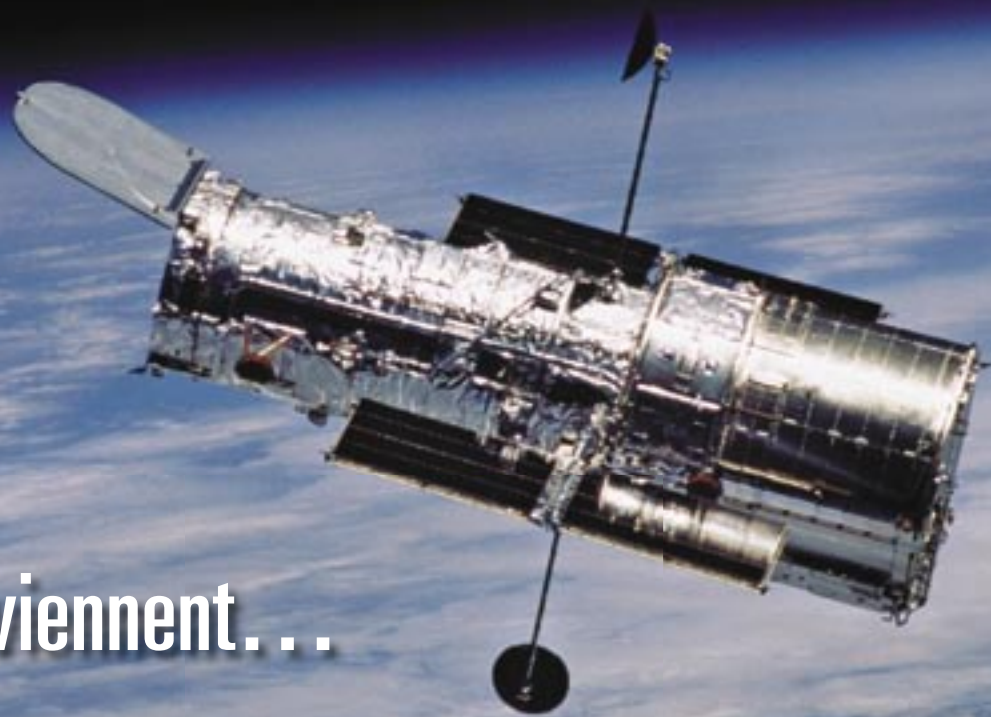
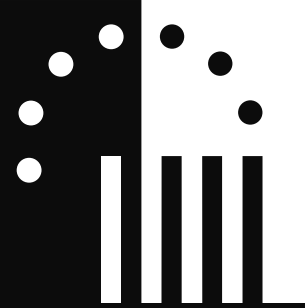


# 60 *Space* connection



## Dossiers

Les secours viennent...  
de l'espace!

Le chant du cygne de Hubble

Des satellites à la mode étudiante

Ces clichés ont été effectués le 7 décembre de l'année dernière par le satellite européen d'observation de la Terre Envisat. On y distingue clairement la fumée dégagée par les incendies de forêt dans l'Etat de Victoria au sud-est de l'Australie. L'île apparaissant dans le bas est la Tasmanie. Les satellites de l'ESA observent les incendies de forêt sur la Terre entière depuis dix ans. © ESA



# Les secours viennent... de l'espace!

La Terre est une planète très agitée. Tremblements de terre, inondations, éruptions volcaniques, incendies de forêt et autres catastrophes naturelles représentent une menace permanente pour les populations et leurs biens. La population ne cesse d'augmenter et elle se concentre de plus en plus dans des régions régulièrement touchées par des séismes, le long des côtes et dans des plaines fréquemment inondées ou à l'ombre de volcans menaçants.

A plus ou moins brève échéance, ces populations risquent d'être victimes d'une catastrophe naturelle. Rien qu'au cours de ces 25 dernières années, on estime à 350 000 le nombre de victimes de tremblements de terre. Mais il existe encore d'innombrables autres menaces comme les épidémies et les désastres provoqués par l'homme, comme les guerres et les catastrophes environnementales.

Bénéficiant d'une vue globale sur notre planète, les satellites en orbite autour de la Terre constituent les instruments idéaux pour surveiller les désastres menaçant notre planète et même à les prévenir dans un certain nombre de cas. Ils peuvent nous aider à mieux comprendre les soubresauts de la nature et, en cas de calamité, à soulager la misère. Dans ce domaine, l'ESA, l'Agence spatiale européenne et l'Union européenne sont des acteurs de premier plan.

## Assistance cosmique après une catastrophe dévastatrice

26 décembre 2004. Un tsunami ravage l'Océan Indien. Ce sont essentiellement les zones littorales de l'Indonésie, de la Thaïlande et du Sri Lanka qui sont touchées, mais les consé-

quences de la catastrophe s'étendent jusqu'aux Maldives et à l'Afrique. 230 000 morts sont enregistrés dont plus de 165 000 rien que dans la province indonésienne d'Aceh, dans l'extrême nord de l'île de Sumatra.

Immédiatement après le désastre, l'International Charter on Space and Major Disasters s'est mobilisé. Grâce à cette coopération réunissant plusieurs agences spatiales du monde, la réalisation et la mise à disposition d'images satellites d'une zone dévastée deviennent la priorité absolue.

Vu l'ampleur des dégâts, les satellites ont joué un rôle majeur tant dans l'estimation des dommages que dans la coordination des actions de secours. Les cartes établies sur base des observations satellites ont été particulièrement précieuses lors de la reconstruction.

L'assistance depuis l'espace est notamment fournie par le programme *Global Monitoring for Environment and Security*, *GMES* en abrégé. Il s'agit d'une initiative particulièrement ambitieuse réunissant l'ESA et la Commission européenne. GMES rassemble des données collectées sur Terre et dans l'espace par des satellites. Le but consiste à développer un système intégré pour l'observation de l'environnement et les problèmes de sécurité. GMES scrute l'évolution de l'environnement à court, moyen et long terme. Cette observation doit étayer les décisions et investissements concernant l'environnement. L'ESA collabore dans ce cadre avec un groupe d'utilisateurs opérationnels.

Respond est l'un des services du GMES soutenu par l'ESA. Respond existe depuis 2003 et coopère avec l'industrie et



les organisations humanitaires pour l'obtention plus facile de cartes, images satellites et géoinformations.

Lors des opérations de secours et de reconstruction qui ont suivi le tsunami, Respond a fourni des informations émanant de différentes sources. Des cartes permettant de déterminer les dégâts ont été dressées avec la collaboration notamment de l'entreprise belge Keyobs. Keyobs est spécialisée dans le domaine des systèmes d'informations géographiques (SIG) et des techniques d'observation de la Terre et propose par exemple son aide pour l'analyse de situations complexes, la prise de décision et la gestion. En tant que partenaire privilégié d'organisations d'aide humanitaire, cette entreprise d'Angleterre a mis au point un service spécifique pour des situations d'urgence et plus particulièrement dans les pays en voie de développement.

Keyobs a entre autres réalisé des cartes du Soudan et du Tchad, de la République démocratique du Congo et de Sumatra. Selon Keyobs, *'dans un monde où remédier aux crises humanitaires devient sans cesse plus complexe et où il faut prendre en compte les aspects logistique, sécurité, épidémies et environnement, ces cartes apportent une aide précieuses aux organisations d'aide humanitaire'*.

Keyobs propose par exemple l'*Humanitarian Mapping Service*, en abrégé *Human*, pour la mise à disposition en ligne de cartes pour aider les intervenants humanitaires travaillant sur le terrain ou à partir d'un poste central. Elles favorisent le suivi en Afrique de situations de crise en évolution permanente.

Grâce à Respond, dans les jours qui ont suivi le tsunami, des centaines de cartes ont été très rapidement établies partant de données collectées par pas moins de 19 satellites diffé-



Autre cliché d'Envisat du volcan sicilien Etna, culminant à 3350 mètres, réalisé le 25 novembre 2006. © ESA

rents. En janvier 2005, des centaines de milliers de téléchargements de ces cartes ont été enregistrés. Après les premières cartes destinées à mesurer les dégâts, les membres de Respond en ont produit d'autres pour soulager les besoins à plus long terme et pour la reconstruction. Elles sont incontournables pour des organisations comme la Croix Rouge et Médecins sans Frontières. *'Nous disposions de photos avant et après la catastrophe et avons ainsi pu évaluer rapidement la situation locale et l'étendue des dégâts. Notre intervention est d'autant plus efficace'* déclare Alice Moreira de l'organisation non gouvernementale française Architectes de l'Urgence (ADU).

Respond a rendu service lors d'autres calamités. Quelques exemples:

- Le 8 octobre 2005, le Cachemire est frappé par un séisme d'une magnitude de 7,6 sur l'échelle de Richter. L'épicentre se situe à Muzaffarabad à 140 kilomètres d'Islamabad, capitale du Pakistan. La catastrophe a au moins fait 50 000 victimes. Les informations géographiques détaillées du consortium Respond ont été essentielles dans la 'course contre la montre' pour fournir à la veille de l'hiver, nourriture et abri aux trois millions de sans-abri.



Ces images du satellite Ikonos de Space Imaging montrent une partie de la province d'Aceh sur l'île indonésienne de Sumatra. La photo de gauche a été prise le 10 janvier 2003. La photo de droite montre la même région, le 29 décembre 2004, quelques jours après la vague destructrice qui a détruit Aceh. Les zones agricoles situées à basse altitude ont été complètement submergées. © Space Imaging/CRISP-Singapore

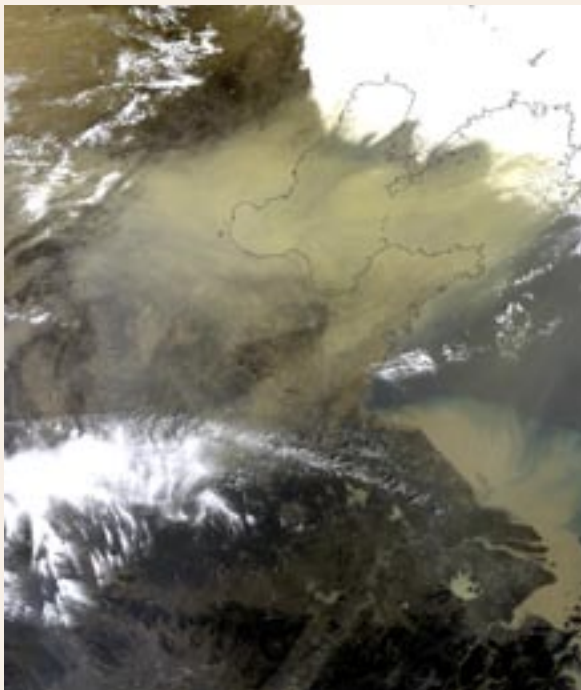
■ Le personnel de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) s'est appuyé sur des cartes détaillées établies sur la base d'image satellites de zones urbaines pour lutter contre l'apparition du virus mortel de *Marburg*. Ce virus, comme le virus Ebola provoque des hémorragies internes. Il est apparu en avril 2005 à Luanda (Angola) et a fait des centaines de victimes, parmi lesquelles de nombreux enfants de moins de cinq ans. Des cartes actualisées de villes angolaises ont été dressées partant des clichés des satellites d'observation de la Terre SPOT 5 et Ikonos. Ces cartes ont notamment livré des informations sur la propagation du virus.

