

La Suisse dans l'espace

Quand la recherche
de pointe et la haute
technologie s'invitent
dans notre quotidien



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Table des matières

Introduction

Quelle signification revêt le domaine spatial pour le monde scientifique et les secteurs technologique et industriel suisses ?	4
« Le spatial nous aide à mieux comprendre le monde. »	5
La politique spatiale de la Suisse	6
L'aventure spatiale – quelques contributions de la Suisse	8

Applications utilisées au quotidien

Les satellites, garants de la fiabilité des prévisions météorologiques et des données climatologiques	10
Un atterrissage plus sûr grâce au système de navigation par satellite EGNOS	12
Une culture du riz plus rentable et soumise à moins de risques grâce aux données satellites et au savoir-faire suisse	14
Détection précoce des dangers naturels grâce au radar par satellite	16

Industrie

L'industrie spatiale constitue l'un des moteurs de l'économie suisse et crée des emplois	18
Pas de lancement d'Ariane sans hightech suisse	20
Nos appareils de navigation gagnent en précision grâce aux horloges atomiques suisses	22

Agence spatiale européenne

L'Agence spatiale européenne (ESA)	24
Présidence de l'ESA : responsabilité européenne confiée à la Suisse	26
Coup d'oeil dans les coulisses de l'ESA	28

Recherche et exploration

La Suisse à bord de la station spatiale internationale ISS	30
ROSINA, l'atout suisse de Rosetta	32
Un petit satellite, mais une chance unique pour la Suisse	34
Un observatoire pour les rayons cosmiques	36
La recherche suisse contribue à une meilleure connaissance des débris spatiaux	38
La perspective de l'astronaute	40

Quelle signification revêt le domaine spatial pour le monde scientifique et les secteurs technologique et industriel suisses ?



La Suisse a été dès le début une partenaire à part entière dans l'aventure spatiale européenne, y prenant part activement. Les entreprises et les chercheurs hautement qualifiés de notre pays ont toujours cherché à mettre en pratique les sciences modernes et à transposer dans l'économie les applications qui en découlent dans l'intérêt de la collectivité. Nous sommes fiers de faire partie des membres fondateurs de l'Agence spatiale européenne (ESA), ce qui nous a amenés, dans le cadre de la présidence du Conseil ministériel de cette agence que nous avons exercée aux côtés du Luxembourg de 2012 à 2016, à nous prononcer résolument en faveur d'un développement encore plus poussé des activités spatiales européennes. La confirmation du projet Ariane 6, qui doit assurer à l'Europe un accès autonome à l'espace à des conditions plus compétitives, a sans nul doute été le moment fort de cette coprésidence. Aussi bien en Europe qu'en Suisse, notre engagement a suscité un intérêt politique accru pour l'action de notre pays dans le domaine spatial.

La navigation spatiale est un domaine d'activités à caractère universel. Les pays européens collaborent entre eux, conscients qu'ils peuvent ainsi obtenir, dans ce domaine, bien plus que ce à quoi ils pourraient parvenir seuls. C'est la raison pour laquelle la majeure partie des activités spatiales de notre pays se concentrent sur l'ESA. Le niveau d'excellence et l'engagement de la communauté spatiale suisse ont valu à notre pays de se voir confier par l'ESA des rôles importants dans des missions scientifiques et consortiums industriels. Dans les pages suivantes, vous pourrez (re)découvrir plusieurs récits de succès suisses et européens remportés dans l'espace par des personnes ayant marqué l'histoire, sur Terre, mais aussi bien sûr dans le domaine spatial. Vous en apprendrez également davantage sur les apports substantiels des sciences et des technologies spatiales aux sociétés dans lesquelles nous vivons. Les applications opérationnelles qui se fondent sur des données recueillies par des satellites de télécommunication, de navigation et d'observation de la Terre nous aident à mieux comprendre notre planète, favorisent une gestion plus efficace du trafic sur terre, sur mer et dans les airs et contribuent à réduire la fracture numérique, pour ne citer que ces quelques exemples. Le progrès scientifique et technologique compte parmi les principaux moteurs de la participation de la Suisse à des activités spatiales internationales. Il permet à notre pays de s'afficher

comme un partenaire compétent et fiable dans des niches spécifiques et contribue à la compétitivité de l'industrie spatiale européenne dans son ensemble, l'un des meilleurs exemples étant la fabrication par la Suisse des coiffes de charges utiles pour les lanceurs européens Ariane et Vega.

