

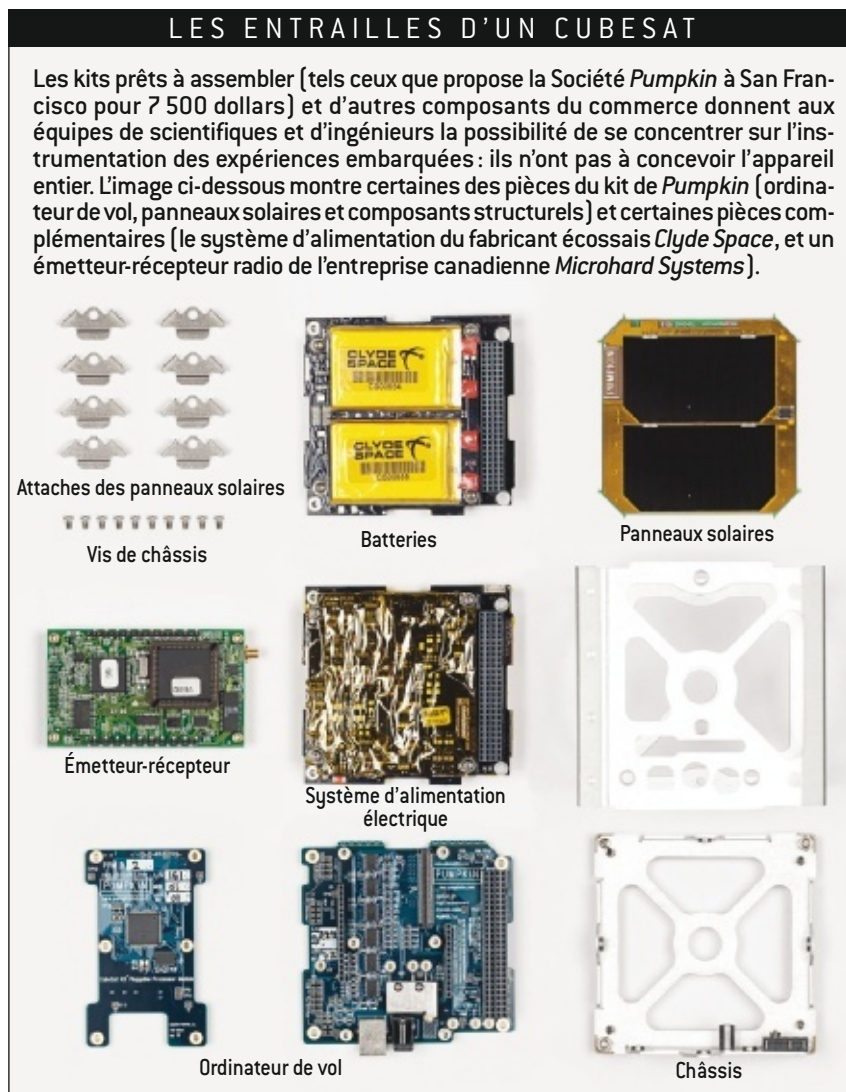
radioamateur qui fonctionne dans l'espace plus longtemps que les autres, par exemple), ils la partagent avec les autres concepteurs de CubeSats.

Nous nous sommes vite aperçus que les CubeSats intéressent les étudiants, et que ces derniers peuvent en tirer de nombreux enseignements. Les étudiants des programmes traditionnels de génie aérospatial travaillent sur des projets théoriques ou conçoivent de petites parties de gros systèmes qui rejoignent l'espace des années après la fin de leurs études. Un CubeSat, par contraste, est un objet que les étudiants peuvent tenir dans leurs mains. Il peut être construit par une équipe travaillant dans une seule pièce. Les étudiants peuvent créer des satellites fonctionnels en un ou deux ans, ce qui en fait des projets de thèse idéaux. Ils ont la responsabilité directe des projets CubeSat : même les étudiants de premier cycle peuvent être chefs de projet et spécialistes de mission, et la perspective d'envoyer le fruit de leur travail dans l'espace est une excellente motivation. Pour les enseignants, les CubeSats sont attrayants, car ils présentent tous les aspects d'ingénierie des grands satellites et offrent ainsi aux étudiants un moyen d'acquérir des bases solides et complètes sur leur conception.