■ Au Soudan, dans la région du Darfour, décimée par la guerre et la violence, se déroule l'une des pires tragédies humaines de notre ère. Selon les estimations, près d'un

million et demi de personnes ont dû quitter leur maison dans une région aussi grande que la France. L'équipe Respond a utilisé ici dix détecteurs installés sur neuf satellites, parmi lesquels le satellite d'observation de la Terre de l'ESA, Envisat. Les photos ont été livrées pratiquement en temps réel. La saison des pluies pose un énorme problème car elle provoque le débordement soudain de lits de rivières asséchées dans le désert et il faut alors parfois dix jours pour parcourir une distance d'à peine 120 kilomètres. Des informations actuelles sur le réseau routier et une analyse des inondations ont ici joué un rôle primordial. Le radar ASAR à bord d'Envisat est particulièrement adapté pour l'observation des routes et la cartographie du relief et constitue un outil précieux pour détecter la présence d'eau. Grâce aux images satellites, il a été possible d'identifier les routes restées praticables. Les données satellites ont également permis de localiser des sources d'eau et d'établir de nouveaux camps de réfugiés au Tchad pour environ 200 000 Soudanais.

*En avril 2006, la capitale chinoise Beijing a connu la tempête de poussière la plus violente de ces cinq dernières années. Elle provenait du désert de Mongolie. De nombreuses personnes ont souffert de troubles respiratoires et la population a été invitée à garder les enfants à la maison. Ces dernières années, à la suite de la désertification croissante, le problème s'est aggravé. Les particules de poussière peuvent même atteindre les Etats-Unis. Depuis l'espace, des satellites comme Envisat qui a réalisé ces clichés, peuvent parfaitement suivre le déroulement de ce type de phénomène naturel.*

© ESA



*Les satellites sont indispensables pour l'évaluation des dégâts provoqués par une catastrophe naturelle. Cette photo impressionnante de l'ouragan Katrina a été prise le 28 août 2005 par le Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) à bord d'Envisat. On observe l'ouragan à l'ouest de la Floride, au-dessus du Golfe du Mexique.*

© ESA



## Mieux comprendre le 'Système Terre'

Le rôle des satellites ne se limite pas à aider à remédier aux conséquences d'une catastrophe; ils peuvent aussi aider à en étudier les causes et à mieux les comprendre. L'Union européenne a ainsi soutenu pendant plus de 15 ans des dizaines de programmes de recherche concernant les tremblements de terre. Des chercheurs du *Joint Research Centre (JRC)* de la Commission européenne ont par exemple étudié avec l'aide des satellites le séisme qui en 2001 a frappé la province indienne du Gujarat à proximité de la frontière pakistanaise et qui avait coûté la vie à 20 000 personnes.

Ils peuvent ensuite corriger les modèles sismiques existant et tenter d'établir un lien entre l'ampleur de la secousse tellurique et ses conséquences. Il s'agit de recherches qui ouvrent de nouvelles voies et qui peuvent progressivement déboucher sur la prévision effective de tremblements de terre.

L'Union européenne recourt également aux technologies spatiales pour dresser la carte des incendies de forêt et mieux comprendre les dégâts qu'ils provoquent. C'est important, car l'Europe enregistre chaque année environ 45 000 incendies de forêt qui tous les cinq ans réduisent en cendres un territoire aussi vaste que la Belgique. L'homme aussi détruit les forêts. 13 millions d'hectares de forêts tropicales sont abattus chaque année, l'équivalent d'un territoire de la taille de la Grèce. Des millions de tonnes d'émissions de carbone sont ainsi libérées dans l'atmosphère. Le déboisement est dès lors une importante source de gaz à effet de serre.

Les satellites *Sentinel* ont été mis au point dans le cadre du GMES. Ils doivent être lancés dans l'espace à partir de 2010. Sentinel 2 par exemple, embarquera un capteur pour obser-



ver la surface de la Terre et plus particulièrement le déboisement dans les pays en voie de développement. Le satellite sera capable d'observer tous les cinq jours l'ensemble de la Terre avec des détails de l'ordre de dix mètres.

L'Europe soutient la recherche sur les problèmes mondiaux qui menacent la Terre, comme l'effet de serre. Grâce aux nouvelles technologies, les chercheurs peuvent combiner les données fournies par les bases de données, les radars et les satellites pour concevoir des modèles plus performants pour la prévision d'inondations par exemple. Le projet *Demeter* de l'Union européenne est l'exemple d'un projet destiné aux prévisions à long terme de la météo et des inondations.

Le rapport le plus autorisé jamais rédigé sur les changements climatiques a été publié en février à Paris. Il met en garde contre le relèvement du niveau des mers et la hausse des températures sur Terre. 2500 spécialistes issus de 130 pays y ont travaillé pendant six ans. Les satellites joueront un rôle déterminant dans l'identification des mesures requises pour lutter contre le réchauffement de la Terre. Ils ont déjà livré de précieuses informations sur, par exemple, l'évolution de la glace sur notre planète.

Des données recueillies par les satellites d'observation de la Terre de l'ESA, ERS 1, ERS 2 et Envisat et le satellite canadien Radarsat 1 révèlent que les glaciers du Groenland fondent deux fois plus vite que prévu. Les satellites aident également les chercheurs à mieux comprendre le cycle du carbone. Leurs observations de la lumière solaire réfléchiée par la Terre, des incendies de forêt et de l'utilisation des sols représentent un apport important pour l'établissement de modèles décrivant le cycle du carbone.

'Grâce au développement des satellites de la série *Earth Explorer* et aux missions *Sentinel*, le programme *Living Planet* de l'ESA élargira nos connaissances du Système Terre, nous aidera à anticiper les changements de notre environnement et à remédier aux effets négatifs des changements globaux affectant notre planète,' *affirme-t-on à l'ESA.*

Et enfin... si l'homme est menacé, son héritage culturel l'est tout autant. Mais dans ce domaine également, les satellites proposent leurs services. En 2003, l'ESA et l'UNESCO ont signé une convention dans laquelle ils s'engagent à surveiller depuis l'espace des centaines de sites culturels et naturels du Patrimoine de l'Humanité. Des avancées sont toujours possibles, puisque même les satellites non militaires sont capables d'observer des détails de moins d'un mètre.

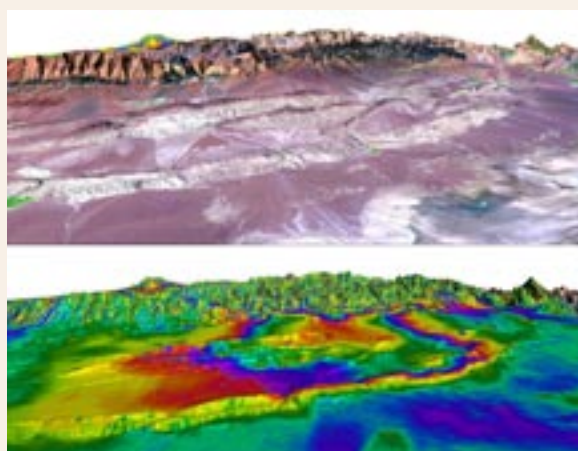
**Benny Audenaert**



*Metop, premier satellite polaire de l'ESA de météorologie opérationnelle a été lancé dans l'espace le 19 octobre 2006. Il est destiné à améliorer les prévisions météorologiques et à surveiller le climat. En l'espace de 14 ans, trois satellites Metop seront lancés. Les satellites sont indispensables pour apprendre à mieux comprendre le fonctionnement de la Terre en tant que système. © EADS Astrium/C. Mériaux*



*Les satellites participent aussi à la protection de notre patrimoine culturel. Une lagune autour de Venise et la ville, photographiées par le microsatellite belge Proba de l'ESA. Le cliché a été réalisé le 11 novembre 2004.*



*Le 14 mars 1998, une zone faiblement peuplée du sud-est de l'Iran a été touchée par un séisme. La photo du haut montre une représentation de la région en trois dimensions, réalisée par le satellite américain Landsat. L'image du bas s'appuie sur la fameuse radarinterférométrie, sur la base de données d'un satellite européen ERS d'observation de la Terre et révèle des déformations de la surface terrestre. Le séisme de 1998 a touché une vallée de l'autre côté des montagnes visibles en arrière plan. © NASA/JPL/ESA*

# Assistance cosmique sur l'Internet

Le satellite Cryosat aurait dû observer la glace sur notre planète mais il a été détruit lors de son lancement en octobre 2005. Ce satellite de la série Earth Explorer est jugé tellement important qu'un deuxième exemplaire sera lancé en 2009. © ESA

Sans être exhaustif, voici quelques pages Internet intéressantes sur la contribution que peut apporter la recherche spatiale dans la lutte contre les catastrophes et les problèmes globaux que doit affronter notre planète.

## Disaster Monitoring Constellation (DMC)

[www.dmcii.com](http://www.dmcii.com)

DMC est une constellation de cinq petits satellites construits à bas prix au Royaume-Uni (par Surrey Satellite Technology Ltd) chargés d'observer les catastrophes terrestres et d'aider à la coordination des opérations de secours. Ils appartiennent à l'Algérie, la Chine, le Nigéria, la Turquie et le Royaume-Uni. Ils peuvent à n'importe quel moment effectuer des clichés dans n'importe quelle région du monde et ont prouvé leur utilité notamment à l'occasion du tsunami de 2004 et les graves inondations au Soudan en 2005.

## Earth Explorer

[www.esa.int/esaLP/ASEWGNW95C\\_LPearthexp\\_0.html](http://www.esa.int/esaLP/ASEWGNW95C_LPearthexp_0.html)

Les satellites de l'ESA de la série *Earth Explorer* doivent largement contribuer à une meilleure connaissance du 'Système Terre'. Ils constituent le volet scientifique du programme *Living Planet* et se concentrent sur l'étude de l'atmosphère, de la biosphère, l'hydrosphère, la cryosphère et l'intérieur de la Terre en insistant sur les répercussions de l'activité humaine sur les phénomènes naturels sur notre planète. Ils seront lancés dans l'espace à partir de 2007.

## Envisat

[www.esa.int/esaEO/SEMWYN2VQUD\\_index\\_0\\_m.html](http://www.esa.int/esaEO/SEMWYN2VQUD_index_0_m.html)

De nombreuses photos de ce dossier ont été prises par l'ambitieux satellite d'observation de la Terre de l'ESA, Envisat, lancé le 1er mars 2002. Il est équipé d'une dizaine d'instruments optiques et radars extrêmement sophistiqués scrutant en permanence la Terre, l'atmosphère, les océans et les pôles. Les données d'Envisat constituent une véritable récolte d'informations nous permettant de mieux appréhender les changements climatiques.