On ne soulignera jamais assez combien l'environnement spatial est dur et inhospitalier. Pour sonder l'espace extra-atmosphérique et l'exploiter, nos chercheurs et nos entreprises sont contraints d'explorer leurs propres limites. Il s'agit d'un domaine stimulant et exigeant dans lequel les perspectives de départ peuvent être incertaines et où le succès tient à une combinaison de compétences et d'expérience. Les technologies les plus perfectionnées, susceptibles de s'appliquer aussi à des marchés autres que l'industrie spatiale, sont mises au point pour la conception de systèmes spatiaux sur lesquels il faut pouvoir compter de manière fiable durant plusieurs années. La clé d'un développement durable dans ce domaine réside, comme dans tout autre secteur, dans l'avancement des technologies et la capacité d'innovation de l'industrie. Et les projets spatiaux sont soumis à des conditions drastiques, de la gestion de projet au contrôle qualité sous tous ses aspects. Cela explique que l'industrie spatiale génère des emplois et de la croissance bien au delà de ce secteur.

M. Schneider

Johann N. Schneider-Ammann
Président de la Confédération 2016 et
chef du Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche (DEFR)

« Le spatial nous aide à mieux comprendre le monde. »



Le spatial est aujourd'hui une composante indissociable de notre société moderne. Grâce aux technologies spatiales, la science peut explorer l'univers et le système solaire ainsi que notre planète. À travers les satellites utilisés pour les communications, la météorologie, la navigation, la cartographie et l'observation de la Terre, le spatial a investi notre quotidien. Nous devons aux technologies spatiales de nombreux bienfaits : prévisions météorologiques fiables, atterrissages sûrs, téléphones portables et assistants de navigation opérationnels, programmes télévisés du monde entier ou révolution numérique dans la photographie. Les satellites nous fournissent des données sur le climat et nous aident à réduire les risques liés aux aléas naturels. Ils surveillent les versants instables et les infrastructures menacées ou contribuent à accroître les rendements des cultures.

Mais le spatial joue également un rôle important dans la politique de la Suisse. Il s'inscrit aussi dans la politique industrielle et infrastructurelle ainsi que, au niveau international, dans une politique de coopération ciblée propice au bien-être et aux intérêts de notre pays. La Suisse est un membre fondateur de l'Agence spatiale européenne (ESA). Depuis 40 ans, elle figure parmi les pays qui sont à la pointe du développement de fusées et de programmes de recherche. Nous participons à l'édification d'une Europe compétitive et souveraine dans l'espace, au service de la société et de ses besoins. Le système européen de navigation par satellite Galileo en offre une illustration.

Notre politique spatiale assure aux acteurs scientifiques et économiques l'accès à l'espace et veille à ce que les données soient à notre disposition grâce à toute une série de conventions et de traités internationaux. Elle fait partie intégrante de notre politique étrangère qui conjugue engagement et solidarité. Dans ce cadre, la Suisse œuvre en faveur d'une utilisation pacifique, sûre et durable de l'espace et soutient, au niveau international, l'élaboration de directives afin que l'accumulation de débris spatiaux ne constitue une menace ni pour la navigation spatiale, ni pour nous autres sur la Terre. Les technologies spatiales nous aident à analyser les problèmes planétaires et à rechercher des solutions dans des domaines comme le changement climatique, la protection de l'environnement, la sécurité alimentaire ainsi que la prévention des aléas naturels et des catastrophes technologiques.

