

# SCIENCES ET AVENIR

Sciencesetavenir.fr

## Teotihuacan

Dans les secrets  
du Serpent à plumes

p.50



# Le Guide HÔPITAUX

Spécial  
100 pages



## Les 600 services de pointe

p.97

pour se faire soigner  
par les meilleurs spécialistes  
des principales pathologies

M 02667 - 805 - F: 4,90 € - RD



NUMÉRO SPÉCIAL

avec

**Europe 1**

MARS 2014 - N° 805 - ANTILLES - RÉUNION 5 € / TOM (SURFACE) 730 XPF / TOM (AVION) 1400 XPF / CANADA 7,50 \$ / MAROC 45 MAD / TUNISIE 6,70 TND / BELGIQUE 5,10 € / ITALIE 5,10 € / LUXEMBOURG 5,10 € / SUISSE 7,50 CHF / GRÈCE 5,10 € / ESPAGNE 5,10 € / AUTRICHE 5,10 € / PORTUGAL (CONT) 5,10 € / ALLEMAGNE 6,90 €



# Minidrones : de l'intelligence dans l'air

Les objets volants sans pilote se miniaturisent, les labos de recherche s'inspirant désormais du vol des insectes. Revue de détail des technologies mises en œuvre.

Par Olivier Hertel

À PEINE PLUS GROS QU'UNE MOUCHE, il ne pèse que 20 milligrammes. Ses deux ailes battent frénétiquement, en silence. Le corps est étrange, sans tête, plat, avec juste un thorax en forme d'anneau souple et transparent. Aucun entomologiste ne saurait dire à quelle espèce il appartient. Rien d'étonnant puisqu'il s'agit de l'Ovmi (objet volant mimant l'insecte), développé à l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN) de Valenciennes (Nord). En d'autres termes un drone, un objet volant sans pilote. Une classification non officielle le rangerait même dans la catégorie des picodrones, ces machines de quelques milligrammes, plus légères que les nanodrones (autour de 20 g), eux-mêmes plus légers que les

microdrones (autour de 50 g). Cet Ovmi est donc un poids mouche, probablement le plus petit drone au monde. « C'est, pour l'heure, un prototype de laboratoire. Il ne vole pas encore », explique Éric Cattán, qui dirige le projet. Nous espérons un premier décollage dans les mois qui viennent. » Quoi qu'il en soit, les militaires y croient. La Direction générale de l'armement (DGA) vient d'accorder au programme un financement de 284 000 € sur trois ans. Il faut dire que le sujet passionne les armées mais également les services de police et de renseignements. Un forcené retranché dans une maison avec des otages ? L'envoi de l'un de ces drones discrets équipé d'un micro et d'une caméra pourrait permettre aux forces spécialisées de repérer les lieux avant d'intervenir. Des missions civiles

sont aussi envisagées, comme la recherche de survivants après une catastrophe naturelle où la détection de produits dangereux sur un site industriel.

## Des candidats espions qui intéressent l'armée

C'est d'ailleurs au sein de l'armée américaine que le concept de microdrone a émergé, sous l'impulsion de l'Agence pour les projets de recherche avancée de défense. La Darpa finance ainsi depuis le début des années 1990 le développement de ces engins dont elle espère qu'ils seront opérationnels en 2025. Les premiers prototypes commencent à voler. C'est notamment le cas du Nano-Hummingbird, développé par la société californienne AeroVironnement et présenté publiquement en février 2011. Ce drone d'envi-

## 2025

La date à laquelle l'armée américaine prévoit d'utiliser les microdrones sur le terrain.

ron 20 g — le poids d'une lettre — qui bat des ailes à la façon d'un colibri (*hummingbird* en anglais) est capable de faire du vol stationnaire et de se déplacer dans toutes les directions, aussi bien dans un bâtiment qu'en extérieur. Équipé d'une caméra, il transmet les images en direct. Seul problème technique encore non résolu : le battement de ses ailes produit trop de bruit pour en faire l'espion idéal. Beaucoup plus discret, Robobee, mis au point à l'université Harvard (États-Unis) par l'équipe de Robert Wood, est, quant à lui, un drone insecte (*bee* signifie abeille). Il mesure 3 cm d'envergure et pèse 80 milligrammes, soit 250 fois moins que le Nano-Hummingbird et est à ce jour le premier — et le seul — picodrone capable de voler et de manœuvrer. Une véritable prouesse.