## Epidemio

[www.epidemio.info](http://www.epidemio.info)

Epidemio est un projet financé par l'ESA où les satellites sont des sources d'information en cas d'épidémie. Le projet est destiné à illustrer les possibilités offertes par l'observation de la Terre et à les exploiter pour l'étude, le suivi et la prévision des épidémies. Il a démarré en janvier 2004 et s'est achevé en avril de l'année dernière. En combinant par exemple des données satellites d'Envisat et des résultats recueillis sur 'le terrain', un lien a pu être établi entre l'apparition du virus Ebola au Congo et au Gabon et une période de grande sécheresse et cette connaissance s'est avérée utile dans la prévention de l'Ebola.

## Global Monitoring for Environment and Security (GMES)

[www.esa.int/esaLP/LPgmes.html](http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html)

[www.gmes.info/](http://www.gmes.info/)

Initiative conjointe de l'ESA et de la Commission européenne. Le GMES veut rassembler fournisseurs et utilisateurs de données pour qu'ils puissent mieux accorder leurs violons. De nouveaux services plus performants livrent ainsi des informations concernant l'environnement et la sécurité. Trois services *fast-track* dont un axé sur les secours lors de catastrophes, devraient être opérationnels dès 2008. Après le système européen de navigation par satellite Galileo, le GMES est considéré comme le nouveau vaisseau amiral de l'aéronautique européenne et constitue la participation européenne au programme international *Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)*.



### **International Charter on Space and Major Disasters**

[www.disasterscharter.org](http://www.disasterscharter.org)

Par cette charte, signée le 20 octobre 2000, l'ESA et les agences spatiales française et canadienne CNES et CSA, veulent proposer un système harmonisé dans lequel des données satellites pourraient être utilisées lors de catastrophes naturelles ou d'origine humaine. En cas de désastre, en appelant un numéro de téléphone unique, des usagers autorisés peuvent mobiliser plusieurs satellites et leurs infrastructures terrestres. Depuis, d'autres organisations, notamment argentine, indienne, japonaise et américaine ont adhéré à la charte.

### **Keyobs**

[www.keyobs.be](http://www.keyobs.be)

L'entreprise Keyobs du *Spatiopôle* d'Angleur (Liège) est spécialisée dans les secteurs des systèmes d'information géographique (SIG) et des techniques d'observation de la Terre. Partenaire privilégiée des organisations d'aide humanitaire, elle a conçu un service spécifique d'aide en situation d'urgence, principalement dans les pays en voie de développement. Il s'agit notamment de cartographie, structuration et gestion de fichiers de données, établissement de cartes de camps de réfugiés et suivi des épidémies.

### **Living Planet**

[www.esa.int/esaLP/index.html](http://www.esa.int/esaLP/index.html)

Programme ESA destiné à étendre nos connaissances de la Terre en tant que *système* grâce à la mise au point de satellites de la série *Earth Explorer* et aux nouvelles missions Sentinel en appui du GMES.

### **Respond**

[www.respond-int.org/Respond/](http://www.respond-int.org/Respond/)

Fédération rassemblant des organisations européennes et internationales et l'industrie. Elle doit faciliter aux organisations d'aide humanitaire, l'accès aux cartes, images satellites et géoinformations. Mise en place dans le cadre des services GMES et soutenue par l'ESA. Respond accroît l'efficacité des opérations de secours grâce à une application correcte et fiable des informations géographiques.

### **Sentinel**

[www.esa.int/esaLP/SEMZHMODU8E\\_LPgmes\\_0.html](http://www.esa.int/esaLP/SEMZHMODU8E_LPgmes_0.html)

Famille de satellites d'observation de la Terre opérationnels de l'ESA s'inscrivant dans le segment astronautique du GMES.

### **UNOSAT**

[unosat.web.cern.ch/unosat](http://unosat.web.cern.ch/unosat)

UNOSAT relève de l'*Office for Project Services (UNOPS)* des Nations-Unies. Il s'agit d'un consortium sans but lucratif, finan-

cé par le *Earth Observation Market Development Programme* de l'ESA, l'agence spatiale française CNES et le Ministère français des Affaires étrangères. Sur la base d'accords avec des fournisseurs de services d'information, UNOSAT fournit des informations géographiques aux agences de l'ONU et aux organisations humanitaires et de développement. UNOSAT est un partenaire du consortium Respond et utilise également des données satellites dans le cadre de projets de développement par exemple dans la Corne de l'Afrique, la région frontalière entre la Mauritanie et le Sénégal et au Nicaragua.

### **Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI)**

[www.zki.dlr.de/intro\\_de.html](http://www.zki.dlr.de/intro_de.html)

Le *Centre d'Information de Crise par Satellite* est un service proposé par le centre de données d'observation de la Terre, de l'agence spatiale allemande, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*. L'objectif poursuivi est l'acquisition, le traitement et l'analyse rapides d'informations recueillies par les satellites lors de catastrophes environnementales, d'aide humanitaire et de problèmes de sécurité. Les analyses sont réalisées en fonction des besoins spécifiques des organisations politiques et humanitaires nationales et internationales. Le ZKI opère dans un contexte allemand, européen et international. Le ZKI se charge de la coordination des activités du DLR associées à l'International Charter on Space and Major Disasters.

B.A. *Envisat: le fleuron de l'ESA pour l'observation de la Terre. © ESA*



# Le chant du cygne de Hubble



*La nébuleuse d'Orion, berceau d'étoiles, photographiée par le télescope spatial.*  
© NASA

Aucun télescope, peut-être même aucun instrument scientifique de l'histoire récente n'a autant frappé les imaginations que le télescope spatial Hubble. Le télescope, projet dominé par la NASA, l'agence spatiale américaine, mais teinté d'une forte participation de sa consœur européenne l'ESA est dès à présent entré dans la légende. Depuis son lancement il y a dix-sept ans, il a non seulement largement contribué aux progrès de l'astronomie, mais il a en même temps accumulé une série impressionnante de superbes clichés de l'univers, photos qui révèlent la majestueuse beauté de l'univers.

Néanmoins, le génial télescope spatial semble jeter ses derniers feux. Il est victime de défaillances qui ont notamment entraîné la mise hors d'usage de la principale caméra de bord et les directeurs de vol ne sont pas certains de pouvoir maintenir le télescope encore longtemps opérationnel. Il y aura tout au plus l'envoi d'une dernière navette spatiale vers Hubble pour la réalisation de travaux d'entretien et de réparations et le remplacement d'instruments. C'étaient jusqu'à présent précisément ces missions régulières de réparations qui ont maintenu Hubble en état de fonctionnement. La NASA a décidé de retirer les navettes spatiales de la circulation en 2010 et les rares vols encore programmés sont exclusivement destinés à la construction de l'ISS, la station spatiale internationale, ne laissant aucune marge pour l'entretien de Hubble. Les jours du télescope semblent dès lors comptés.

Nous revenons dans ce dossier sur la tumultueuse saga du télescope spatial, quelques unes de ses plus remarquables

découvertes et de ses plus belles photos et nous nous penchons sur ses actuelles difficultés et son éventuel avenir.

## Histoire d'un télescope spatial

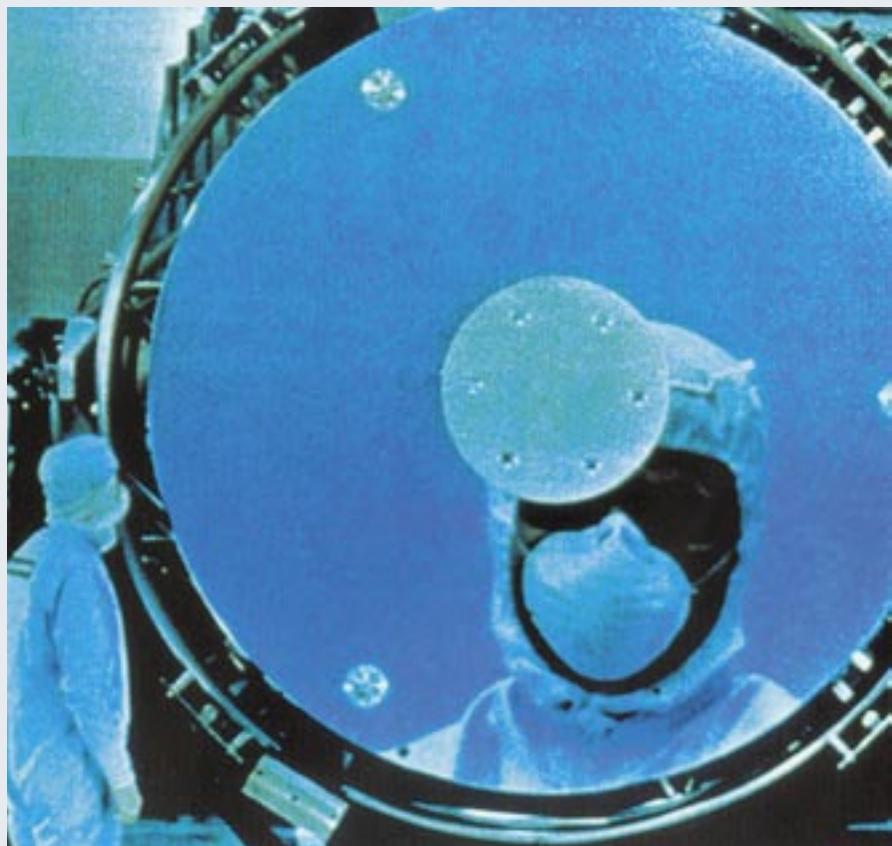
L'histoire du télescope spatial Hubble débute bien avant son lancement en 1990. Avant même le commencement de l'ère spatiale, avant le lancement du tout premier satellite, les astronomes se sont rendus compte qu'une orbite autour de la Terre, au-dessus de l'atmosphère constituait un poste d'observation idéal pour un observatoire astronomique (cf. cadre : 'Pourquoi un télescope dans l'espace?'). En 1946, l'astronome américain Lyman Spitzer en appelait déjà à la construction d'un télescope spatial (ce terme désignant un télescope installé dans l'espace et non pas un simple télescope pour observer l'espace). Mais il faudra néanmoins patienter de longues années avant que le rêve d'un grand télescope dans l'espace ne devienne réalité. Vers la fin des années soixante, les plans commencent à se cristalliser autour d'un projet concret de Large Space Telescope (LST) de trois mètres de diamètre. Il devait être lancé dans l'espace par la future navette spatiale sur laquelle la NASA commençait à plancher à ce moment pour succéder aux capsules Apollo. Une fois dans l'espace, le LST recevrait la visite régulière d'un équipage de navette pour l'entretien et les réparations. Cela devait assurer une longue espérance de vie au télescope, de même qu'une modernisation permanente de ses instruments scientifiques. A cette époque, la NASA pen-



Le miroir principal du télescope spatial mal taillé lors d'essais au sol.  
© NASA

sait que la navette spatiale serait abordable et fiable et que, dans les années quatre-vingt, les missions spatiales habitées seraient devenues de la routine. Il était même envisagé de ramener de temps à autre le télescope sur Terre dans la soute de la navette pour un 'grand entretien'. Au terme de son existence, il serait rapatrié définitivement sur Terre – probablement pour occuper une place d'honneur dans le Smithsonian Museum de Washington.