Pour la Suisse, le spatial n'est pas seulement synonyme d'innovation, de technologie de pointe, de précision et de prouesses scientifiques, il est aussi une promesse de « valeur ajoutée » grâce à la coopération instaurée aux niveaux européen et mondial. Cette brochure se propose de rendre le spatial suisse plus tangible pour un large public et de mettre en évidence les bienfaits que nous en retirons tous au quotidien. Je vous souhaite une agréable lecture.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'D' followed by a long horizontal line.

Didier Burkhalter
Conseiller fédéral et
chef du Département fédéral
des affaires étrangères (DFAE)

La politique spatiale de la Suisse

Les activités spatiales ont pris une place importante dans notre société. Au-delà de leur apport scientifique à l'exploration de la Terre et de l'univers, elles ont fait irruption dans notre quotidien jusqu'à devenir indispensables, à travers les services de télécommunication par satellite, les aides à la navigation routière, maritime et aérienne ou encore l'observation de la Terre au service de la météorologie ou de la compréhension des changements climatiques.

La Suisse participe à l'aventure spatiale depuis ses débuts. La place qu'elle occupe désormais au sein de la communauté spatiale européenne lui permet de promouvoir et de défendre ses intérêts dans un contexte global. Soucieuse de se profiler comme un partenaire sérieux, compétitif et fiable, elle a une position solide et reconnue, fondée sur des atouts qui la caractérisent de longue date, telles que la capacité d'innovation et la précision.

Jour après jour, l'espace lance aux chercheurs et aux industriels le défi de l'inventivité. Le secteur spatial, qui apporte une contribution essentielle à la prospérité de notre pays, comprend des activités à haute valeur ajoutée, réalisées au profit des générations futures.

Principes de la politique spatiale de la Suisse

La Suisse est active dans le domaine spatial. Son engagement s'articule autour des piliers suivants :

- le développement et l'utilisation des applications spatiales pour améliorer la qualité de vie des citoyens ;
- la pérennité de son engagement dans l'exploration de l'espace au service de l'innovation et de la société de la connaissance ;
- l'apport de contributions scientifiques, technologiques et industrielles significatives, faisant de la Suisse un partenaire compétitif, fiable et incontournable.

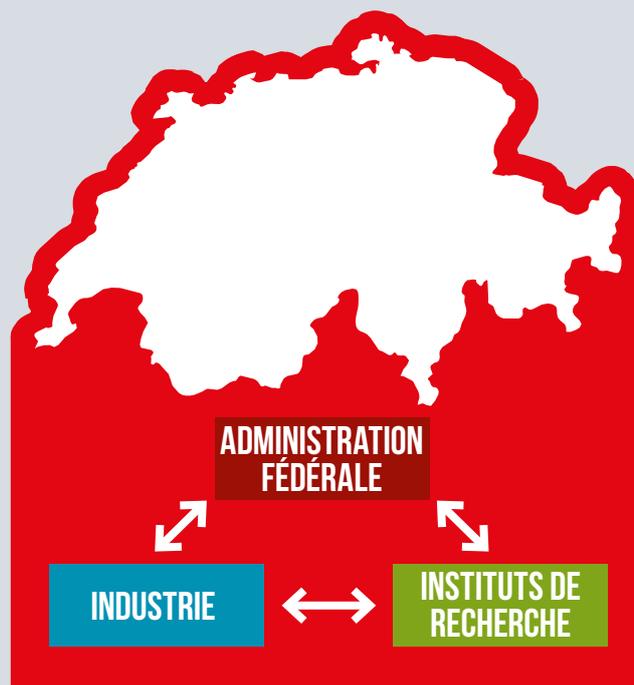
Mise en œuvre

La Suisse sauvegarde ses intérêts nationaux par des coopérations internationales spécifiques, essentiellement par la participation sélective aux programmes de l'Agence spatiale européenne (ESA) et à d'autres activités spatiales européennes et internationales. Dans la perspective des appels d'offres lancés pour des programmes institutionnels européens, des activités nationales complémentaires permettent de créer des conditions propices pour les instituts de recherche et l'industrie suisses. L'objectif est de contribuer à renforcer ainsi les compétences techniques et scientifiques dans des domaines ad hoc, nouveaux ou déjà existants.

