



Illustrations R.C. Michelson



Des insectes robots pour explorer Mars

À l'ESA comme à la Nasa, les blattes, abeilles et autres libellules ont la cote. Véritables concentrés de technologie, les insectes sont autant de sources d'inspiration pour développer des sondes capables de se poser en douceur sur la planète rouge ou de l'explorer en rase-mottes.

Julien Bourdet

LES cafards n'ont jamais eu aussi bonne réputation. À l'Agence spatiale européenne (ESA), ces insectes d'ordinaire mal aimés servent de modèle pour un futur engin destiné à se poser sur la planète rouge. "L'idée m'est venue totalement par hasard, quand j'étais en Tunisie, raconte Tobias Seidl, biologiste

allemand au Département des concepts avancés de l'ESA et à l'origine des travaux. *Ma chambre d'hôtel était infestée de cafards. Pour m'en débarrasser, je les ai jetés par le balcon. Mais au lieu de tomber lourdement au sol, ils ont déployé leurs ailes et ils ont plané jusqu'à atteindre l'emplacement exact de trous où se cacher.*"

L'habileté des bêtes surprend ce spécialiste des insectes, qui pense immédiatement à s'en inspirer pour développer une sonde capable d'atterrir sur Mars avec une grande précision.

Pour les agences spatiales qui planchent actuellement sur des stratégies de collecte d'échantillons martiens, le sujet est une



insectes. Pesant moins de 1 kg, l'engin sera aussi doté, comme son modèle, d'ailes rétractables pour freiner par à-coups dans l'atmosphère martienne.

Bref, la philosophie est simple : abandonner les capteurs traditionnels (gyroscopes, accéléromètres, altimètres, radars...) lourds et gourmands en énergie pour passer à un système beaucoup plus simple et robuste. "L'atterrissage est un art délicat, confie Christian Philippe, de l'ESA. Du fait du grand délai de communi-

Totalement autonome, le robot volant serait réactif à son environnement

cation entre la Terre et Mars, la succession des manœuvres que la sonde doit effectuer est programmée à l'avance, et la moindre erreur ne pardonne pas." Les missions Beagle 2 et Mars Polar Lander (pour ne citer qu'elles), qui se sont écrasées sur la planète rouge, en témoignent. Totalement autonome, lui, le robot cafard ne dépendra pas de gros calculs de l'ordinateur de bord. Réactif à son environnement, il se posera tout en douceur sur le sol martien.

Si, à l'ESA, la passion pour les insectes est toute récente, à la Nasa, elle date déjà de quelques années. Et l'agence américaine n'envisage pas seulement de poser des robots sur Mars. Elle compte aussi les envoyer survoler la planète en rase-mottes. Objectifs : obtenir des clichés très détaillés de la surface, qu'un satellite en orbite à 300 km d'altitude ne peut réaliser, et examiner des terrains inaccessibles aux robots au sol (cratères, crevasses, canyons...). En 2003, dans le ciel du désert des Mojave (Californie), de drôles d'engins volants jaunes en forme d'ailes delta ont ainsi ouvert la voie. Le nom du projet, Bees (abeilles en anglais), en dit long sur le but à atteindre. Ce jour-là, les planeurs, bardés de détecteurs inspirés par différents insectes, de l'abeille à la libellule, en passant par la fourmi, démontrent leur capacité à voler de façon autonome. Ces avions bioniques, de plus de 1 m d'envergure et de 5 kg, soit seront lâchés par une sonde avant son atterrissage, soit décolleront avec une petite fusée depuis la surface martienne. D'après leurs concepteurs, ils pourront

Avec ses deux paires d'ailes en forme de papillon, l'entomoptère, étudié par la Nasa, volerait avec agilité au-dessus du sol martien. De temps en temps, il reviendrait à sa base, un robot mobile, pour lui communiquer les sites à étudier et recharger ses batteries.

Bees (à droite) est un petit planeur bardé de capteurs inspirés des insectes, des yeux de la libellule à ceux des abeilles. Ce projet de la Nasa, qui a volé avec succès en 2003, est le plus avancé. Côté européen, c'est le projet d'atterrisseur de Tobias Seidl (à gauche), inspiré des blattes, qui a été retenu.

préoccupation majeure. Et tout concept novateur est le bienvenu. Séduite par l'idée de Tobias Seidl, l'ESA vient de décider de le financer. "Les blattes, et les insectes en général, sont un concentré de technologie. Malgré un cerveau minuscule, ils sont capables de prouesses en matière de pilotage dans les airs", note le biologiste. Ainsi, l'atterrisseur martien qu'il compte mettre au point sera miniaturisé au possible et équipé d'instruments les plus simples qui soient, directement inspirés des yeux, antennes et autres organes sensoriels des



↓ TROIS QUESTIONS À...

Nicolas Franceschini,
bioroboticien au CNRS



Directeur du laboratoire marseillais Mouvement et perception, Nicolas Franceschini a mis au point des petits robots volants à partir de l'observation des insectes. Il vient d'être sollicité par le Département des concepts avancés de l'ESA, dans le cadre du projet d'atterrisseur martien inspiré des blattes.

