

ROBOTS : ILS APPRENNENT LE TRAVAIL D'ÉQUIPE

Robotique : L'union fait la force*

PHILIPPE PASSEBON

Pour être capables d'accomplir des tâches de plus en plus complexes, les robots ne doivent pas seulement évoluer vers plus de complexité, mais gagnent à apprendre à travailler ensemble. Communication, prise de décision et dextérité sont au cœur des enjeux de ces recherches sur les systèmes multirobots, que les industriels commencent déjà à tester dans leurs procédés.

Dans un appartement, un drone repère dans une pièce le livre recherché. D'autres petits robots au sol rejoignent alors le drone là où il est, en transportant à plusieurs un robot sans roues, mais capable de grimper. Celui-ci prend alors le relais pour aller chercher en hauteur le livre dans la bibliothèque. Ce scénario réalisé avec succès dans le cadre du projet européen Swarmanoid illustre l'intérêt à faire collaborer des robots ensemble. La recherche sur les multirobots ne consiste pas seulement à faire travailler en toute sécurité les robots les uns à côté des autres. Elle se fixe comme but de mettre en œuvre plusieurs robots pour leur faire réaliser une mission commune.

Produire collectivement des systèmes intelligents

« Plus soutenue dans d'autres pays, la recherche sur les multirobots est assez peu marquée en France, commente Olivier Simonin, responsable du programme Chroma de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria). Elle redémarre pourtant aujourd'hui, poussée par les systèmes communicants mobiles, en particulier les véhicules autonomes et l'Internet des objets. » Aux problèmes de communication indirecte – les robots ne doivent pas se gêner quand ils franchissent une porte, par exemple – s'ajoutent les problèmes de coopération directe proprement dits : porter quelque chose ensemble ou distribuer adéquatement la prise de décision. Perception, stratégie décisionnelle, débits de communication et dextérité sont au cœur des solutions recherchées. En la matière, le monde animal apporte des exemples inspirants. La robotique en essaim

MOTS-CLÉS

actionneur,
industrialisation,
production,
mécatronique

cherche en particulier à mimer les comportements du monde des insectes. L'intérêt de ces recherches réside en la capacité qu'ont des agents simples à produire collectivement des systèmes intelligents. L'essaim peut ainsi réaliser des tâches inabornables par un seul individu. Le modèle tranche avec la vision classique de la robotique, qui consiste à faire des robots très complexes aux actions planifiées. La victoire de l'équipe française Larsen de l'Inria en 2012 à un concours quelque peu original l'illustre parfaitement. « L'idée était de construire une carte en trois dimensions et de cartographier des objets dans un appartement inconnu à l'aide d'un système robotisé. Toutes les équipes disposaient du même budget. Nous avons opté pour un système multirobot, constitué de robots plus simples que nos concurrents, mais qui communiquent entre eux. Lorsque nous avons un robot coincé dans un piège, l'opération pouvait continuer malgré tout avec les autres robots, avertis de choisir une autre option », raconte François Charpillet, responsable de l'équipe.

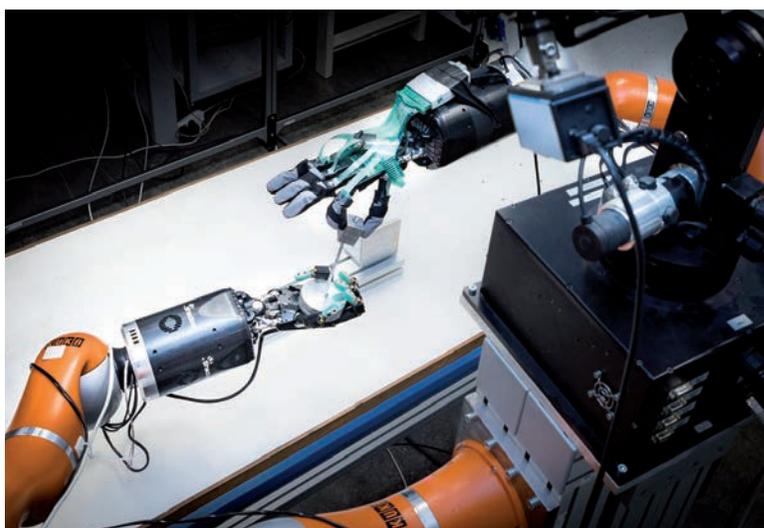
Sans parler d'essaim, deux ou plusieurs robots qui travaillent ensemble apportent une plus-value qui intéresse les industriels ou les militaires. Cela va des systèmes où un bras tend une pièce à un autre bras doté d'un outil aux missions plus complexes. À l'université de Caen, les équipes du Greyc travaillent ainsi avec Nexter Robotics sur des systèmes multirobots qui viennent en soutien aux militaires dans les zones sensibles. Les technologies développées sont les mêmes que celles testées par le même laboratoire dans un centre commercial en 2015, autour du cas d'un colis abandonné. Deux robots affichaient le message « éloignez-vous » et coordonnaient leurs mouvements pour isoler la zone dangereuse. Pour cela, les robots évoluaient face à face et se communiquaient mutuellement ce qui se passe derrière l'autre afin qu'ils bloquent les personnes par leurs mouvements. Dans le cas du projet militaire, un essai grandeur nature verra en juin 2016 trois robots évoluer dans une forêt aux côtés d'autres militaires. Parmi ces robots, l'un aura toujours plus d'informations que les deux autres. C'est alors lui qui calculera le meilleur comportement à prendre, auquel les deux autres s'adapteront. Mais si en se cachant derrière un arbre, un des deux autres robots découvre plus