Des expériences en microgravité

Ces dernières années, l'expérimentation sur CubeSat a rallié des scientifiques et des institutions de plus en plus variés. Les ingénieurs du secteur aérospatial et les astrophysiciens ont été rejoints par des professeurs et des étudiants d'autres domaines, et des entrepreneurs ont mis sur pied des compagnies offrant des services de lancement et un soutien. Des pays sans véritable programme spatial ont pu en démarrer un. La Suisse et la Colombie ont déjà lancé leurs premiers CubeSats, et plusieurs autres en préparent, telle l'Estonie. Avec les CubeSats, des programmes spatiaux voient même le jour à l'échelle de certains États des États-Unis. En particulier, le Kentucky a formé un consortium d'institutions académiques à but non lucratif pour bâtir une industrie du CubeSat.

Les premières missions à visée éducative étaient démonstratives : les « Beep-Sats », comme on surnommait ces premiers projets, transmettaient des signaux radio



pour confirmer qu'ils étaient fonctionnels et prouver que les petits satellites pouvaient communiquer avec des stations au sol. Depuis, l'état de l'art a évolué vers des objectifs scientifiques plus sérieux. La communauté CubeSat a aujourd'hui dépassé une « masse critique de missions réussies et importantes », note le technologue de la NASA Jason Crusan, et a désormais les moyens de répondre à ses détracteurs.

Les CubeSats sont devenus des outils utilisés dans de nombreux domaines, dont certains sont controversés ou en friche. Lancé en 2003, *QuakeSat* devait aider à mieux prédire les séismes en détectant des changements du champ magnétique terrestre à très basse fréquence (quelques dizaines de hertz). *QuakeSat* a fonctionné quelques mois et renvoyé avec succès des données à sa station au sol basée à Stanford ; la plupart des sismo-

logues restent cependant sceptiques sur la relation entre les très basses fréquences et les tremblements de terre, ou sur l'intérêt de détecter les très basses fréquences depuis l'espace. *LightSail 1*, quant à lui, est un CubeSat 3U conçu par la *Planetary Society* pour tester la première voile solaire au monde – une technologie envisagée pour se propulser dans l'espace et, notamment, sillonner le Système solaire. La NASA a annoncé en février que le CubeSat avait été retenu pour un lancement prochain.

La NASA, les agences de renseignement et les militaires commencent aussi à expérimenter les CubeSats. Ce revirement est remarquable, car il y a encore quelques années, les spécialistes de l'espace pensaient que les CubeSats ne seraient jamais assez puissants ou sophistiqués pour mener des missions scientifiques ou de surveillance, ne seraient jamais commandés avec

précision et rejoindraient les déchets spatiaux qui s'accumulent sur les orbites terrestres basses. La microélectronique, les capteurs, les batteries et autres composants avaient beau s'améliorer, les organismes habitués à financer la construction de satellites de la taille d'une automobile (en centaines de millions d'euros et en milliers d'années de main-d'œuvre) n'imaginaient pas qu'un satellite de la taille d'une boîte à chaussures mérite la moindre attention.

Le programme *Colony 1* du Bureau de reconnaissance américain, par exemple, utilise des CubeSats pour tester en vol de nouvelles technologies avant de les installer sur de gros engins. D'autres scientifiques effectuent dans des CubeSats de la recherche pharmaceutique. Ainsi, le Bureau des petits engins spatiaux, au Centre de recherche Ames de la NASA, a placé en 2006 et 2007 deux CubeSats en orbite terrestre basse pour tester l'utilisation d'outils courants des « laboratoires sur puce », afin d'évaluer si les biologistes pourront réaliser des expériences bon marché en microgravité. Trois ans plus tard, le groupe a testé l'efficacité

de médicaments antibactériens en microgravité – une première étape vers l'élaboration d'une pharmacopée pour missions humaines de longue durée. Et en juillet 2010, l'entreprise *NanoRacks*, à Houston, a installé un support pour CubeSats sur la Station spatiale internationale et loue l'emplacement à des compagnies pharmaceutiques ou à d'autres industries qui souhaitent mener des recherches dans l'espace, ainsi qu'à des établissements d'enseignement, et même à un lycée.