La politique spatiale suisse relève de la compétence du Conseil fédéral, qui s'appuie sur les recommandations de la Commission fédérale pour les affaires spatiales (CFAS). La Division Affaires spatiales du Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI) est chargée de préparer et de mettre en œuvre la politique spatiale suisse. Elle assume cette tâche en étroite coopération et coordination avec tous les départements et offices fédéraux appelés à s'acquitter de tâches en lien avec l'espace.

La Confédération fixe les conditions générales nécessaires pour que les acteurs suisses des milieux de la science, de la recherche, des technologies et de l'industrie puissent s'impliquer avec succès dans le contexte européen et mondial. Enfin, il convient de relever que ce sont avant tout les instituts de recherche et les entreprises, avec leurs employés, qui contribuent au succès que la Suisse remporte dans l'espace.

Contexte et principaux acteurs pour les activités spatiales suisses



Thomas Hurter, conseiller national
Président de la Commission fédérale pour les affaires spatiales

« Il est désormais impossible de concevoir notre vie sans activités spatiales. Un grand nombre de produits que nous utilisons au quotidien doivent leur développement aux activités spatiales. La participation de la Suisse aux activités spatiales donne à notre pays – doté d'une très grande capacité d'innovation en dépit de sa petite taille – la possibilité d'être en première ligne pour faire progresser la science et la technique. Cette démarche est d'autant plus importante que les activités spatiales continueront leur essor, notamment dans les domaines de l'énergie, de l'environnement, des transports et de la sécurité. »

L'aventure spatiale – quelques contributions de la Suisse

1960



Débuts de la coopération européenne dans l'espace : Meyrin, Suisse – conférence internationale sur la recherche spatiale. La Suisse fait partie des États fondateurs de l'ESRO (Organisation européenne de recherches spatiales), l'une des organisations qui ont facilité l'accès de l'Europe à l'espace. © ESA

1986



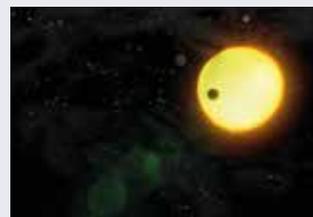
Voyage dans les profondeurs de l'espace : en 1986, la sonde Giotto, première mission de l'ESA vers l'espace lointain, frôle la comète Halley. Elle emporte à son bord un spectromètre conçu par l'Université de Berne qui mesure pour la première fois les gaz et les poussières expulsés du noyau d'une comète. © ESA

1990



À la conquête du soleil : lancement en 1990 de la sonde Ulysses, développée conjointement par l'ESA et la NASA. Pendant les 18 ans que dure la mission, la sonde observe le soleil et l'héliosphère et livre des données décisives pour mieux comprendre le soleil et notre environnement interstellaire. Le spectromètre SWICS (Solar Wind Ion Composition Spectrometer) construit par la Suisse fait aussi partie de cette mission, la plus longue dans l'histoire de l'ESA. © ESA

1995



Au-delà de notre système solaire : Michel Mayor et Didier Queloz, de l'Université de Genève, découvrent la première exoplanète (située en dehors de notre système solaire), en orbite autour de l'étoile 51 Pegasi. © ESA

2008



À bord de Columbus : SOVIM, un radiomètre destiné à observer et à mesurer l'irradiance solaire avec précision et constance, est l'une des premières expériences réalisées à bord du laboratoire spatial européen COLUMBUS. Cet instrument a été conçu par l'Observatoire physico-météorologique de Davos. Le laboratoire COLUMBUS est arrimé à la station spatiale internationale ISS. © ESA