* Article extrait de la revue *Industrie & Technologies*, n° 987, mai 2016, p. 22-24.

Une tête pour deux bras

Doter un robot de deux bras n'est pas synonyme de savoir les faire travailler ensemble de manière non automatisée. « Des systèmes bi-bras sont commercialisés, mais beaucoup ont été conçus comme deux systèmes mono-bras », explique Youcef Mezouar, ingénieur à Sigma Clermont. C'est le cas par exemple du robot Baxter, dont l'architecture ouverte permet toutefois aux chercheurs de travailler sur le sujet. Pour Youcef Mezouar, la réussite de ce challenge ne tient pas qu'aux calculs effectués à partir de la communication et la vision du robot, mais à tous les capteurs embarqués. Son équipe travaille sur deux bras Kuka LWR au bout desquels il teste une main de 20 degrés de liberté dont les doigts sont dotés d'une vingtaine d'électrodes pour mesurer pression, température, vibration... et s'adapter en conséquence.

■ Une équipe de Sigma Clermont teste deux bras Kuka LWR qui travaillent à l'assemblage d'une pièce.



d'informations, il prendra alors le leadership. « Le leader est dynamique et change à chaque situation, c'est le modèle du leader-suiveur », détaille Abdel-Allah Mouaddib, chercheur à l'université de Caen. Il travaille également sur ces questions avec Airbus et Dassault, intéressés pour des applications de surveillance ou d'exploration. « Lorsqu'un drone surveille une zone, les autres drones vont aller voir ailleurs de manière à ce que les ressources disponibles soient distribuées au mieux en fonction de l'espace total à couvrir. Lorsque l'un voit une anomalie, d'autres le rejoignent pour s'approcher de l'objet », précise Abdel-Allah Mouaddib.

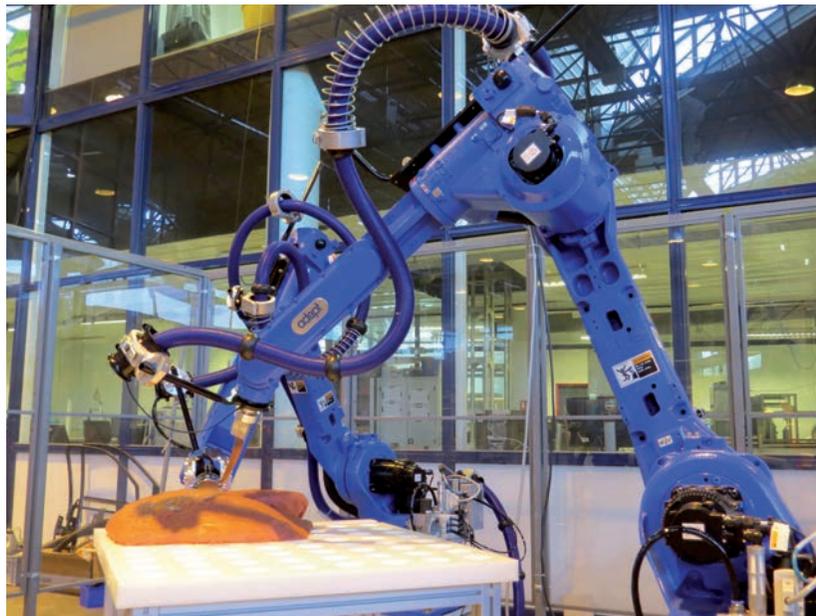
Les ingénieurs de l'école Sigma Clermont peuvent également témoigner de l'intérêt des industriels pour ces recherches. En 2010, ils ont travaillé avec un abattoir sur la séparation de muscles bovins à l'aide de plusieurs bras robotisés. Ils s'attaquent à présent avec Air France et la société lyonnaise Sapi au décapage de pièces d'avion avec l'aide de deux robots coordonnés. « Ils apportent une notion de modularité, selon les ressources nécessaires. Ils peuvent aussi porter à