Des aléas budgétaires et politiques dans les années septante ayant presque provoqué l'enterrement du projet l'ont finalement ramené à des dimensions plus modestes. Le télescope (oublié le *large*) serait équipé d'un miroir plus abordable de 2,4 mètres de diamètre et la NASA ne serait pas seule à payer la facture. L'ESA, l'agence européenne fut embarquée dans l'aventure et en échange d'une participation européenne (notamment un instrument scientifique et les panneaux solaires), des astronomes européens bénéficieraient de 15 pour cent du temps d'observation. La date de lancement du projet révisé fut fixée à 1983. Le télescope fut baptisé du nom d'Edwin Hubble, l'astronome américain qui dans les années vingt avait découvert la théorie de l'expansion de l'univers – le nom de Lyman Spitzer, l'inspirateur du projet de télescope spatial fut attribué plus tard à un autre satellite astronomique.



Quelques équipes de recherche belges exploitent les données de Hubble. A l'Université de Liège, des images ultra-précises des caméra ACS et NICMOS sont utilisées pour étudier des quasars, des trous noirs et de la matière sombre grâce au phénomène de lentille gravitationnelle. D'autres chercheurs de l'ULg utilisent la caméra ACS et le spectromètre STIS

pour étudier les processus complexes qui se produisent dans la magnétosphère de Jupiter et qui provoquent des aurores comme dans nos régions polaires. A l'Université Gent, les images de Hubble sont utilisées pour étudier la structure et l'évolution dynamique de galaxies, comme notre Voie Lactée.

## Le Hubble Space Telescope en chiffres

Position: *Orbite basse autour de la Terre, 589 km d'altitude*

Période de révolution: *96 minutes*

Constructeurs: *NASA et ESA*

Date de lancement : *24 avril 1990*

Masse: *11 tonnes*

Diamètre: *2,4 mètres*

Distance focale: *57,6 mètres*

Type : *Ritchey-Chrétien*

Gamme de longueurs d'onde: *lumière visible, ultraviolet, infrarouge*

Source d'énergie: *panneaux solaires*

Instruments (2007):

NICMOS: *caméra infrarouge et spectromètre*

ACS: *caméra pour la lumière visible (en panne)*

WFPC2: *caméra pour la lumière visible*

STIS: *spectromètre et caméra pour la lumière visible (en panne)*

FGS: *capteurs pour orientation et réglages*



La nébuleuse du Crabe, vestiges d'une étoile disloquée, photographiée par Hubble.  
© NASA



*Déploiement dans l'espace de Hubble après des réparations réussies.*  
© NASA

Enfin, l'arrivée du télescope dans l'espace fut encore retardée. Lorsque début 1986 le télescope fut enfin presque terminé, l'accident de la navette spatiale Challenger (le 28 janvier 1986) est venu tout gâcher. Les missions de la navette spatiales furent interrompues pendant deux ans et l'ensemble du programme de lancement remanié. La cadence des lancements fut considérablement ralentie. Ce n'est que le 24 avril 1990 que le Hubble Space Telescope (HST) fut enfin placé sur orbite autour de la Terre par la navette spatiale Discovery.

Le télescope spatial est un télescope à miroirs (réflecteurs) du type Ritchey-Chrétien, à l'image de nombreux grands télescopes modernes installés sur la terre ferme. Dans ce type de télescope, la lumière est collectée par un miroir principal concave (hyperbolique) qui la concentre en un faisceau et la réfléchit vers un miroir secondaire qui la dirige à son tour vers les instruments scientifiques. Il s'agit essentiellement de caméras (pour photographier) et de spectrographes (pour dissocier la lumière dans ses différentes longueurs d'onde). Hubble est équipé de plusieurs instruments (cf. cadre), qui peuvent entrer en action en fonction des besoins. Un système de miroirs rétractables détermine l'instrument vers lequel la lumière du télescope sera orientée. Les instruments sont montés à l'arrière du télescope grâce à un système 'modulaire' qui permet aux astronautes de remplacer facilement les anciens instruments (de la taille environ d'une cellule téléphonique) par de nouveaux.

La communauté des astronomes et la NASA nourrissaient d'énormes espoirs à l'égard du télescope spatial. Ce télescope devant être unique et le plus performant au monde, ses concepteurs avaient voulu une qualité optique la plus

parfaite possible. Le miroir principal devait être le meilleur jamais conçu pour un télescope. Le miroir d'un télescope doit soigneusement respecter la forme prescrite. Pour réfléchir correctement la lumière vers le foyer, les irrégularités du miroir doivent être inférieures à la longueur d'onde de la lumière (pour la lumière visible entre environ 400 et 750 nanomètres ou millièmes de millimètre). Pour de nombreux télescopes, la tolérance varie dans la pratique entre un cinquième ou un dixième de la longueur d'onde. Une tolérance plus sévère d'un vingtième de la longueur d'onde fut imposée pour le miroir principal de Hubble. Pour atteindre cet objectif, le miroir fut taillé avec une extrême précision et testé dans les moindres détails.

La consternation fut d'autant plus grande lorsque lors des premiers essais dans l'espace, il apparut que Hubble ne produisait pas d'images précises. Un examen révéla que le miroir présentait un grave défaut d'optique : une aberration sphérique. Les irrégularités du miroir étaient effectivement minimes, mais la forme globale affichait un écart de près de 2000 nanomètres. La cause de ce défaut était semble-t-il imputable à un instrument utilisé par le fabricant optique Perkin-Elmer pour tester le miroir au sol. Une erreur de positionnement d'une lentille de 1,3 millimètre avait faussé les résultats des tests. Comble de l'ironie : Kodak avait fabriqué un miroir de réserve pour Hubble. Il s'avéra plus tard que la forme de ce dernier était correcte, mais il avait été considéré comme de qualité inférieure avant le lancement.

Le télescope avait été conçu de manière modulaire pour pouvoir facilement remplacer des pièces dans l'espace, mais le remplacement du miroir principal ne figurait pas au programme. Il était également exclu de ramener le télescope sur Terre : cette opération aurait coûté une fortune et les normes de sécurité renforcées après l'accident de Challenger excluèrent l'atterrissage d'une navette lourdement chargée. Le miroir de secours n'a dès lors jamais servi. En lieu et place, les scientifiques et ingénieurs de la NASA ont imaginé une autre solution : le télescope porterait des 'lunettes'. Un système à deux petits miroirs, baptisé COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) pouvant être placé devant les instruments fut construit. L'un des miroirs de COSTAR intégrait une 'aberration' calculée avec précision pour compenser exactement le défaut du miroir principal de Hubble. Un photomètre, instrument de mesure fut sacrifié pour pouvoir installer COSTAR. De plus, le WFPC2, un nouvel instrument destiné à Hubble intégrait d'emblée une correction optique (ce qui serait également le cas de tous les instruments qui lui succéderont).

COSTAR et WFPC2 ont été montés sur le télescope spatial en décembre 1993, lors de la première mission d'entretien et de réparation sur Hubble. Les astronautes ont dû effectuer des travaux d'une complexité inimaginable pour l'époque durant cinq longues sorties dans l'espace. Quelques gyroscopes et



les panneaux solaires européens furent remplacés par la même occasion (ils provoquaient trop de vibrations) et Hubble fut doté d'un ordinateur plus performant. Cette mission de réparation fut couronnée de succès. Même si cet épisode laissa un goût amer, les astronomes disposaient désormais enfin d'un télescope fonctionnant parfaitement dans l'espace.

Actuellement, quatre missions d'entretien et de réparations du même type ont été réalisées et une cinquième est en préparation. A chaque fois, ce fut l'occasion de réparer de petites pannes (les gyroscopes qui contrôlent la position du télescope dans l'espace se sont avérés peu fiables et ont dû être régulièrement remplacés) et de remplacer d'anciens instruments. Le télescope spatial Hubble qui gravite actuellement autour de la Terre est un engin nettement plus moderne que celui de 1990. Il est équipé de nombreuses caméras et spectromètres modernes, le maintenant toujours à la pointe de la recherche astronomique.

### Science et photographie avec Hubble: un top-5

Au cours de ces dix-sept dernières années, Hubble a fourni des trésors d'informations scientifiques. En 2006, les archives des observations de Hubble comptaient pas moins de 27 téraoctets. Grâce à ces données, des astronomes ont déjà publié plus de 6300 articles scientifiques dans des revues professionnelles. Il apparaît en outre que les articles fondés sur les données de Hubble sont cités en moyenne deux fois plus dans la littérature scientifique que d'autres articles sur l'astronomie.

Les mérites scientifiques du télescope spatial ne résident pas tellement dans les 'découvertes' isolées qui seraient l'œuvre exclusive des activités de Hubble. Les recherches effectuées par le télescope spatial s'inscrivent dans d'étroites coopéra-



Mission d'entretien en 1997. © NASA

tions dans lesquelles des astronomes du monde entier se servent de Hubble, mais aussi d'autres instruments installés sur Terre ou sur d'autres satellites. Le télescope spatial a souvent joué un rôle déterminant dans ces coopérations. Les projets de recherche dans le domaine de la cosmologie (étude de l'univers dans son ensemble) auxquels Hubble a participé en sont l'illustration. Grâce notamment à Hubble, nous disposons à présent d'une image nettement plus précise de notre univers par rapport à il y a vingt ans. Nous connaissons la vitesse d'expansion de l'univers et savons que cette expansion s'accélère (au lieu de ralentir comme nous le pensions précédemment) et connaissons aussi assez précisément l'âge de l'univers (13,7 milliards d'années). Hubble a également participé à l'observation minutieuse des exoplanètes, ces planètes qui gravitent autour d'autres astres que le soleil. Le télescope spatial a effectué les premières mesures de la composition de l'atmosphère d'une de ces exoplanètes.

