

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 thermosphère.

## LA SCIENCE SPATIALE, NOUVELLE ACTIVITÉ DOMESTIQUE

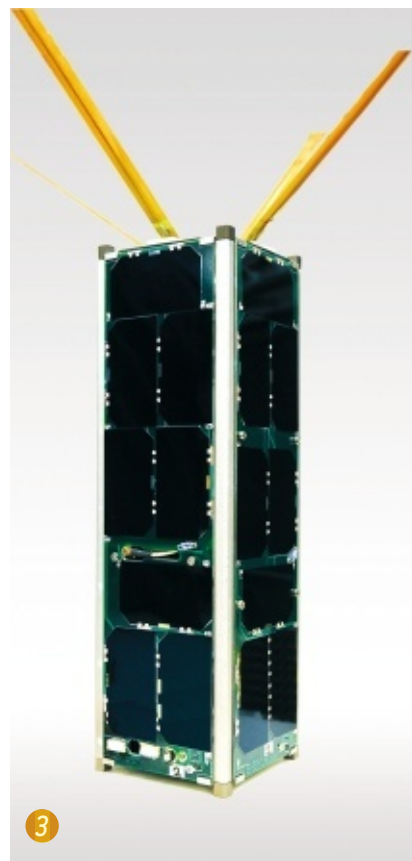
- 1 La Faculté et les étudiants de Cal Poly, l'Université polytechnique d'État de Californie, testent ici un système magnétique pour ajuster l'attitude de vol d'un CubeSat, dans le cadre de la préparation de CP6, une mission CubeSat lancée avec succès en 2009.
- 2 La Suisse a lancé son premier satellite, 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

phère : comprendre comment se comporte cette couche est donc aussi important pour les communications et la science que l'étude des océans l'est pour le commerce mondial. Or les gros satellites évoluant sur des orbites plus hautes ne peuvent pas observer directement la thermosphère ; ils la voient coincée entre l'exosphère (la dernière couche de l'atmosphère terrestre) et la mésosphère (entre 50 et 100 kilomètres d'altitude environ), tandis que les instruments des fusées sondes prennent des mesures directes, mais seulement le long de la trajectoire de la fusée et durant quelques minutes...

Le premier CubeSat de la thermosphère à atteindre l'espace a été le *SwissCube* de la Suisse, lancé fin 2009. Le *SwissCube* mesure et cartographie la lumière du ciel nocturne, c'est-à-dire la faible émission de lumière issue de réactions chimiques et physiques dans la haute atmosphère, afin d'aider les scientifiques à mieux comprendre ses causes et à la filtrer plus efficacement lorsqu'ils étudient d'autres phénomènes atmosphériques ou terrestres.

L'innovation la plus révolutionnaire apportée par les CubeSats a peut-être été l'introduction d'un nouveau modèle économique dans le domaine spatial. Les CubeSats étant lancés « en seconde classe » dans une fusée affrétée pour une autre mission, les équipes font des économies et partagent les frais. La contrainte principale devient la date de lancement, qui est imposée. En outre, grâce aux faibles coûts, l'échec est mieux toléré tout au long de la conception et du développement : si un CubeSat explose sur l'aire de lancement ou ne se déploie pas dans l'espace, c'est très décevant, mais pas catastrophique (et il y a des ratés : 14 CubeSats ont été perdus à cause d'une panne de fusée en 2006, et 9 autres n'ont pas établi le contact avec la station au sol ou de façon très limitée). Lorsque des satellites classiques sont lancés, plusieurs millions d'euros sont en jeu, contre 70 000 euros pour les CubeSats.

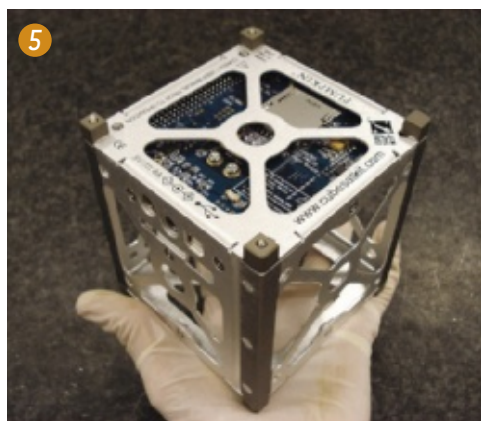
## Des satellites jetables

Certaines équipes vont plus loin : elles placent délibérément leurs CubeSats sur des orbites autodestructrices, afin que ceux-ci retombent et se consomment dans l'atmosphère une fois leur mission terminée. « Les CubeSats peuvent aller à des endroits où leur durée de vie sera courte », note J. Puig-Suari. « Je peux faire un satellite jetable que j'enverrai dans des lieux dangereux. Non seulement sa perte n'est pas un problème, mais on peut l'utiliser à notre avantage. »

Deux exemples de cette approche sont des missions à la conception desquelles B. Twigg a contribué. La première est une collaboration d'équipes européennes, asiatiques et américaines appelée QB50. Le consortium va lancer 50 CubeSats 2U à la limite externe de la thermosphère. Sur plusieurs mois, à mesure que les frottements de l'atmosphère ralentiront les satellites, leurs orbites vont se dégrader, et ils vont recueillir des informations sur la composition chimique, la densité et la température de la thermosphère à des altitudes de plus en plus basses, jusqu'à ce qu'ils retombent sur Terre.

Le second exemple est une mission nommée POPACS (*Polar Orbiting Passive Atmospheric Calibration Sphere*). Trois CubeSats 3U seront lancés pour mesurer l'échauffement de l'atmosphère terrestre par les éruptions solaires. Tandis que les

**Si un CubeSat explose sur l'aire de lancement ou ne se déploie pas dans l'espace, c'est très décevant, mais pas catastrophique.**



### ✓ SUR LE WEB

Le site officiel du projet CubeSat :  
[www.cubesat.org](http://www.cubesat.org)

Le site d'AMSAT, la corporation des satellites radioamateurs :  
[www.amsat.org/amsat-new/](http://www.amsat.org/amsat-new/)

Le site du CubeSat Robusta réalisé à l'Université de Montpellier 2 :  
[www.ies.univ-montp2.fr/robusta/](http://www.ies.univ-montp2.fr/robusta/)

### ✓ BIBLIOGRAPHIE

CubeSat Design Specification Revision 12, California Polytechnic State University, 2009.  
Disponible sur Internet :  
[www.cubesat.org/images/developers/cds\\_rev12.pdf](http://www.cubesat.org/images/developers/cds_rev12.pdf)