2009–2010



Formation pratique : le « Swisscube » est développé en étroite collaboration par quelque 200 étudiants de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et plusieurs hautes écoles spécialisées. Ce mini-satellite de type CubeSat, entièrement construit en Suisse, a été envoyé dans l'espace en 2009 pour observer les lumières du ciel nocturne (ou airglow). Un an plus tard, une équipe de la Haute école spécialisée tessinoise (SUPSI) a lancé sur orbite le mini-satellite Tisat-1. © EPFL

2012



Encore une coiffe de protection pour un lanceur européen : pour son vol inaugural, le lanceur spatial Vega est également équipé d'une coiffe de protection de RUAG. RUAG Space produit aujourd'hui des coiffes de protection pour les lanceurs spatiaux européens et américains. © ESA

1969

Aller-retour entre Berne et la Lune : lors du premier alunissage, les astronautes ont réalisé une expérience pour étudier le vent solaire, ce courant de particules chargées émanant en continu du soleil. Cette expérience a été conçue par Johannes Geiss, professeur à l'Université de Berne, qui a ainsi contribué à clarifier des théories concurrentes sur l'origine du système solaire, l'atmosphère des planètes et la dynamique du vent solaire. © NASA

1975

Une seule et même structure pour la navigation spatiale : dix pays, dont la Suisse, fondent l'Agence spatiale européenne (ESA), née de la fusion entre l'ESRO et le CECLES (Centre européen pour la construction de lanceurs d'engins spatiaux). Cette décision permet d'élargir le champ des activités et d'intégrer des systèmes opérationnels d'application, comme les satellites de télécommunication. © ESA

1978

Sélection des astronautes européens : le Suisse Claude Nicollier fait partie du premier groupe d'astronautes sélectionnés par l'ESA et envoyés dans l'espace à bord d'une navette spatiale américaine. Claude Nicollier a accompli quatre missions à bord de différentes navettes (1992, 1993, 1996 et 1999) et comptabilise plus de mille heures passées dans l'espace. Il a notamment effectué une sortie extra-véhiculaire pour installer le nouveau matériel sur le télescope Hubble. © ESA

1979

Une coiffe «Made in Switzerland» pour protéger les charges utiles des lanceurs spatiaux : le lanceur européen Ariane-1 effectue son premier vol avec une coiffe suisse construite par la société RUAG. Ariane-1 a été essentiellement conçue pour transporter simultanément deux satellites dans l'espace et réduire ainsi les coûts. Ariane-1 a été progressivement remplacée par des lanceurs plus performants à mesure que le poids des satellites a augmenté. Les coiffes de protection RUAG continuent de démontrer leur fiabilité. © ESA

2002

Lancement de l'observatoire des rayons gamma INTEGRAL : ce satellite utilise une technologie de pointe pour étudier la forme la plus énergétique du rayonnement électromagnétique. Il envoie des données scientifiques en l'espace de quelques secondes au centre de données astrophysiques (INTEGRAL Science Data Center, ISDC) de l'Université de Genève. L'ISDC fournit à la communauté scientifique mondiale des alertes, des données traitées ainsi qu'un logiciel d'analyse. © ESA

2004

Rendez-vous avec une comète : Rosetta est la première sonde spatiale de l'histoire à se mettre en orbite autour d'une comète et à se poser à sa surface. Elle étudie la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko à l'aide d'un ensemble d'instruments et de techniques de télédétection et de mesure in situ. Le spectromètre ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis) conçu par l'Université de Berne fait partie des instruments scientifiques que la sonde transporte à son bord. © ESA

2008

La précision suisse dans l'espace : dans les années 1990, l'ESA lance l'élaboration de deux types d'horloge de bord pour le futur système Galileo : les horloges au rubidium (Rubidium Atomic Frequency Standard, RAFS) et les horloges à hydrogène (Passive Hydrogen Maser, PHM). En 2005, le premier satellite d'essai Galileo est équipé d'horloges RAFS; le deuxième satellite d'essai GIOVE-B teste la première horloge PHM. © ESA

2012–2016

Première présidence : la Suisse est formellement nommée coprésidente, avec le Luxembourg, du Conseil ministériel de l'ESA. © ESA