## Pourquoi un télescope dans l'espace ?

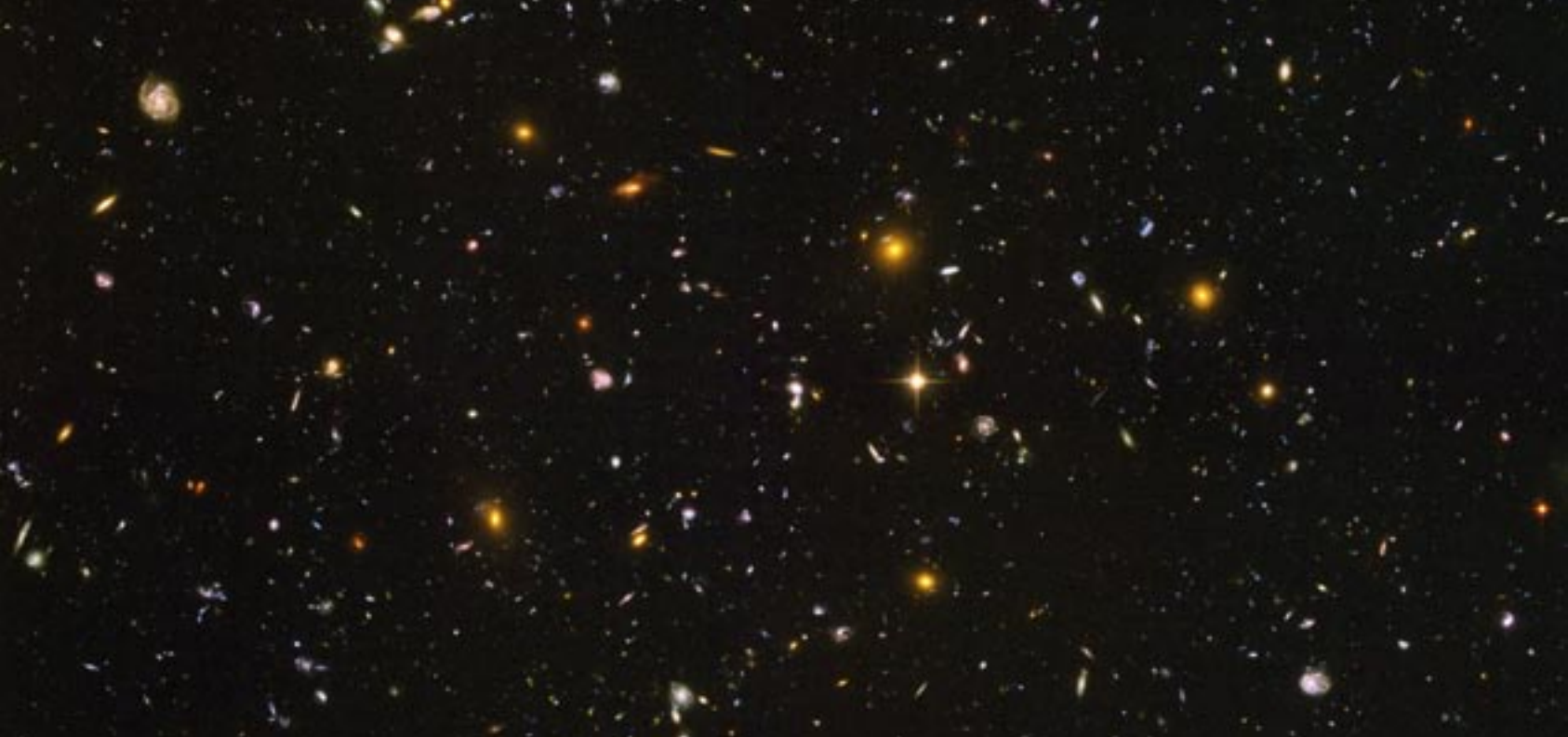
*Ce n'est pas parce que le télescope installé dans l'espace serait plus proche des corps célestes qu'il observe, que les astronomes souhaitent disposer d'un télescope spatial. Les six cents kilomètres d'altitude environ où gravite Hubble sont quantité négligeable par rapport aux distances astronomiques où se situent les étoiles et les galaxies qu'il scrute.*

*Pourquoi dès lors un télescope dans l'espace? Il y a deux raisons, liées toutes deux à l'influence nocive de l'atmosphère terrestre. Tout d'abord, les mouvements permanents de l'air rendent les contours des corps célestes légèrement flous. Il est par conséquent difficile d'observer depuis la Terre d'infimes détails*

*des corps célestes, quelle que soit la qualité du télescope. Il n'y a pas de déplacements d'air dans l'espace et la précision des images est exclusivement tributaire des dimensions et de la qualité du télescope. Deuxièmement, l'atmosphère fait totalement ou partiellement barrage à de nombreux rayonnements provenant de l'espace. La lumière visible est une heureuse exception, mais les rayonnements de longueurs d'onde différentes, comme l'infrarouge, l'ultraviolet ou les rayons X sont largement bloqués. Il faut dès lors des instruments installés au-dessus de l'atmosphère pour pouvoir les observer. Des satellites spéciaux ont été construits pour toute une série de rayonnements comme les rayons X et*

*le rayonnement dans le lointain infrarouge; néanmoins, dans l'espace, un télescope ordinaire pour la lumière visible comme Hubble peut capter énormément de lumière infrarouge et ultraviolette.*

*A l'heure actuelle, les astronomes peuvent pallier à une partie des inconvénients de l'atmosphère en s'appuyant sur des technologies modernes (la fameuse 'optique adaptative'), en installant leurs télescopes sur de hauts sommets (en tout cas au-dessus d'une partie de l'atmosphère) ou en utilisant avions ou ballons. Un poste d'observation dans l'espace demeure toutefois inégalable.*



*Le Hubble Ultra Deep Field (2005): innombrables galaxies aux confins de l'univers visible.*  
© NASA

Les fascinantes observations réalisées par Hubble sont trop nombreuses pour être citées dans le détail. Chaque astronome – et amateur de jolis clichés du cosmos – a sa liste personnelle d'observations préférées de Hubble. Space Connection propose son top-5 de clichés réussis et scientifiquement intéressants.

1 *Le Hubble Deep Field: galaxies aux confins de l'univers*  
Hubble a fait une série de clichés baptisés, *Hubble Deep Fields* et *Hubble Ultra Deep Field*, pour lesquels le télescope était braqué des journées entières sur une petite portion du ciel, pour pouvoir le scruter en profondeur. Les images révèlent des galaxies situées à treize milliards d'années-lumière. Leur lumière a été émise lorsque l'univers avait à peine cinq pour cent de son âge actuel (de 13,7 milliards d'années). Les photos livrent des tonnes d'informations aux astronomes à propos de la prime jeunesse de l'univers.

*La Nébuleuse de l'œil-de-chat, vestiges d'une étoile mourante.*  
© NASA



2 *Les 'piliers de la création'*

Une photo de Hubble prise en 1995 connue sous le titre *Pillars of Creation* et érigée au titre d'icône culturelle. C'est peut-être la plus belle de toutes les photos de Hubble. Elle montre des nuages de gaz et de poussière situés à 7000 années-lumière. De nouvelles étoiles naissent dans ce nuage gazeux.

3 *Taches sombres sur Jupiter*

En 1994, la comète Shoemaker-Levy 9 s'écrase sur la planète géante Jupiter. Les débris de la comète soulèvent des nuages de poussière dans l'atmosphère de la planète. C'est la première fois que les astronomes peuvent observer en direct une collision d'une telle violence dans le système solaire.

4 *La tanière de la Bête*

Les astronomes soupçonnent la présence d'énormes trous noirs dans les noyaux de nombreuses galaxies. Les trous noirs sont eux-mêmes trop petits pour être observés à cette distance, mais Hubble en a photographié les environs. Sur cette photo, on voit comment un trou noir (lui-même dissimulé au centre) est entouré d'un épais nuage circulaire de poussière.

5 *Le dernier soupir d'une étoile*

La beauté éthérée de cette 'Nébuleuse de l'œil-de-chat' est le résultat des derniers soubresauts d'une étoile mourante. L'étoile a expulsé ses couches extérieures de gaz dans l'espace, provoquant un fameux 'brouillard planétaire' (en dépit de son nom, il n'a rien à voir avec les planètes).

### Petits maux de vieillesse et doutes

Hubble souffre de maux de vieillesse. La santé du télescope décline rapidement et de sérieux doutes sont par ailleurs apparus à propos de son avenir, surtout depuis l'accident le 1er février 2003 de la navette spatiale Columbia. Après cette catastrophe, la NASA a commencé à émettre des dou-



tes sur la possibilité de poursuivre les entretiens de Hubble grâce à des missions de la navette. Le président George Bush a décidé de retirer les navettes de la circulation d'ici 2010 et les vols programmés d'ici-là devraient prioritairement être réservés à l'achèvement de la station spatiale ISS. Un vol spatial vers Hubble est de plus jugé plus dangereux. En cas de dégradation du bouclier thermique lors du lancement d'une navette vers l'ISS, les astronautes peuvent trouver refuge dans l'ISS et y attendre l'arrivée d'une deuxième navette. Mais lors d'une mission vers le Hubble Space Telescope cette option ne tient pas, l'orbite de Hubble étant beaucoup trop différente de celle de l'ISS. Le directeur de la NASA de l'époque, Sean O'Keefe, avait dès lors décidé dans un premier temps de ne plus autoriser de missions de la navette vers Hubble. Une sonde robot devait être mise au point pour s'arrimer à Hubble et contrôler son écrasement (pour éviter qu'il ne s'écrase plus tard au hasard, avec le risque de voir des débris toucher des zones habitées). L'actuel directeur de la NASA, Mike Griffin, est revenu sur cette première décision, notamment sous la pression de la communauté scientifique. Une dernière mission d'entretien est actuellement programmée. D'après le planning actuel, cette mission devrait être réalisée par la navette spatiale Atlantis en septembre 2008. Au cours de cette mission, une seconde navette sera prête à décoller de la base de Cape Canaveral, en cas d'urgence.

Hubble doit être réparé d'urgence. De nombreux gyroscopes ont rendu l'âme et il n'y a plus de réserve. Si un nouveau gyroscope tombe en panne, les observations en souffriront, car il deviendra plus difficile d'orienter correctement le télé-



scope et de maintenir sa position durant l'observation. De plus, deux des instruments scientifiques de Hubble sont déjà en panne. L'ACS (*Advanced Camera for Surveys*), la plus importante et la meilleure caméra embarquée, a connu des défaillances en janvier 2007 et doit pour l'instant limiter ses observations à l'ultraviolet. Le spectrographe STIS est en panne depuis 2004. Il doit être réparé durant la mission d'Atlantis en 2008. On ignore encore si l'ACS sera réparée ou remplacée.

Les 'Pillars of creation', berceau d'étoiles.  
© NASA

Grâce à cet ultime entretien, le télescope spatial devrait pouvoir rester opérationnel jusqu'en 2013. A cette date, si le programme est respecté, le successeur de Hubble, le *James Webb Space Telescope* (JWST) devrait être lancé.

Taches sur Jupiter après l'impact de la comète Shoemaker-Levy 9 en 1994. © NASA



Anneau de poussière autour du trou noir dans la galaxie NGC 7052. © NASA



# Des satellites à

Libertad-1, premier satellite colombien, était lancé le 17 avril du cosmodrome de Baïkonour. Ce 'cubesat' de 0,995 kg, qui tient dans une main, a été réalisé par une équipe de professeurs et d'étudiants de l'Universidad Sergio Arboleda de Bogota. Sur orbite entre 660 et 787 km, ce nano-satellite va transmettre des messages jusqu'à épuisement de ses batteries. Comme le fit, il y a un demi-siècle, le premier Spoutnik. Libertad-1 est le résultat d'un projet pédagogique de dimension internationale : basé sur le concept Cubesat d'une université américaine, il a pu être expédié dans l'espace par une fusée russo-ukrainienne. Et ce n'est qu'un exemple parmi tant d'autres.