Ciel & Espace : *Qu'avons-nous appris en observant les insectes ?*

Nicolas Franceschini : Que certains d'entre eux (abeilles, mouches) possèdent une sorte de pilote automatique. Grâce à leurs yeux composés de plusieurs milliers de facettes, ils détectent très rapidement le moindre changement de contraste au-dessous d'eux, devant et sur les côtés. Ainsi, en conservant toujours la même vitesse de défilement des contrastes sur leur rétine (ce qu'on appelle le "flux optique"), ils maintiennent leur altitude. Par vent de face, l'abeille va être freinée, le flux optique diminué, et elle descendra. Si le flux optique devient nul, elle atterrira. Au contraire, par vent arrière, le flux optique va augmenter et l'abeille va monter.

C&E : *Quelles sont les attitudes des insectes que les robots savent aujourd'hui reproduire ?*

N. F. : À partir de ces observations, et d'expériences consistant à brancher des électrodes dans une facette ou encore à faire passer des abeilles dans des couloirs étroits en modifiant à chaque fois les motifs au mur, nous avons mis au point un système électronique équivalent, un "régulateur de flux optique". Grâce à ce système simple, les robots évitent les obstacles, suivent un terrain pentu et atterrissent.

C&E : *Et dans le futur ?*

N. F. : Il reste à faire des progrès en matière de localisation. Une abeille s'aventure jusqu'à 10 km de sa ruche et parvient ensuite à y revenir sans difficulté. Il faut comprendre comment elle arrive à cette prouesse. Ainsi, un robot martien en vadrouille pourrait retourner à sa sonde mère.

Pour comprendre comment les yeux de la mouche analysent le mouvement, les chercheurs branchent de minuscules électrodes directement sur les neurones de l'insecte.



N. Franceschini



Même si l'option ne part pas favorite, le robot européen Exomars pourrait être équipé de détecteurs de mouvement inspirés des yeux de la mouche pour éviter les obstacles sur la planète rouge.

Des yeux de mouche pour Exomars

↳ Dès 2015, un instrument inspiré des insectes pourrait équiper la mission européenne Exomars : un détecteur d'obstacles basé sur les yeux d'une mouche. Cette proposition des chercheurs de l'université du Surrey (Angleterre) est en cours d'étude à l'ESA. Actuellement, comme c'est le cas pour Spirit et Opportunity⁽¹⁾, deux caméras dressent une carte en trois dimensions afin de repérer les rochers à contourner. Les deux robots doivent s'arrêter toutes les 10 secondes pour rafraîchir leurs données et établir un nouvel itinéraire. À ce rythme-là, quelques mètres seulement sont parcourus chaque jour. Avec la nouvelle méthode, Exomars se contenterait, comme la mouche, de calculer le mouvement apparent des obstacles entre deux images successives en deux dimensions. Le robot déterminerait son chemin tout en se déplaçant. Et roulerait ainsi plus loin que ses prédécesseurs.

(1) Arrivés sur Mars en 2004, les deux robots américains explorent depuis deux sites distincts de la zone équatoriale.

voler pendant 30 minutes et parcourir plus de 60 km. À côté, avec à peine une dizaine de kilomètres chacun au compteur en quatre ans, les robots Spirit et Opportunity, actuellement sur Mars, font pâle figure. Tels des éclaireurs, les engins miniatures pourraient aussi guider les rovers vers les zones les plus intéressantes sélectionnées par les planétologues.

Autre projet au nom évocateur : l'entomoptère, financé en 2002 par le Département des concepts avancés de la Nasa (aujourd'hui fermé). Il s'agit en fait d'une version améliorée d'un petit drone de surveillance conçu pour l'armée américaine. L'engin est flanqué de deux paires d'ailes, dont la forme rappelle celle des papillons de nuit. De 1 m d'envergure, il se déplace en vol battu à la manière d'une libellule. Cette "demoiselle" géante

n'existe encore que sur ordinateur. Mais elle constituerait une solution idéale pour évoluer dans l'atmosphère raréfiée de Mars⁽¹⁾, là où un avion aux ailes fixes devrait voler à 400 km/h pour ne pas s'écraser – trop rapide pour profiter de la vue. L'entomoptère, lui, décollera depuis l'atterrisseur martien, n'ira pas très loin mais sera d'une extrême agilité pour se poser, faire du sur-place et dénicher les meilleurs sites à étudier.

Pour l'heure, réduction du budget à la Nasa oblige, les deux projets ont été mis en attente. "Avant d'aller sur Mars, il faudra d'abord que ces prototypes arrivent à réaliser le même scénario de mission sur Terre, juge Stéphane Doncieux, de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (Paris). Mais quand je vois les progrès fulgurants obtenus actuellement par les drones, j'ai bon espoir que, d'ici dix ans, des insectes robots aillent voler sur la planète rouge."

(1) L'atmosphère martienne est 100 fois moins dense que celle de la Terre.