« Pour de si petits engins, la physique du vol n'est pas la même

que celle utilisée en aéronautique. Les équations changent, et, pour la plupart, sont encore inconnues. Impossible donc de concevoir un drone à partir de la modélisation. Il faut passer par l'expérimentation, en testant de nombreux prototypes », explique Jean-Bernard Paquet, chercheur en aérodynamique à l'Onera, le centre français de recherche aérospatiale, qui travaille avec Éric Cattán sur l'Ovmi. Ces contraintes aérodynamiques imposent aussi de sortir des modes classiques de sustentation que sont les voilures fixes (aile d'avion) et les voilures tournantes (rotor d'hélicoptère). Les premières sont idéales pour des drones plus gros, au-delà de la dizaine de centimètre, et qui doivent se déplacer rapidement pour couvrir des distances importantes en extérieur. Les secondes sont parfaites pour des engins destinés à l'exploration en vol stationnaire, pour inspecter un ouvrage

L'Ovmi, probablement le plus petit drone au monde, affiche un poids de 20 mg. Développé par une équipe française à Valenciennes, il devrait pouvoir effectuer ses premiers vols d'ici à quelques mois.

d'art par exemple, et ce, même sur des gros engins. À l'échelle du Robobee ou de l'Ovmi, ces techniques ne sont plus envisageables. « Ici, la viscosité de l'air devient prépondérante. Faire tourner un rotor dans ces conditions reviendrait à faire voler un hélicoptère dans un pot de miel », précise Jean-Bernard Paquet. Les chercheurs ont donc opté pour des modes de propulsion alternatifs, en s'inspirant du vol des insectes. « Quand on observe une mouche, on voit bien que son vol est très performant. Elle se cogne contre les vitres, repart aussitôt dans une autre direction en faisant des manœuvres très serrées. Le vol battu nous a donc semblé être la bonne option », indique Éric Cattán. Problème : comment animer des ailes d'à peine plus d'un centimètre ? Là encore, impossible d'utiliser un moteur rotatif car celui-ci doit convertir, par un jeu de bielles et de manivelles, un mouvement

## Des objets volants de toutes les tailles



**ROBOBEE**  
3 cm d'envergure pour 80 mg. Premier picodrone à voler, le Robobee préfigure le futur de l'espionnage. Pour le moment, il est alimenté par un fil.

HARVARD UNIVERSITY

**PD-100**  
12 cm d'envergure pour 16 g. Ce mini-hélicoptère de la société norvégienne Prox Dynamics a été acheté par les armées anglaise et américaine. Il est déjà opérationnel en Afghanistan.



CROWN



**DT 18**  
1,8 m d'envergure pour 2 kg. Le DT 18 du français Delair-Tech a une autonomie de 2 h lui ouvrant de nombreuses missions : contrôle d'installations industrielles, surveillance de feux de forêt...

DELAIR TECH



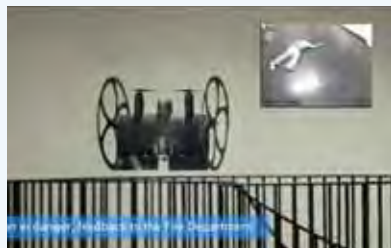
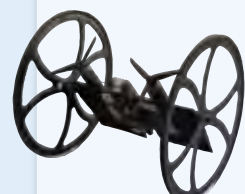
**GLOBAL HAWK**  
40 m d'envergure pour 15 t (charge utile). Ce drone de Northrop Grumman développé pour l'armée américaine vole jusqu'à 20 000 m d'altitude pendant plus de 24 h.

NORTHROP GRUMMAN

## Les drones hybrides, autre piste de recherche

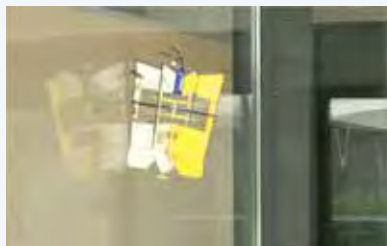
### MAVION

◀ **Ses deux roues en bout d'aile** lui permettent de rouler sur les murs, plafonds... Son vol est rapide ou stationnaire, pour inspecter son environnement.



### VISIONAIR

◀ **Grâce à sa ventouse**, il peut se fixer sur une vitre pour espionner ce qui se passe dans la rue. Un plus qui se rajoute à sa capacité de vol hybride.