Sur l'ensemble du globe, depuis une dizaine d'années, on assiste à l'éclosion d'une communauté éducative autour de teams étudiants qui s'investissent dans le développement de systèmes spatiaux micro-miniaturisés. Il s'agit de toucher au nouveau monde de l'espace - un environnement hostile à l'accès difficile - dans le cadre de travaux de groupe et de fin d'études. L'objectif est de concevoir, réaliser et exploiter de petits satellites, compacts et légers, économiques et fiables. Le plus souvent pour observer la surface terrestre (télé-détection) ou la voûte céleste (astronomie), pour étudier «in situ» l'environnement spatial (rayonnements, micro-météorites, débris).

## Défis pour innover, risques à surmonter

Cette démarche pédagogique entend familiariser les futurs ingénieurs, les jeunes chercheurs, la nouvelle génération d'étudiants aux contraintes et rigueurs d'une mission dans l'espace et, surtout, à l'esprit d'équipe. Ambitieuse vu son caractère

interdisciplinaire, cette approche ne manque pas d'audace. Elle présente de réels atouts qui sont à la hauteur des défis à relever. A savoir :

- Faire léger et compact, économique et performant, passe par la maîtrise de solutions technologiques à travers des architectures innovantes de systèmes et d'équipements. Les logiciels de calcul des structures, matériaux et mécanismes, d'analyse de leur comportement en vol, constituent des outils incontournables. Il faut par ailleurs s'informer sur les possibilités de lancements "low cost" pour que leur satellite soit placé sur orbite dans les meilleures conditions. On doit concevoir et construire les stations de contrôle au sol et de collecte des données.
- Qualifier des composants "sur étagère" - dits COTS (Components Off The Shelf) - pour résister aux vibrations du lancement, à l'environnement du vide, aux rayonnements intenses et aux variations thermiques, suppose une solide documentation sur les progrès de la micro-électronique, ainsi qu'une parfaite connaissance des caractéristiques et risques d'une mission spatiale. La simulation correcte des conditions du vol est une condition essentielle. Les étudiants doivent s'impliquer dans du "hands-on training" - entraînement pratique - sur des innovations high-tech, appelées "disruptive technologies" (qui marquent un saut technologique).
- Se lancer dans l'aventure d'un satellite, si petit soit-il, nécessite un planning qui comprend les phases de conception, de faisabilité, de développement, d'intégration. C'est nécessaire de l'établir, mais c'est crucial de s'y tenir. Or, pour une équipe d'étudiants, le calendrier du projet ne correspond pas à la durée du programme des études : une maîtrise, faite de stages et de travaux, se limite à deux ans. L'université ou l'école polytechnique doit veiller à ce que la continuité de l'activité soit assurée par une relève dynamique, sous la houlette d'un professeur enthousiaste.
- Entreprendre une mission spatiale oblige l'équipe à jouer la coopération en nouant des liens, en favorisant des échanges, en ayant des partenariats sur le plan international. Professeurs, assistants, étudiants partagent autour d'une expérience ou d'une technologie, leurs connaissances et compétences. En Europe, il existe de nombreuses possibilités : le réseau TIME (Top Industrial Managers for Europe), les actions du programme Erasmus de la Commission Européenne, les prix (comme le Prix Odissea du Sénat belge) et les bourses pour des stages, la mise en œuvre d'initiatives spécifiques à l'ESA.

*Le professeur Udo Renner, Université polytechnique de Berlin, aux côtés du micro-satellite Lapan-Tubsat qui a été développé pour l'Indonésie. © TUB*





# la mode étudiante

■ Collaborer à la réalisation d'un petit satellite d'applications peut prendre une dimension globale dans le cadre d'un transfert de technologie : des pays "en développement" ou émergents, intéressés par les systèmes spatiaux pour leurs besoins (gestion des ressources, surveillance de l'environnement, prévention des risques...) veulent former un noyau d'ingénieurs, chercheurs et spécialistes avec l'aide d'universités et écoles supérieures en Europe. On a deux beaux exemples : l'Université de Surrey (Royaume-Uni) et l'Université polytechnique de Berlin (Allemagne). Le premier a permis à des institutions de Corée du Sud, du Portugal, de Thaïlande, du Chili, de Chine, d'Algérie, de Turquie, du Nigéria d'acquérir (avec le savoir-faire) leur propre micro-satellite qui, le plus souvent, servait à des observations. Le second a aidé le Maroc et l'Indonésie à mettre en œuvre un micro-satellite de télédétection.

La leçon à retenir des satellites étudiants : l'espace, qui permet à la jeune génération de toucher à l'infiniment grand, constitue :

- un formidable stimulant de matière grise, fait de défis innovants,
- un audacieux pari pour un travail pluridisciplinaire aux retombées pratiques,
- un instrument d'ouverture au-delà des frontières, sur l'ensemble de la planète.

C'est ce qu'ont bien compris des établissements d'enseignement supérieur en Allemagne, en Italie, dans les pays scandinaves, récemment aux Pays-Bas (dans l'orbite de l'ESTEC, le Centre européen de recherche et technologie spatiale). Des groupes d'étudiants y ont pris forme pour réaliser leurs missions spatiales au moyen de petits, très petits, tout petits satellites, depuis leur développement jusqu'à leur exploitation. Ce n'est pas de tout repos : pour des jeunes, il s'agit d'un travail de longue haleine qui s'inscrit dans une logique de continuité. Surtout que leur bonne volonté peut être mise à rude épreuve : l'automate qu'ils ont préparé minutieusement pour l'espace peut être perdu lors d'un échec au lancement ou à cause d'une panne électrique dès les premiers tours de Terre...

## Les Anglais comme pionniers

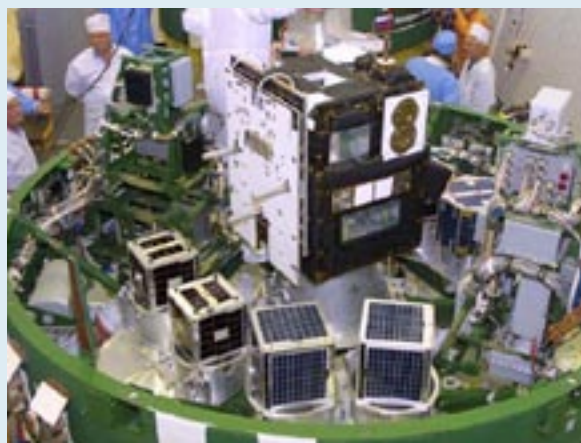
La tendance de faire du micro- et nano-satellite un outil éducatif est apparue fin des années 70 à l'Université de



L'Université danoise d'Aalborg montre l'exemple avec ce "cubesat" (Aausat-2) qui sera lancé cet automne depuis l'Inde. © Aalborg University



Le lanceur russo-ukrainien Dnepr, dérivé du missile intercontinental Satan, est tiré depuis un silo. Il a déjà permis le lancement de plusieurs micro- et nano-satellites. © ISC Kosmotras



Sous la coiffe du lanceur Dnepr, voici comment est disposée une multitude de petits et tout petits satellites. © ISC Kosmotras

Surrey (Royaume-Uni). Sir Martin Sweeting, alors jeune professeur au département des ingénieurs en électronique, lançait "la révolution des smallsats" en faisant réaliser par un groupe de chercheurs et étudiants un petit satellite de 50 kg pour les radioamateurs. Développé en deux ans et demi, Uosat-1, dont l'originalité était d'être équipé d'un microprocesseur programmable, était lancé en octobre 1981. Son successeur, Uosat-2, qui était construit en une demi-année, est sur orbite depuis mars 1984 et émet toujours !

Aujourd'hui, la petite équipe du professeur Sweeting a pris de l'importance sur le campus universitaire. Ce sont 27 satellites qui ont été envoyés, tous avec succès, dans l'espace. On a aménagé le Surrey Space Centre (SSC) pour construire et contrôler les satellites, pour accueillir des stagiaires du monde entier. La société Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL) était mise sur pied en 1985 dans le but de commercialiser le savoir-faire universitaire des systèmes spatiaux "à bas coûts" pour des applications performantes. Depuis l'été 2006, elle sa propre infrastructure, la "Tycho House" où quelque 220 personnes réalisent un chiffre d'affaires annuel de 45 millions €. Les principaux atouts de Surrey sont de miser sur la synergie entre recherche académique et exploitation commerciale, de développer la formule du "prêt-à-porter" miniaturisé pour des missions innovantes dans l'espace.

En privilégiant l'emploi des COTS (composants commerciaux sur étagère) et des MEMS (micro-systèmes électro-mécani-

ques), la philosophie de SSTL est de casser le cercle "vieux" des engins surdimensionnés, à hauts risques et aux coûts élevés. Avec, pour objectif, le cercle "vertueux" des délais courts, du bas prix et des risques sous contrôle. C'est ce qui lui a valu de "sauver" le système Galileo de l'ESA avec la fourniture, en moins de 30 mois, du mini-satellite d'essais GIOVE-A qui donne entière satisfaction.

Autre réussite de SSTL : une constellation de petits satellites agiles, dotés de caméras multispectrales, pour l'observation quotidienne d'événements et d'activités sur l'ensemble du globe. Il s'agit de la DMC (Disaster Monitoring Constellation) qui comprend cinq micro-satellites financés et gérés par l'Algérie, le Nigéria, la Turquie, le Royaume-Uni et la Chine. En 2008, le Deimos-1 espagnol les rejoindra et il y aura le déploiement de la constellation de cinq micro-satellites identiques qui seront exploités par la compagnie allemande RapidEye.

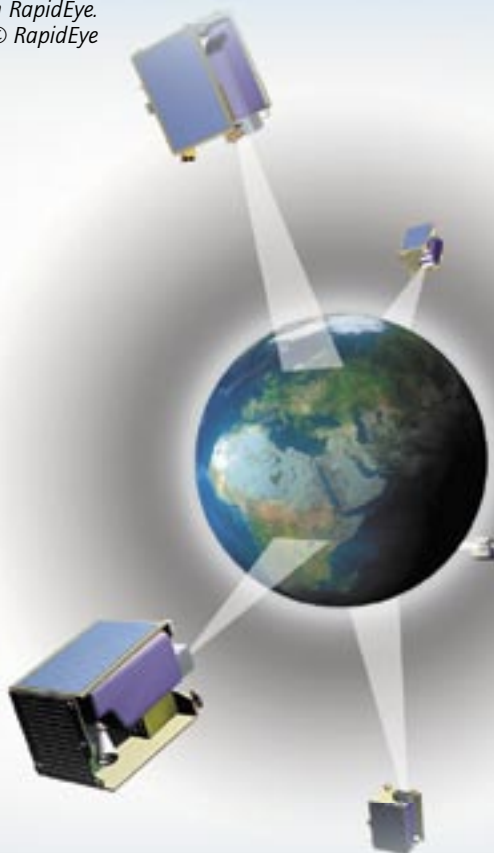
### "Cubesat", un concept américain de référence

Prenez un cube de 10 cm de côté, à l'armature légère et simplifiée, qui représente une masse d'à peine 1 kg avec ses systèmes de bord (contrôle d'attitude, alimentation électrique, détecteurs pour l'observation, répéteurs de communication...) : vous avez un cubesat pour une mission dans l'espace. Ce concept, qui permet rapidement de familiariser une équipe d'étudiants à la technologie spatiale, est né en Californie en 1999. Il est le fruit d'une collaboration entre des professeurs de la California Polytechnic State University (Cal Poly) de San Luis Obispo et de la Stanford University de Palo Alto. Leur site Cubesat ([www.cubesat.org](http://www.cubesat.org)) propose le plan et critères du nano-satellite standard, voire l'achat d'un kit complet à assembler, ainsi qu'un dispositif de lancement multiple.

