

**PATRICK BECHON (2008)**

ingénieur de l'armement,
docteur ès sciences

**MAGALI BARBIER**

ingénieur de recherche,
ONERA

**CHARLES LESIRE**

ingénieur de recherche,
ONERA

COMMENT FAIRE COOPÉRER DES ROBOTS AUTONOMES

Faire coopérer des drones hétérogènes entre eux et avec d'autres robots est la seule façon d'envisager de leur confier des missions complexes. Cela exigera de rapidement relever les défis techniques posés par ce mode de fonctionnement, et donc de mener de sérieux efforts de recherche, en particulier pour développer l'autonomie des machines.

REPÈRES

Les capacités individuelles des drones progressent rapidement. Néanmoins, pour pouvoir leur confier des missions plus complexes dans un environnement contraint où les communications peuvent être difficiles et où la téléopération par un pilote n'est pas envisageable dans de bonnes conditions, la coopération entre robots hétérogènes offrant des capacités complémentaires est nécessaire. Cette coopération demande davantage d'autonomie dans l'équipe de robots.

POUR QU'UN DRONE soit un système autonome, il doit maîtriser trois aspects. Le premier aspect est la maîtrise de son fonctionnement interne, de son état. Ainsi, le véhicule doit être capable de diagnostiquer les pannes de ses propres composants et de déterminer s'il peut encore appliquer correctement les consignes qu'il reçoit. Le deuxième aspect est la maîtrise de la navigation autonome, c'est-à-dire des déplacements du véhicule dans son environnement. Par exemple, la capacité pour le véhicule de pouvoir rejoindre un

point de passage en tenant compte des obstacles comme des bâtiments et de l'absence possible de données GPS masquées par ces bâtiments. Quand cette navigation est maîtrisée, on peut demander au véhicule de réaliser une mission par lui-même, par exemple pour la planification d'une patrouille pour surveiller une zone. Ce troisième aspect est la maîtrise de la mission autonome. Quand les communications le permettent,

certaines fonctionnalités peuvent être déportées dans un centre d'opérations.

EXPLOITER LES COMPLÉMENTARITÉS ENTRE ROBOTS

Au niveau « multidrone », une mission de surveillance par exemple peut exploiter les drones aériens pour la surveillance de larges zones, tandis que des robots

terrestres sont chargés d'explorer les bâtiments et les zones couvertes par la végétation. Une coopération entre drones aériens et sous-marins permet de rechercher

« La coopération entre drones aériens et sous-marins permet de rechercher plus efficacement une épave »

plus efficacement une épave de bateau relâchant le contenu de son réservoir en mer. Les drones aériens peuvent ainsi détecter des émanations d'hydrocarbures en surveillant une large zone pour guider plus précisément les drones sous-marins vers l'épave échouée. Ces missions tirent parti de la complémentarité entre les différents robots, qui permet aussi de résister à la perte d'un robot. Mais elles introduisent aussi de nouvelles contraintes,

SYSTÈME AUTONOME

Un système autonome est défini par sa capacité à réaliser une mission, seul ou en équipe, avec des contacts limités avec les opérateurs présents dans le centre d'opérations. Les opérateurs peuvent être amenés à prendre certaines décisions.



DR
Une architecture logicielle multidrone permet de faire coopérer plusieurs véhicules autonomes pour la réalisation de leur mission.

notamment liées à la communication nécessaire pour un travail d'équipe.

DES CHAMPS DE RECHERCHE ÉTENDUS

Ces missions font l'objet de nombreuses recherches, comme c'est le cas à l'ONERA, sur les fonctions d'autonomie individuelle (navigation en environnement sans GPS, reconfiguration suite à une panne), de fusion des données (intégration des données en provenance des différents capteurs), de planification (calcul de plans d'action pour l'équipe hors ligne avant le début de la mission et en ligne pendant la mission lorsqu'un événement perturbateur empêche sa réalisation) et de supervision (contrôle en ligne de l'exécution correcte des actions du plan et gestion de la réaction aux événements perturbateurs).

COMMUNICATIONS NON GARANTIES

Pour être capables de coopérer, les robots doivent pouvoir communiquer ensemble. Dans des environnements étendus ou surchargés, ces communications ne sont

UN PROGRAMME MULTIDRONE

L'objectif du programme d'études amont Action (2007-2015) est de développer et d'implémenter sur des véhicules hétérogènes autonomes une architecture logicielle multidrone permettant de les faire coopérer pour la réalisation de leur mission. Des démonstrations impliquant jusqu'à huit robots réels et quatre robots simulés pour faire de la surveillance de zone ont été réalisées. Ce programme, financé par la DGA, a été réalisé par l'ONERA et par le CNRS-LAAS.

pas garanties. L'équipe doit donc pouvoir gérer ces communications incertaines. Certaines des approches proposées veulent maintenir la communication en permanence entre tous ses membres. Certains robots sont alors chargés de servir de relais de communication pour permettre aux autres de se concentrer sur la mission à accomplir. Cela permet par exemple d'assurer la diffusion d'un flux vidéo depuis un robot très éloigné du centre de supervision même en l'absence de communication directe (par exemple le projet Anchors).

PLUS D'AUTONOMIE

Une autre approche consiste à poursuivre la mission même en l'absence de communication. Cela nécessite une autonomie plus importante de la part de chaque robot, qui peut se retrouver isolé du reste de l'équipe tout en devant continuer d'assurer la mission (par exemple le projet Action). C'est aussi le cas des missions sous-marines où les communications entre les robots sont limitées par le support acoustique (par exemple le projet Swarms).

Un autre challenge en robotique autonome concerne l'autonomie sur le long terme. Cela implique, pour un robot, d'être capable de se recharger automatiquement pour réaliser des missions allant au-delà de son autonomie énergétique. Cela signifie aussi être capable de reconnaître des changements qui transforment l'environnement

et changent ce que les capteurs perçoivent du même environnement : le passage jour-nuit, le brouillard, la tombée de la neige, la chute des feuilles en automne, etc. Au niveau des capacités de l'équipe, il devient nécessaire de ne plus tout prévoir dès le début de mission mais de savoir mettre le plan à jour régulièrement.

NOUVELLES PERSPECTIVES

La coopération entre drones hétérogènes permet non seulement de tirer avantage des capacités intrinsèques de chaque robot, mais aussi d'implémenter des stratégies qui augmentent leurs capacités cumulées. Il devient alors possible de réaliser des missions complexes qu'un seul robot ne pourrait mener à bien. Les recherches doivent se poursuivre pour améliorer cette coopération qu'on ne trouve

qu'en laboratoire; par exemple, le projet Action a permis de tester les développements scientifiques dans un environnement représentatif. Les nombreuses thèses sur le sujet montrent l'intérêt de cette autonomie. Dans ces recherches, le premier défi est d'embarquer sur les drones des capacités de mission autonome leur permettant de s'entraider pour la réalisation de la mission. Dans un contexte réel, des événements vont régulièrement perturber le déroulement de la mission. Le deuxième défi est alors de donner à l'équipe la capacité de décider en ligne des réactions à ces changements. ■

« Donner à l'équipe la capacité de décider en ligne des réactions aux changements »