Étudier la thermosphère

Certains CubeSats sont consacrés à la météorologie et au climat. *CloudSat*, conçu par des scientifiques de l'Université d'État du Colorado, étudiera la structure verticale des nuages et leur formation sur des périodes de plusieurs jours, ce que les météorologues embarqués sur des avions ne peuvent pas faire. La mission *Firefly*, soutenue par la *National Science Foundation*, déploiera un détecteur de rayons

gamma et un photomètre pour mesurer les éclairs de rayons gamma terrestres qui jaillissent de l'atmosphère en direction de l'espace, en général lors des orages.

CloudSat et *Firefly* observeront des phénomènes se déroulant dans la troposphère, la couche atmosphérique de 16 kilomètres d'épaisseur dans laquelle nous vivons. Une autre classe de CubeSats étudiera la thermosphère (entre 90-100 kilomètres et 600 kilomètres d'altitude). La thermosphère est balayée par le vent solaire et le plasma ionisé éjecté par la couronne solaire, et est perturbée par l'activité magnétique des taches solaires ; sa limite supérieure s'élève et s'abaisse en fonction de l'activité solaire. Ces variations interfèrent parfois avec les performances des satellites en orbite basse : la Station spatiale américaine *Skylab* s'est désintégrée en 1979 quand un pic d'activité inattendu dans la thermosphère a augmenté la force de traînée exercée sur la station et l'a attirée vers la Terre. La Station spatiale internationale, les satellites du système GPS, de la radio et de la télévision sont en orbite dans la thermos-

LA SCIENCE SPATIALE, NOUVELLE ACTIVITÉ DOMESTIQUE

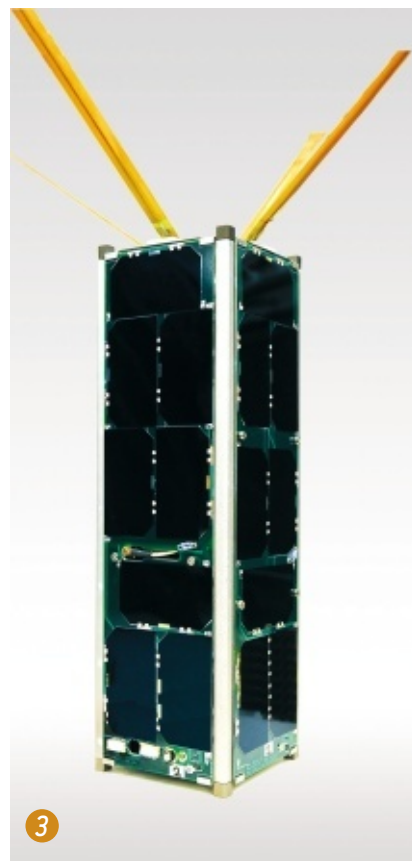
- 1 La Faculté et les étudiants de Cal Poly, l'Université polytechnique d'État de Californie, testent ici un système magnétique pour ajuster l'attitude de vol d'un CubeSat, dans le cadre de la préparation de CP6, une mission CubeSat lancée avec succès en 2009.
- 2 La Suisse a lancé son premier satellite, le *SwissCube*, en 2009. Construit par une équipe qui comptait environ 200 étudiants, ce CubeSat a observé la lueur créée dans la haute atmosphère par les rayons cosmiques.
- 3 Le *Radio Aurora Explorer*, lancé en novembre dernier, étudiera comment le vent solaire perturbe l'ionosphère de la Terre. Il a été construit par l'Université du Michigan et l'Institut de recherche américain *SRI International*.
- 4 Le CubeSat *O/OEOS* (*Organism/Organic Exposure to Orbital Stresses*) de la NASA, lancé en novembre dernier, évaluera la possibilité de faire des expériences biologiques en microgravité à bas coût.
- 5 Des étudiants de l'Université de Liège, en Belgique, construisent le CubeSat *OUTI* (*Orbital Utility for Telecommunications Innovation*) pour les communications radio numériques.



California Polytechnic State University



EPFL



SRI International