

## A C T I V I T É S

### LA ROBOTIQUE

Par Vincent RIGAUD, roboticien, animateur du laboratoire de robotique sous-marine et d'intelligence artificielle.

**D**epuis bien des années ce sont de "merveilleux fous plongeurs et leurs drôles de machines" qui ont assuré la découverte du milieu sous-marin. Pour repousser sans cesse les barrières, il a fallu isoler de plus en plus l'homme du milieu au détriment du contact physique, voire charnel, avec ce dernier.

Suave mari magno... "Il est doux, quand sur la vaste mer, les vents soulèvent les flots, de regarder de la terre ferme les terribles périls d'autrui". Non Lucrèce n'est pas un lâche, il est raisonnable et sait bien que l'homme reste médiocre en dehors de son milieu naturel

Aujourd'hui, la distance entre l'homme physique et le robot technologique s'est métriquement accrue alors que les difficultés

de dialogue entre ces deux systèmes diminuent avec l'apport de nouvelles technologies en communication

et en traitement de l'information. L'expérience a montré que pour certaines tâches le concept de téléopération, dans lequel l'homme apparaît à la fois comme un des effecteurs et un des "calculateurs" dans la boucle de contrôle/commande du robot, est un bon compromis quand la tâche est complexe et variée. Mais ce concept n'est pas optimum pour des tâches simples, systématiques ou répétitives, pour lesquelles plus d'autonomie serait souhaitable.

A titre d'exemple, la téléopération d'un véhicule depuis la surface, via un ombilical, nécessite la gestion de cette laisse, limite les excursions du véhicule, nécessite des moyens de mise en œuvre humains et matériels considérables. Mais les moyens de communication acoustique entre la surface et le fond ayant évolué, le verrou et les contraintes liés au câble sont prêt à sauter. *In fine*, on envisage la téléopération de véhicules et de système sous-marin (stations benthiques, navettes) par voie acoustique. Cependant, les bandes passantes restent réduites et surtout les délais de transmission acoustique sont physiquement incompressibles. Il faut donc "développer" des systèmes permettant à l'opérateur de ne pas être gêné par ces délais (plusieurs secondes). Le pilote, effecteur intelligent, devient

alors téléprogrammeur, contrôleur d'exécution, et pourquoi pas à terme, simple observateur passif du système ou initiateur, planificateur de la mission du système et finalement exploitant des résultats collectés. Plusieurs niveaux sont envisageables entre la téléopération classique et le système entièrement autonome évoqué à demi-mot ci-dessus.

La téléprogrammation est une première étape vers l'autonomie. Elle permet d'exprimer formellement un schéma de programmation du robot, dans lequel on tient compte explicitement du partage entre les phases activement téléopérées ou supervisées par l'homme et les phases totalement autonomes. Le principe est de décrire un plan constitué de l'enchaînement d'actions élémentaires à effectuer, et d'étudier l'affinement de ce plan en fonction de la situation réelle du robot, perçu par ses capteurs et par l'homme. Il s'agit également de prévoir des remises en question automatiques du plan en cas d'erreur, et de traiter dans la boucle de programmation du robot des retards de transmission des données.

Cette recherche très amont en téléprogrammation est menée au sein du laboratoire de robotique et d'intelligence artificielle, en collaboration avec le LAAS-CNRS.

Le pilotage autonome des systèmes (engins



Prélèvement par le bras du Nautilus au large du Japon (mission KAICO)

et manipulateurs) sous-marins est notre second grand axe de recherche.

La première étape consiste à développer les commandes référencées "capteurs" et "tâche". Il s'agit de permettre à un engin sous-marin autonome ou téléopéré de suivre une cible fixe ou mobile, une trajectoire, un fond, un gradient, en utilisant des capteurs de perception extéroceptifs et proprioceptifs (vidéo et acoustique pour l'essentiel).

La commande référencée "Tâche" consiste à réguler une fonction décrivant la tâche à réaliser par le robot. Par exemple, il s'agit de spécifier un point de départ et un point d'arrivée pour le véhicule et de réguler au plus bas niveau des commandes référencées "capteurs" pour exécuter cette trajectoire dans l'environnement réel.

Au sein de l'IFREMER, ces recherches couvrent deux besoins "opérationnels" à court et moyen termes. Il s'agit d'une part de permettre aux utilisateurs scientifiques ou au pilote d'un ROV de choisir une cible sur une image vidéo (extrémité d'outil d'un télémanipulateur, élément structuré d'un équipement benthique, éventuellement à plus long terme organismes vivants ou zone géologique caractéristique), et d'autre part de piloter la caméra ou le véhicule afin de stabiliser cette cible dans l'image, de s'en rapprocher ou s'en éloigner automatiquement.

Un système de pilotage autonome est également en cours de développement, dans le cadre du futur engin autonome Abyssal Survey Vehicle. Il consiste à suivre automatiquement le fond et à éviter les obstacles en utilisant un système acoustique multicapteurs.

Pour valider ces travaux, des outils de simulation du comportement dynamique et de programmation évolués d'engins sont en cours de développement. L'ensemble sera testé sur une plate-forme expérimentale proprement reconfigurable, ouverte et évolutive, le prototype dénommé VORTEX (Versatile Open Architecture Robot for Technology Experimentation) véhicule sous-marin ouvert de grande taille. La grande expérimentale permet notamment de valider nos recherches dans le cadre d'un point de rencontre commun avec les partenaires IFREMER et CNRS.

en France, MIT aux USA) pour transférer et valider leurs propres travaux.

Pour conclure, la démarche de recherche du laboratoire consiste donc à résoudre point par point un certain nombre de problèmes robotiques en utilisant une double boucle imbriquée de type :

- conception architecturale d'un système,
- simulation logicielle d'un système,
- vérification par l'exécution sur prototype matériel.