plusieurs les pièces les plus lourdes », explique Youcef Mezouar, responsable du pôle machines mécaniques et systèmes à Sigma.

Permettre à tous ces robots de communiquer entre eux sans fil

Dans le cadre d'un projet européen, ils travailleront également avec Bouygues et l'espagnol Robotnik au désamiantage d'un bâtiment avec l'aide d'une flotte de robots mobiles. Dans ce cas, au contraire des robots militaires, l'organe qui attribue les ressources est déporté et centralisé en dehors du bâtiment, même si chaque robot est capable de naviguer de manière autonome. La communication directe entre robots génère en effet beaucoup de données, qui peuvent poser des problèmes de débit. « Le partage de connaissances entre robots est un vrai challenge, reconnaît François Charpillat. Un des enjeux est alors que, pour que le système fonctionne, seule l'information importante et nécessaire soit communiquée. Les animaux font très bien cela. Un autre enjeu sera de permettre à tous

Ce qu'ils savent faire ensemble



AGROALIMENTAIRE AS DE LA DÉCOUPE

Trois bras collaborent pour réaliser la séparation des muscles de pièces de viande bovine en laboratoire dans le cadre du projet ANR Arms démarré en 2010 à Sigma Clermont. Un challenge de taille, car toutes les pièces de bœuf sont différentes et se déforment quand elles sont manipulées. Aussi le bras de manipulation doit-il être parfaitement coordonné avec le couteau, tandis que la caméra doit changer continuellement de point de vue. Pour cela, un modèle de déformation basé sur une technologie d'apprentissage permet de suivre et de prévoir en direct le comportement des objets déformables.



Boeing, D. R.

AÉRONAUTIQUE MONTAGE CONCERTÉ

Tandis qu'un robot fixe un rivet par percussion sur un panneau de fuselage d'un Boeing 777, un autre oppose une force en face pour maintenir en place le rivet. Dotés chacun d'un contrôleur, les robots communiquent par Ethernet.



AGRICULTURE SUIVI À LA TRACE

Dans le cadre du projet Safe Platoon, l'Irstea est capable de faire évoluer un convoi de trois véhicules dont deux autonomes qui s'adaptent en temps réel au terrain et au comportement du tracteur.



MILITAIRE DÉMINEURS DE CHOC

Bras et plateforme roulante, tous deux autonomes, doivent coordonner leurs déplacements pour interagir sur leur environnement, comme pour des opérations de déminage, dans ce projet porté par Adept Technologies avec l'US Army.



SERVICE SÉCURITÉ ASSURÉE

Dans le cas où ils doivent sécuriser un lieu dans une zone commerciale, les deux robots se concertent et s'avertissent mutuellement lorsque des passants s'approchent trop près.

ces robots et objets différents de communiquer entre eux sans fil. » L'Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) travaille aussi sur ces questions. Pour des raisons d'adhérence changeante du terrain, des machines qui travaillent ensemble pour vider des trémies ou pulvériser des traitements ne vont pas toujours à la même vitesse. « Dans ce cas, soit chaque machine s'adapte en fonction de ce qu'elle voit directement devant elle, mais l'erreur d'une machine se propage ainsi de machine en machine, explique Roland Lenain, chargé de recherche à l'Irstea. Soit elles ont toutes le même référentiel, mais cela nécessite alors que tout le monde communique sans cesse et cela

prend du temps. Nous travaillons sur une solution médiane où chaque robot regarde devant et derrière lui, et se décale en fonction. Cela permet d'amortir puis d'annuler la propagation d'erreurs. Cela nécessite aussi que la machine adapte ses amortisseurs en fonction du terrain. » Les « trains » de petits véhicules de transport dans les milieux aéroportuaires ou les centres industriels, premières concrétisations des véhicules autonomes connectés entre eux, partagent cette problématique lorsqu'ils se suivent de près. ■