2013

Lancement du 4^e vaisseau-cargo spatial Albert Einstein : le véhicule automatique de transfert (ou ATV) a été baptisé du nom du célèbre physicien, sur proposition de la Suisse. L'ATV-4 est l'un des cinq vaisseaux-cargo développés par l'ESA pour ravitailler l'ISS. Plusieurs éléments importants de l'ATV sont produits en Suisse, notamment la structure du vaisseau-cargo (RUAG Space), le blindage de protection contre les micro-météorites (APCO Technologies) ainsi que des composants électroniques (Syderal). © ESA

2013

CHEOPS (CHAracterising ExOPlanet Satellite) est choisi comme première mission de classe S du programme scientifique de l'ESA. Un consortium de onze pays participe à la mission, sous la direction de Willy Benz, professeur à l'Université de Berne. Le lancement du satellite est prévu en 2018. © ESA

Les satellites, garants de la fiabilité des prévisions météorologiques et des données climatologiques

Alex Rubli
MétéoSuisse

L'émotion a dû être forte en 1960 lorsque le satellite TIROS-1 a livré ses premières images météorologiques. Les chercheurs avaient mis un demi-siècle à élaborer la théorie des fronts météorologiques et voilà qu'ils pouvaient enfin observer les bandes de nuages et les dépressions qui confirmaient leurs théories. Aujourd'hui, les satellites sont indissociables de la météorologie moderne et de la recherche climatique.

En Suisse, le recours systématique aux satellites météorologiques date de 1977, année où l'Agence spatiale européenne (ESA) a mis en orbite son satellite Meteosat 1. Notre pays est aussi l'un des membres fondateurs de l'organisation intergouvernementale EUMETSAT (Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques), créée en 1986. Depuis, celle-ci gère les satellites météo européens, en coopération avec l'ESA. La Suisse est en outre l'Etat dépositaire de la convention EUMETSAT.

Les satellites rendent notre vie plus sûre

De nos jours, les stations météorologiques reçoivent des images satellites tous les quarts d'heure, qui permettent aux météorologues d'obtenir un aperçu précis des conditions météorologiques. Ces images constituent un outil indispensable pour effectuer des prévisions météorologiques et lancer rapidement des alertes météo. Les images satellites permettent en effet de calculer la position précise des fronts météorologiques. Les données recueillies donnent des renseignements sur la structure de la couverture nuageuse et permettent de détecter les orages cachés dans les nuages latents. Grâce aux données satellites, les météorologues peuvent déterminer la température et la limite supérieure des nuages et mettre en garde les pilotes d'avion s'il y a un risque de givrage en vol. Est-ce que du brouillard se forme, ou se dissipe ? Est-ce que des trous se forment dans la couverture nuageuse ? La limpidité du ciel hivernal rend-elle les routes glissantes ? Les météorologues utilisent aussi les données satellites pour répondre à ces questions.

Les satellites météorologiques deviennent plus performants au fur et à mesure que de nouveaux

modèles météorologiques numériques sont développés. Ces modèles sont devenus un élément indispensable des prévisions météorologiques. Chaque jour, ils sont alimentés par des millions de données satellites. C'est donc en partie grâce aux satellites météorologiques que les prévisions deviennent de plus en plus précises et fiables, non seulement à court terme mais aussi plusieurs jours, voire des semaines à l'avance.

Les satellites aident à mieux comprendre le changement climatique

Les satellites apportent une contribution importante à l'observation climatique. Les mesures que les satellites livrent régulièrement depuis quarante ans nous aident à mieux comprendre le changement climatique, car ces dispositifs enregistrent un grand nombre de facteurs responsables du changement climatique. Ils mesurent par exemple de façon très précise la composition de l'atmosphère, la structure des nuages, la couverture neigeuse, la surface des glaciers, l'humidité des sols ou le niveau de la mer.