Quelque 60 universités et hautes écoles dans le monde - dont plus d'une vingtaine en Europe - participent au programme Cubesat. Soit pour développer un projet de tout petit satellite, soit pour s'impliquer dans un réseau global de réception des données. Son intérêt éducatif est incontestable et cette formule fait de plus en plus d'adeptes. Il faut compter au moins deux années universitaires depuis la conception à la mise en orbite du cubesat.

La réalisation d'un cubesat pose de sérieux défis en raison du volume réduit, de la masse réduite et de la puissance électrique limitée. Résoudre ces handicaps exige beaucoup d'inventivité autour d'astuces technologiques pour les systèmes de stabilisation, la consommation d'énergie, l'adaptation du nano-satellite à la mission prévue. Ainsi est apparu le modèle "triple cubesat" qui permet l'emport de longs instruments et offre plus de surface pour les cellules solaires. La Technische Universiteit Delft, avec son projet Delfi-C3, a contourné la limitation d'énergie en dotant son nano-satellite de panneaux qui s'ouvrent comme les pétales d'une tulipe !

Le SSTL réalise les cinq satellites d'observation de la constellation RapidEye.  
© RapidEye





## 2011, de la Terre à la Lune : une course entre étudiants ?

Le succès de SMART-1, la première sonde lunaire européenne qui utilisait la propulsion électrique, a suscité des appétits chez les étudiants en Europe. Pourquoi pas se lancer à la conquête de la Lune avec de petites sondes ? Deux projets prennent forme pour des missions en 2011-12.

- L'Institut für Raumfahrtsysteme de l'Université de Stuttgart, avec un staff de quelque 80 professeurs et chercheurs, ainsi que de 20 à 30 doctorants, a entrepris un programme spatial qui doit faire voler la sonde BW-1 (Baden-Württemberg) autour de la Lune, avant qu'elle ne s'écrase à sa surface. Le Professeur Hans-Peter Roeser, qui le dirige, prévoit quatre missions durant les 6 à 8 années à venir : "Il s'agit, dans une approche verticale et au prix de quelques risques, de faire en sorte que nos étudiants maîtrisent des défis de technologie spatiale. L'objectif pour 2011-2012 est de pouvoir manœuvrer avec la propulsion électrique une sonde jusqu'à la Lune. Cette mission lunaire devrait pouvoir être réalisée avec un budget de 10 à 12 millions d'euros."

- Le Département Education de l'ESA prépare la sonde ESMO (European Student Moon Orbiter). Dans le cadre du programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative) et sous la direction de Roger Walker, cette mission doit être décidée durant cet été 2007. Des équipes d'étudiants en Europe et au Canada - l'Université de Toronto prévoit de larguer le cubesat Lunette sur orbite lunaire - sont en train de finaliser la plate-forme et sa charge utile. Reste à trouver le financement.

## LEODIUM... ad astra !

A la fin de 2004, l'association Liège Espace, qui regroupe plusieurs départements de l'Université de Liège (ULg) et des industriels de la région liégeoise, lance l'idée du projet

(suite page 20)



La TU Delft lancera son premier nano-satellite Delfi-C3 cet automne avec une fusée indienne. © TU Delft



Quand un cubesat photographie un autre cubesat... Cette photo de Cal Poly n°4, après son éjection sur orbite, a été prise par AeroCube-2, le 17 avril 2007. © Cubesat



Le Professeur Robbert J. Hamann montre la structure du triple cubesat qui servira au nano-satellite Delfi-C3. © Th.P./SIC

## PROBA

Dans ce domaine des petits satellites, notre pays est actif avec le développement des micro-satellites PROBA. PROBA-1, lancé en 2001, est un satellite d'observation de la Terre qui fournit encore tous les jours des images de notre planète. Des étudiants du secondaire l'ont utilisé dans le cadre du projet EduProba. En ce moment, PROBA-2 est préparé pour un lancement en 2008. Il doit servir comme démonstrateur d'une série de nouvelles technologies mais il a aussi pour mission l'étude du Soleil. Des infos complémentaires sur:

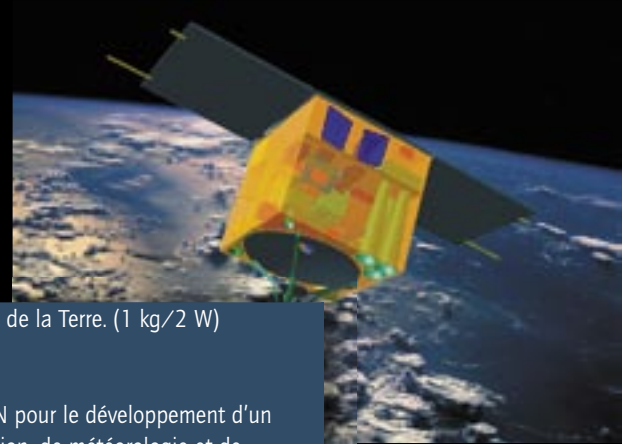
[www.belspo/res/rech/spatres/indus\\_fr.stm](http://www.belspo/res/rech/spatres/indus_fr.stm)  
[www.esa.int/esaMI/Proba\\_web\\_site/](http://www.esa.int/esaMI/Proba_web_site/)  
[www.eurospacecenter.be/probafr.htm](http://www.eurospacecenter.be/probafr.htm)

Le Tugsat-1/BRITE de 1 kg devrait être le premier satellite autrichien.  
© TU Graz

## Tableau de nano- et micro-satellites étudiants qui se préparent en Europe

| NOM (lancement/ lanceur)                       | Etablissement responsable (Pays)   | Objectifs de la mission (masse/puissance maximum)  |
|--|--|--|
| AAAU-II CUBESAT (2007/PSLV indien)             | Université d'Aalborg (Danemark)  | Deuxième nano-satellite danois de type Cubesat pour une mission d'astrophysique (1 kg/3 W?)  |
| ALMASAT-1 (2008/Dnepr russe ?)                 | Université de Bologne + Almaspace (Italie)   | Alma Mater Satellite : micro-satellite pour l'étude de l'environnement spatial (12 kg/35 W)  |
| AMSAT-P3 EXPRESS (2008/Ariane 5)               | Amsat-Deutschland + Université des Forces Armées Munich (Allemagne)                    | Satellite radio-amateur, dérivé d'Amsat-P3D qui se trouve en orbite. Mission destinée à tester les technologies pour l'ambitieux projet de sonde martienne Amsat-P5A (150 kg/350 W?)   |
| AMSAT-P5A MARS ORBITER (2011/ ?)               | Amsat-Deutschland + Université des Forces Armées Munich (Allemagne)                    | Sonde martienne réalisée par les radio-amateurs destinée à déployer des nano-satellites spécialisés ou de faire arriver une capsule dans l'atmosphère de Mars. Projet de déploiement du ballon-sonde ARCHIMEDES (Aerial Robot Carrying High-resolution Imaging and Direct Environmental Sensing instruments) (660 kg avec le système de propulsion ?/350 W?) |
| ATMOCUBE (2010/Dnepr russe ?)                  | Universita di Trieste (Italie)   | Nano-satellite scientifique équipé de dosimètres et magnétomètres pour collecter des données de météo spatiale. (1 kg/2.3 W)   |
| BEESAT/(2009/Dnepr russe ?)                    | TUB/Technischen Universität Berlin (Allemagne)   | Nano-satellite technologique stabilisé 3 axes avec des roues à inertie micro-miniaturisées, équipé d'une pico-caméra (1 kg/1,5 W)  |
| BEOSAT (2008/Dnepr russe ?)                    | TU Braunschweig/ERIG (Allemagne)   | Etude de l'environnement, détection de micro-météorites et de débris spatiaux. Peu de nouvelles récentes sur son développement. (45 kg/100 W)  |
| BW-1 (2012/ ?)                                 | Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)  | Mini-sonde lunaire du Baden-Württemberg, dotée d'un système de propulsion électrique (arcjet et plasma) et équipée d'une caméra qui permettra de survoler la Lune «en direct». (200 kg/jusqu'à 1 kW)   |
| COMPASS-1 CUBESAT (2007/PSLV indien)           | FH/Fachhochschule Aachen (Allemagne)   | Nano-satellite de type Cubesat, équipé d'un senseur Omnivision pour des prises de vues (1-2 kg/2 kW?)  |
| DELFI C3 (2007/PSLV indien)                    | TU/Technische Universiteit Delft (Pays-Bas)  | Triple Cubesat technologique destiné à tester des cellules et senseurs solaires et un système de communications. Présence de KISS, œuvre d'art originale dans l'espace. (3 kg/10 W ?)  |
| DESIRE/CERMIT (2011/PSLV indien ?)             | Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)  | "Demonstrator Satellite for Reentry Experiments/Controlled Earth Reentry Mini-vehicle to Improve Technology" ou système spatial, avec propulseur électrique, pour tester un véhicule de rentrée dans l'atmosphère (150 kg/500 W)   |
| DOBSON SPACE TELESCOPE (2010/ ?)               | TUB/Technischen Universität Berlin (Allemagne)   | Mise au point d'un système d'observations à haute résolution avec bus TUBsat. Projet à la recherche d'un microsat bus. (100 kg/250 W ?)  |
| DTUSAT-2 (2008/Dnepr russe ?)                  | DTU/Danmarks Tekniske Universitet (Danemark)   | Nano-satellite de type Cubesat pour tester de nouveaux composants et détecteurs miniaturisés ; projet de mission pour le suivi des oiseaux migrateurs (1 kg/2 W)   |
| ESEO (2009/Ariane 5 ou Soyouz ou Vega ?)       | Education Department ESTEC (Pays-Bas) + universités et écoles polytechniques en Europe | Programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative) de l'ESA : European Student Earth Orbiter en orbite de transfert pour des observations de la Terre. Participation de l'Université de Liège pour le déploiement des panneaux solaires. (120 kg/200 W?)  |
| ESMO (2012/Ariane 5 ou Soyouz ou Vega ?)       | Education Department ESTEC (Pays-Bas) + universités et écoles polytechniques en Europe | Programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative) de l'ESA : "European Student Moon Orbiter" ou micro-sonde lunaire avec propulsion électrique ou chimique ? Avec la participation de l'Université de Liège pour la caméra qui doit prendre des images de 10 m de résolution. (180 kg/400 W ?)   |
| FLYING LAPTOP /RENT A SAT-1 (2008/PSLV indien) | Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)  | Micro-satellite technologique fonctionnant comme un PC sur orbite, pour des observations avec une résolution de 25 m, pour des émissions en bande Ka, pour les tests de la sonde BW-1 (100 kg/200 W)   |
| HEIDELSAT (2009/ ?)                            | FH/Fachhochschule Heidelberg (Allemagne)   | Triple Cubesat scientifique pour étudier les précipitations de rayons cosmiques sur la Terre. (3 kg/6 kW)  |