En mode avion, le drone file à toute vitesse dans les rues. Soudain, à l'approche du bâtiment à inspecter, il s'arrête, suspendu dans les airs, attendant que les portes automatiques le détectent et s'ouvrent. L'exploration des locaux peut alors commencer... Voilà le genre d'exercices auquel se livre l'équipe de Jean-Marc Moschetta à l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace (Isae) de Toulouse. Son drone, baptisé Mavion, est un engin inédit, hybride, réunissant les aptitudes au vol d'un avion (déplacement rapide) et d'un hélicoptère (vol stationnaire). Son aile comporte en effet deux rotors. Quand la vitesse augmente, le flux d'air fait basculer l'engin à l'horizontal — en mode avion — optimisant ainsi l'aérodynamique et favorisant les déplacements rapides. Quand la vitesse diminue, l'aile « retombe » à la verticale, restant suspendue à ses deux rotors. C'est

le mode hélicoptère, idéal pour inspecter l'environnement. Mieux ! Les chercheurs de l'Isae ont équipé leur machine de deux grandes roues libres en bout d'aile. Mavion peut ainsi rouler sur les sols, les murs et les plafonds, ce qui facilite l'exploration d'un bâtiment. Le drone, qui enthousiasme déjà les unités d'intervention comme le Raid, est en cours de commercialisation auprès de la société Survey Copter, installée à Pierrelatte dans la Drôme. Un autre drone de l'Isae pourrait aussi intéresser les forces de l'ordre. Baptisé Visionair, il reprend le concept du vol hybride. Sa structure est différente, mais il est équipé d'une ventouse qui lui permet de se fixer sur une vitre d'un bâtiment pour espionner discrètement ce qui se passe dans la rue. D'autres systèmes de fixation sont à l'étude pour que le drone puisse s'accrocher à tous les types de mobilier urbain.

circulaire en mouvement rectiligne. Certes, ce système équipe bien le Nano-Hummingbird, mais son gabarit d'oiseau le permet, ce qui n'est pas le cas sur les picodrones où la place est comptée. Les chercheurs ont donc persisté dans le mimétisme avec l'insecte en insérant leurs ailes battantes sur un « thorax », lui-même entourant un « actionneur ». Ce dernier vibre rapidement induisant une vibration de chaque aile. « L'équipe de Robert Wood a ainsi développé un thorax en carbone formant comme une cage dans laquelle est inséré un actionneur constitué d'un matériau piézoélectrique. Lorsque ce matériau est soumis à une tension électrique, il se déforme, et peut même vibrer. Les ailes qui lui sont reliées, insérées sur des micro-articulations positionnées sur le thorax, se mettent, elles aussi, à vibrer, avec une amplitude qui peut être supérieure car la structure du thorax permet d'obtenir, en outre, une amplification mécanique », explique Guylaine Poulin-Vittrant, chercheuse CNRS au laboratoire Greman, à Tours.

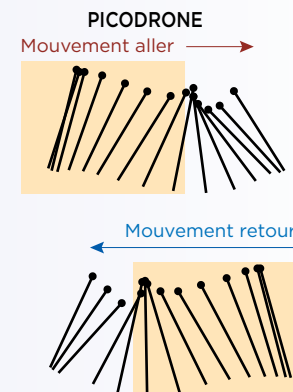
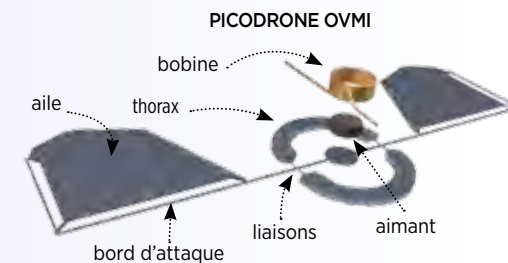
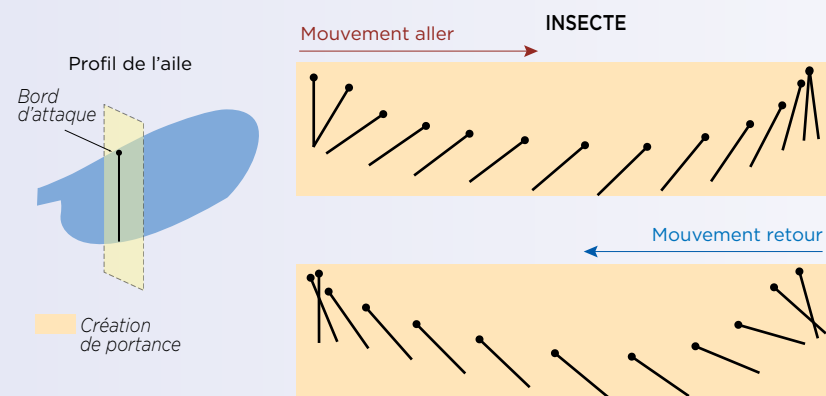
### Reste à trouver comment obtenir une torsion de l'aile

