

À chacun son SATELLITE

Alex Soojung-Kim Pang et Bob Twiggs

Grâce à de minuscules satellites standardisés, les expériences spatiales sont à la portée des équipes de recherche les plus petites.

Plus d'une vingtaine de CubeSats ont été lancés avec succès. Conçus par des scientifiques des États-Unis, d'Asie, d'Europe ou d'Amérique du Sud, ils ont effectué diverses missions allant de la recherche biomédicale en microgravité aux études de la haute atmosphère. Leur popularité est croissante : de faible coût, de développement rapide et portés par une communauté internationale d'utilisateurs passionnés, ils représentent un outil pédagogique idéal pour les universités. Des équipes universitaires – souvent constituées principalement d'étudiants et de doctorants – ont vu le jour dans le monde entier pour s'y consacrer. Les CubeSats offrent aussi à des petits pays, des jeunes pousses et même des équipes de lycée, la possibilité de développer leurs propres programmes spatiaux. Les coûts de lancement pourraient bientôt se réduire à 7000 euros, assez bas pour que les amateurs soient intéressés. Les CubeSats sont en passe de produire, dans le domaine

spatial, le même effet que l'*Apple II* en informatique il y a 30 ans : une révolution due à la démocratisation d'une technologie connue, mais jusqu'alors inaccessible.

Des satellites de un kilogramme

De petits satellites de quelques kilogrammes existent depuis les débuts de l'ère spatiale ; *Sputnik 1* lui-même pesait à peine plus de 80 kilogrammes. Mais à mesure que les fusées ont gagné en puissance, les satellites sont devenus plus gros et complexes, à tel point qu'aujourd'hui, un satellite de communications ou de recherche pèse plusieurs tonnes.

Parallèlement, les « microsatellites » (d'un poids compris entre 10 et 100 kilogrammes) ont été marginalisés, mais sans jamais disparaître. Par exemple, des spécialistes de l'atmosphère en ont envoyé explorer la thermosphère, la couche atmos-

phérique qui s'étend de 80 kilomètres au-dessus de la surface terrestre à 600 kilomètres environ ; et depuis le début des années 1960, nombre de satellites de communications OSCAR (*Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio*, satellite orbital radioamateur) ont été conçus par des clubs d'amateurs issus d'universités, d'écoles d'ingénieurs ou de l'industrie spatiale pour faciliter la communication des radioamateurs.

L'intérêt pour les petits satellites a commencé à croître dans les années 1980, grâce

1. VUE D'ARTISTE DU CUBESAT *Explorer-1 [Prime]* de l'Université de l'État du Montana. Embarqué le 4 mars dernier sur la fusée *Taurus XL* de la NASA, ce petit satellite devait étudier la ceinture de Van Allen, une zone riche en particules de haute énergie qui entoure la Terre. Mais à cause d'un incident technique, la fusée n'a pu atteindre une vitesse suffisante pour placer le satellite en orbite. À plus de 550 kilomètres d'altitude, il est retombé sans avoir pu transmettre de signal. Une copie du satellite devrait être lancée dès octobre prochain.

LES AUTEURS



Alex SOOJUNG-KIM PANG, docteur en histoire des sciences de l'Université de Pennsylvanie, est membre associé de la *Saïd Business School* de l'Université d'Oxford, en Angleterre. Bob TWIGGS, professeur à l'Université d'État de Morehead, dans le Kentucky, aux États-Unis, est l'un des créateurs du concept de CubeSat.

à la miniaturisation électronique et au développement des techniques de précision et de systèmes microélectromécaniques (notamment les minuscules accéléromètres que l'on trouve aujourd'hui dans de nombreux appareils, des *iPhone* aux airbags).

Dès la fin des années 1990, il semblait possible de créer des satellites fonctionnels ne pesant qu'un kilogramme, avec une taille qui réduirait les coûts de développement et de lancement et encouragerait les développeurs à concevoir de nouveaux types de missions. La NASA elle-même a encouragé les ingénieurs à proposer des approches meilleur marché de la science spatiale.

C'est dans ce contexte que l'un d'entre nous (Bob Twigg, alors à l'Université de Stanford) et Jordi Puig-Suari, à l'Université polytechnique d'État de Californie, se sont rendu compte que le concept de petit satellite ne décollerait pas sans un minimum de standardisation et sans partage des savoir-faire : il fallait suivre l'exemple des logiciels libres, qui avaient atteint à bon marché une notoriété mondiale simplement parce que leur code source était en libre circulation et améliorable par tous. C'est ainsi que les deux ingénieurs ont publié en 2000 le cahier des charges du CubeSat. Ce document de dix pages donne quelques recommandations simples : chaque unité doit être un cube de dix centimètres de côté (à un dixième de millimètre près) et donc occuper un volume de un litre. Par ailleurs, son poids ne doit pas dépasser un kilogramme. Les CubeSats peuvent également être rectangulaires, occupant le

volume de deux ou trois boîtes cubiques ; on parle alors de CubeSats 2U ou 3U (pour deux ou trois unités cubiques).

Un CubeSat est constitué d'un cadre métallique qui contient et protège l'électronique, les instruments, les systèmes de communications et d'alimentation. Les CubeSats sont en outre souvent équipés de panneaux solaires sur plusieurs côtés et d'une antenne extérieure ; certains seront sans doute bientôt dotés de systèmes de navigation rudimentaires, avec de minuscules tuyères capables de stabiliser l'attitude de vol de l'appareil et de l'orienter dans une direction donnée.

Des satellites conçus par des étudiants

Modulaires, les CubeSats sont lancés dans des châssis standards qui en contiennent plusieurs (à l'instar des bonbons dans un distributeur PEZ) et les éjectent une fois que la fusée a atteint l'orbite. En 2003, J. Puig-Suari a publié le plan d'un tel déployeur orbital, avec lequel il devenait possible de transporter et lancer en toute sécurité les CubeSats comme « passagers clandestins » sur les fusées lancées alors par les agences spatiales américaines et russes. La même année, l'entreprise *Pumpkin*, à San Francisco, a livré le premier kit commercial pour CubeSat – qui combine des composants prêts à l'emploi tels qu'une carte mère électronique, un cadre métallique, une batterie et des panneaux solaires – offrant un gain de temps aux scientifiques peu expérimentés en missions spatiales.

L'intérieur des CubeSats est aussi varié que les équipes qui les fabriquent. Ouvrez-en un et vous verrez un mélange de matériel aérospatial et de technologies disponibles dans le commerce ; des instruments scientifiques sur mesure ; du matériel recyclé de missions spatiales antérieures ; des équipements radio provenant de boutiques locales d'électronique ; ou du matériel informatique récupéré sur des micro-ordinateurs ou acheté sur *eBay*.

Depuis le début, les membres de la communauté CubeSat se sont appuyés sur l'expérience, les réussites et les astuces des uns et des autres ; les nouveaux arrivants apprennent vite que tout est mis en commun – hormis la charge utile du satellite, c'est-à-dire le matériel dédié à sa mission. Quand les développeurs font une découverte (un modèle de transmission pour



Spencer Lowell

2. DES CHERCHEURS DE L'UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE à Berkeley ont conçu *Cinema*, un CubeSat triple (3U) pour étudier les tempêtes magnétiques à l'aide de capteurs miniaturisés, de détecteurs de particules et de magnétomètres embarqués.