines

opérations devront être faites en téléopération directe et d'autres, plus répétitives, exigeront l'intervention d'un robot ou de la téléopération assistée par ordinateur.

Dans certaines installations nucléaires en activité, on a découvert des anomalies dans des zones où l'on n'avait pas prévu d'intervenir pendant toute la vie de l'installation. Dans ce cas, les exploitants sont amenés à étendre le champ des contrôles non destructif et éventuellement à préparer les outils pour la réparation. La mise au point de la machine spéciale qui permettra de faire le contrôle et/ou la réparation adéquate est alors sur le chemin critique. Tout système suffisamment versatile pour s'adapter rapidement à la tâche, présente une économie importante pour les exploitants. Ils ont identifié la nécessité de s'assurer que les briques technologiques existent et que, le cas échéant, les industriels seront capables de fabriquer rapidement le robot adapté pour l'intervention souhaitée.

Cette difficulté se retrouve d'ailleurs dans les autres milieux dit « hostiles », c'est pourquoi il nous a semblé intéressant de présenter aussi l'expérience acquise dans les interventions sous-marines.

Enfin, il est convenu de préparer des plans d'urgence pour faire face aux accidents. Sur les réacteurs, on a montré que certains scénarios tels celui de Tchernobyl sont totalement improbables en France. Par contre, l'hypothèse d'un accident de fusion du cœur comparable à celui de TMI, ne peut être écartée. Pour ces cas extrêmes, on cherche à mettre au point un petit nombre d'appareils capables de faire de la reconnaissance au plus près des sources de radioactivité et pour lesquels on exige un haut degré de fiabilité.

En conclusion la technique a progressé et l'expérience industrielle dans les activités manufacturières et/ou sous-marines ont démontré la maturité de la robotique et en particulier des bras manipulateurs pour des opérations complexes. L'industrie nucléaire a une expérience importante dans l'intervention à distance pour des raisons de sécurité, en particulier dans les usines de retraitement.

A quelles conditions les robots et engins téléopérés seront-ils introduits en plus grand nombre dans les installations nucléaires ? La baisse significative des coûts des robots est probablement une condition. L'amélioration de la fiabilité et de la flexibilité, en particulier les progrès dans l'interface homme-machine, seront aussi des facteurs déterminants.

Certains marchés, tels que ceux des services pour la maintenance des installations nucléaires et du démantèlement, s'ouvrent à la téléopération et à la robotique. Les industriels ont lancé des études sur la possibilité de prendre en compte, les possibilités de maintenance et d'intervention robotisées, dès la conception des installations futures. L'industrie européenne a des atouts. Mais d'autres, en particulier les Etats Unis et le Japon qui compte sur son territoire environ 60 % du parc de robots manufacturiers installés dans le monde, sont aussi bien placés. L'avenir appartient à ceux qui sauront mettre en œuvre, avec pragmatisme et le plus efficacement possible, les innovations qui sortent aujourd'hui des laboratoires. Compte tenu de l'ampleur du programme électronucléaire et des compétences en robotique, les industriels français sont bien placés pour relever ce challenge.