L'équipe de l'IEMN de Valenciennes a fait un choix radicalement différent : le thorax et les ailes d'Ovmi ne font qu'un. L'ensemble, en matériau polymère — une sorte de plastique souple —, fonctionne comme une balançoire à bascule. Au centre, une petite plate-forme (le *tergum*) constitue une extrémité de la balançoire à laquelle est reliée une « tige » tenant une aile (*idem* pour l'autre aile). La tige s'appuie sur le thorax qui joue ainsi le rôle d'axe de bascule de la balançoire. Reste à faire vibrer tout cela. « Nous plaçons un actionneur électromagnétique, constitué d'un aimant entouré d'une bobine électrique, sur le *tergum*. En faisant circuler un courant alternatif dans cette bobine,

## Il faut améliorer la portance pour imiter le vol battu de l'insecte

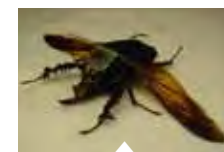
Dans le vol battu chez l'insecte, l'aile part de la verticale puis s'incline pour terminer son mouvement à nouveau à la verticale. Elle refait ensuite le même mouvement en sens inverse afin de revenir à sa position initiale. Cette manœuvre crée de la portance sur tout le parcours. Or l'aile du picodrone Ovmi revient à la verticale trop tôt, quasi à mi-course où

elle ne produit plus de portance. Les chercheurs de l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN) de Valenciennes (Nord) travaillent donc sur sa torsion afin d'imiter au mieux le battement de l'aile d'insecte. Seule la résolution de ce problème permettra d'obtenir les 25 % de portance qui manquent au picodrone pour décoller.



on génère une force magnétique qui fait vibrer l'aimant. La vibration est ainsi transmise aux ailes », explique Alexandre Bontemps qui a développé ce système durant sa thèse à l'IEMN. Mais ce système ne suffit pas à créer assez de portance pour faire décoller le drone. « Nous sommes à 75 % de la portance nécessaire, indique Jean-Bernard Paquet. Car, en plus du battement, il nous faut obtenir une torsion de l'aile, qui assure une part importante de la portance chez l'insecte. » Effectivement, les ailes d'une mouche ne battent pas de haut en bas mais suivent un mouvement complexe ressemblant à celui de la pelle d'un aviron, passant de la verticale à quasiment l'horizontal à la fin de chaque battement (voir l'infographie ci-dessus). Un changement de plan que seul permettrait une torsion. « Nous testons des prototypes avec des masselottes en bout d'aile afin de créer cette déformation, contribuant ainsi à obtenir un

angle d'attaque favorable quand l'aile arrive en bout de course », explique Éric Cattan. Pour l'heure, ce mouvement complexe n'est pas assez bien maîtrisé pour obtenir la portance voulue. Aussi, Thomas Van Neste, étudiant au laboratoire, se consacre entièrement à la résolution de ce problème. Reste que les obstacles sont encore nombreux avant que ces drones ne deviennent vraiment opérationnels, et d'abord celui de l'intégration d'une batterie. Ainsi, Robobee est-il encore alimenté par un fil. « Beaucoup d'équipes travaillent sur ce sujet. Nous pensons que d'ici à quelques années des batteries assez légères devraient faire leur apparition », estime cependant Éric Cattan. Le contrôle du vol pour que ces engins deviennent vraiment autonomes apparaît également comme un point important. Sur ce plan, Robert Wood, qui dispose de moyens financiers et humains d'envergure, a une longueur d'avance



Ce scarabée a été bardé d'électronique par une équipe de l'université de Californie pour être piloté à distance. Une manière de concevoir des drones vivants...

**LE + NUMÉRIQUE**  
Retrouvez l'Ovmi en vidéo avec toutes caractéristiques sur [sciav.fr/1cC7MaW](http://sciav.fr/1cC7MaW)

sur la petite équipe de l'IEMN. Grâce à un système déporté de marqueurs et de capture de mouvements (caméra) en temps réel, Robobee peut être déplacé dans l'espace ou mis en vol stationnaire. En revanche, le choix des matériaux piézoélectriques limite sa miniaturisation alors que les polymères utilisés par Ovmi permettent de descendre jusqu'à l'échelle nanométrique. La compétition s'annonce donc sévère. Et il faut aussi compter sur un challenger, l'équipe de Michel Maharbiz à l'université de Californie à Berkeley, qui a choisi une approche diamétralement opposée. Plutôt que de mimer l'insecte, ces chercheurs ont choisi de l'exploiter directement en lui « greffant » des composants électroniques reliés à des électrodes implantées dans son système nerveux. Ils ont ainsi réussi à faire voler et télécommander un gros scarabée. Pas très éthique, mais redoutablement efficace. ■