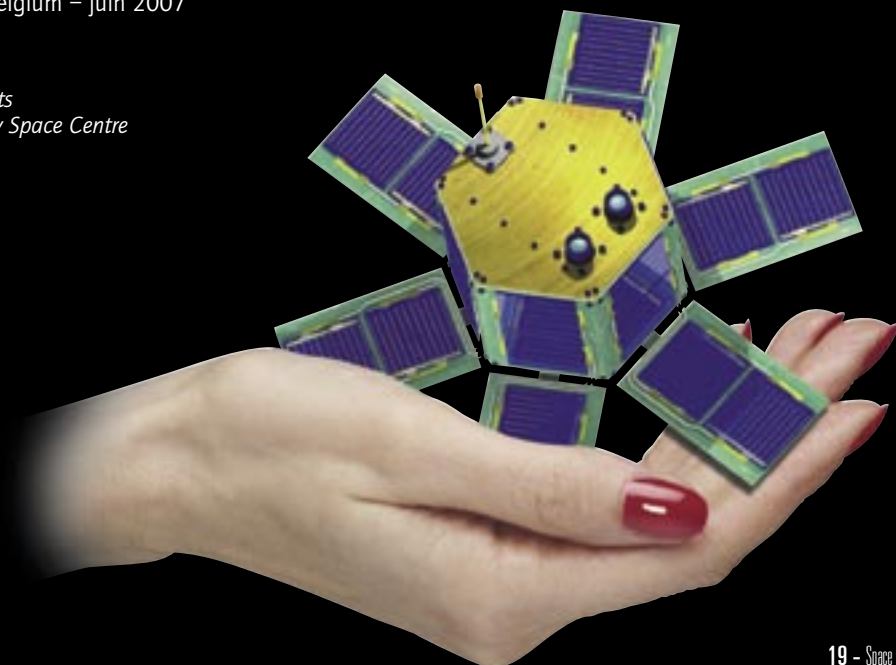


|   |  |  |
|---|--|--|
| ITU-PSAT-1 (2008/Dnepr russe)               | Istanbul Technical University (Turquie)  | Nano-satellite de 1 kg pour des observations de la Terre. (1 kg/2 W)   |
| LAPAN-TUBSAT (2007)                         | Université technique de Berlin TUB/ILR (Allemagne)   | Coopération avec l'Institut indonésien LAPAN pour le développement d'un micro-satellite de télédétection haute résolution, de météorologie et de messagerie, qui sera lancé par une fusée PSLV indienne. (50 kg/14 W)  |
| MicroPPTSat (2009-2010 ?)                   | Austrian Research Centers (Autriche)   | Essais de micro-propulseurs électriques (jets de plasma) (1 kg/2 W)  |
| NCUBE-3 (2008 ?)                            | Norsk Romsenter + Andoya Rocket Range (Norvège)  | Nano-satellite technologique réalisé par des étudiants pour la défense norvégienne, destiné à la surveillance du trafic maritime : Ncube-2 lancé de SSETI Express en octobre 2005 mais resté silencieux ; Ncube-1 perdu dans l'échec du lanceur Dnepr en juillet 2006. Projet Narom pour 2011 (1 kg/2 W) |
| OPTOS (2008/ ?)                             | INTA (Espagne)   | Triple cubesat technologique pour des mesures "in situ" et pour des observations (3 kg/6 W ?)  |
| PALAMEDE (2008/ ?)                          | Polytechnique de Milan (Italie)  | Démonstrateur technologique pour des prises de vues à moyenne résolution. Pas de nouvelles récentes sur son développement. (30 kg/40 W)  |
| PALMSAT (2008/Dnepr russe ?)                | Université de Surrey (Royaume-Uni)   | Pico-satellite équipé pour l'inspection d'objets dans l'espace. (moins d'1 kg/2 W).  |
| PERSEUS (2010/PSLV indien)                  | Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)  | Mini-satellite technologique pour tester la propulsion électrique (arcjet et plasma) de la sonde BW-1. (100 kg/500 W ?)  |
| SWISSCUBE (2009/ ?)                         | Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse)  | Nano-satellite de type Cubesat, équipé de micro-détecteurs pour étudier la luminescence de l'atmosphère durant la nuit. (1 kg/2 kW)  |
| TUGSAT-1/BRITE-AUSTRIA (2008/Dnepr russe ?) | Technische Universität Graz + Universität Wien + TU Vienna (Autriche) + University of Toronto (Canada) | Nano-satellite amélioré de type Cubesat, stabilisé 3 axes, qui sera le premier satellite autrichien, devant faire partie de la constellation internationale BRITE (Bright Target Explorer) de 4 nano-satellites identiques d'astronomie pour des observations d'étoiles. (5 kg/6 W)                      |
| UNISAT-4B (2008/Dnepr russe ?)              | Université de Rome "La Sapienza" (Italie)  | Test d'un micro-satellite dérivé d'Unisat-3 (en orbite depuis juin 2004) et équipé pour étudier les signes avant-coureurs des séismes, dans le but de créer une constellation. (12 kg / 15 W?)   |
| UWE-2 (2009/ ?)                             | Université de Würzburg (Allemagne)   | University Würzburg's Experimental nano-satellite de type Cubesat destiné à tester des communications, pour succéder à UWE-1 qui, largué par SSETI Express en octobre 2005, a fonctionné avec succès. (1 kg/2 W)   |
| YES-2/ SPACEMAIL (2006)                     | Delta-Utec Leiden (Pays-Bas)   | YES (Young Engineers Satellite) : démonstration, avec la capsule russe Foton M3, de retour sur Terre d'un micro-satellite gonflable grâce à la désatellisation par un filin (20 kg pour le micro-satellite, 6 kg pour le filin/?)  |

*Flying Laptop ou PC Volant: c'est le nom donné au premier satellite étudiant de l'Université de Stuttgart. Il sera lancé en 2008 par une fusée indienne. © IRS*

© Theo Pirard/Space Information Center Belgium – juin 2007

*L'Université de Surrey fait travailler les étudiants sur ce pico-satellite de moins d'un kg. © Surrey Space Centre*



(suite de la page 17)

LEODIUM (Lancement En Orbite de Démonstrations Innovantes d'une Université Multidisciplinaire/Low Earth Orbit Demonstration of Innovation in University Mode). C'est l'ancien nom en latin de Liège. Afin de sensibiliser les jeunes aux études et carrières scientifiques et techniques, LEODIUM veut faire participer des étudiants aux préparatifs d'un satellite sous la forme de travaux de fin d'études et de stages en entreprise.

Des contacts du côté de l'ESA sont pris par le doctorant Jean-François Vandenrijt pour impliquer des étudiants dans le programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative). Le mécanisme de déploiement des panneaux solaires pour le micro-satellite ESEO (European Student Earth Orbiter) a intéressé des étudiants ingénieurs en 2005-2006 (M. Bolland, G. Collignon, S. Cornez, X. Vandenplas) et en 2006-2007 (L. Brixhe dans le cadre d'une coopération avec la Haute Ecole ISIL, A. Moxhet, J. Salazar, G. Schmetz). Cette activité était coordonnée et supervisée par des chercheurs et professeurs du Département d'Aérospatiale et Mécanique. A bord de la sonde lunaire ESMO, les étudiants liégeois (G. Gilles, P. Franssen, R. Woine) ont proposé l'étude d'une micro-caméra pour des prises de vues haute résolution.

L'ULg, à la prochaine rentrée académique, va ouvrir deux masters à orientation "Espace" : sciences spatiales (à la Faculté des Sciences), ingénieur civil en aérospatiale (Sciences

Appliquées). La formation va laisser davantage de place à des activités pratiques à la portée des étudiants. La réalisation d'un nano-satellite de type Cubesat ou d'un micro-satellite (en collaboration avec l'industrie, les autres universités, les hautes écoles) est envisagée. De quoi rappeler que, dès les années 60, l'Université de Liège, avec l'Institut d'Astrophysique et le LTAS (Laboratoire de Techniques Aéronautiques et Spatiales, aujourd'hui Département d'Aérospatiale et Mécanique), a constitué le noyau de ces audacieux pionniers qui, en Europe, ont relevé le défi de réaliser des systèmes aérospatiaux.

**Théo Pirard**

*L'équipe ESEO de l'Université de Liège : de gauche à droite, P. Beckers, G. Kerschen, P. Vueghs, J. Salazar, G. Schmetz, L. Brixhe, A. Moxhet. © Th.P./SIC*



*Dans le cadre de son programme éducatif, l'ESA a apporté son soutien à la mission YES-2 pour décrocher une capsule de l'orbite grâce à un filin. Des étudiants de plusieurs institutions européennes, sous la direction de Delta-Utec de Leiden, ont préparé avec minutie cette expérience originale.*



[www.sstl.co.uk](http://www.sstl.co.uk)

*La présentation des missions du SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd) à Guildford (Royaume-Uni).*

[www.ee.surrey.ac.uk/SSC/CSER/UOSAT/oldindex.html](http://www.ee.surrey.ac.uk/SSC/CSER/UOSAT/oldindex.html)

*L'histoire des activités spatiales à l'Université de Surrey à Guildford (Royaume-Uni).*

[www.irs.uni-stuttgart.de](http://www.irs.uni-stuttgart.de)

*Toutes les informations sur l'Institut pour les Systèmes spatiaux (IRS) de l'Université de Stuttgart.*

[www.ilr.tu-berlin.de/RFA](http://www.ilr.tu-berlin.de/RFA)

*La situation des microsatellites à l'Université polytechnique de Berlin.*

[mtech.dk/thomsen/space/cubesat.php](http://mtech.dk/thomsen/space/cubesat.php)

*Une liste, régulièrement mise à jour, des missions de nano-satellites du type Cubesat.*

[cubesat.calpoly.edu](http://cubesat.calpoly.edu)

*Le site de référence pour le concept Cubesat, dont on peut télécharger les plans.*

[www.studentspace.aau.dk](http://www.studentspace.aau.dk)

*Le programme de nano-satellites à l'Université d'Aalborg (Danemark).*

[www.sseti.net](http://www.sseti.net)

*La description des missions éducatives en cours (ESEO et ESMO) dans le cadre du programme SSETI de l'ESA.*

[www.delta-utec.com](http://www.delta-utec.com)

*Les informations sur le programme YES de l'ESA.*

[www.go-mars.de](http://www.go-mars.de)

*Les préparatifs d'une mission "amateur" (Amsat Deutschland) vers la planète Mars.*