Les données satellites font partie intégrante du Système mondial d'observation du climat (SMOC). Diverses initiatives internationales s'emploient, avec la participation d'institutions suisses, à constituer une vaste base de données depuis ces données satellites. MétéoSuisse, par exemple, déduit à partir de ces données de longues séries chronologiques qui montrent l'évolution du rayonnement solaire, pour l'initiative d'EUMETSAT sur l'observation du climat. L'EMPA, l'EPFZ et l'Université de Zurich analysent des données concernant les gaz à effet de serre, les nuages et les glaciers, pour l'initiative de l'ESA sur le changement climatique

Les données satellites permettent aussi de proposer des services qui profitent directement à tous. Parmi ces prestations figure le cadastre solaire interactif de la Suisse, que MétéoSuisse a élaboré en collaboration avec swisstopo, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et Meteotest. L'application accessible sur le site www.toitsolaire.ch permet non seulement de savoir si la toiture d'une maison est adaptée pour exploiter l'énergie solaire mais aussi quelles quantités d'électricité et de chaleur pourraient y être produites.



Image satellite MSG de l'hémisphère nord représentant les systèmes météorologiques © EUMETSAT

Avantages économiques et sociaux

Grâce aux données satellites, les prévisions météorologiques sont nettement plus fiables que celles effectuées avec les « simples » observations traditionnelles. A eux seuls, les satellites du système polaire d'EUMETSAT de seconde génération (EPS-SG, EUMETSAT Polar Systems – Second Generation) généreront en Europe des économies pouvant atteindre 63 milliards d'euros. Les satellites conçus conjointement par l'ESA et EUMETSAT pourront livrer entre 2021 et 2042 des données météorologiques recueillies sur une orbite polaire. Grâce à ces données, les météorologues pourront notamment avertir plus tôt la population et les agriculteurs en cas d'orage. Les personnes concernées pourront ainsi prendre les dispositions nécessaires pour atténuer les dommages éventuels causés aux bâtiments et aux cultures et réduire les pertes de récolte. Des vies humaines pourraient même être sauvées. Mais l'économie profite elle aussi de la fiabilité des prévisions météorologiques. Dans l'aviation, par exemple, les prévisions permettent de réaliser d'importantes économies, en diminuant les retards ou la consommation de carburant.

Extrait du cadastre solaire
(Quelle: <http://www.bfe-gis.admin.ch/sonnendach>)
© OFEN, swisstopo, MétéoSuisse

Europaplatz 1
6003 Luzern

Ajouté à vos favoris

Electricité solaire jusqu'à une valeur de 25'500 francs...

...ou Chaleur solaire faisant baisser les frais de chauffage de 2%.



© NCS, Arcadis, Borealis, MétéoSuisse, OFEN

Un atterrissage plus sûr grâce au système de navigation par satellite EGNOS

skyguide

Si l'utilisation de la navigation par satellite a déjà, à l'heure actuelle, modifié les procédures de vol, elle va, ces prochaines années, véritablement les bouleverser. Le potentiel des nouvelles technologies de navigation comme EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service, soit Service européen de navigation par recouvrement géostationnaire) réside avant tout dans l'amélioration de la précision du positionnement. Ces systèmes facilitent les opérations d'atterrissage des avions et des hélicoptères et permettent d'améliorer la gestion du trafic aérien. Et ce n'est pas tout : la consommation de kérosène, les rejets de polluants et les émissions de bruit diminuent, de même que les coûts des opérateurs aéroportuaires.

Le système européen de navigation par satellite EGNOS complète les signaux de navigation fournis par le système américain GPS. La navigation est alors plus précise et plus fiable, si bien que les avions et les hélicoptères ne sont plus tributaires du système d'atterrissage aux instruments, en particulier lorsque les conditions de visibilité sont faibles pendant la phase d'approche. Grâce à ce système et à ses équipements, les pilotes peuvent suivre leur positionnement en trois dimensions pendant toute la phase d'atterrissage, entre le moment où l'appareil amorce sa descente et celui où il se pose sur la piste.

« EGNOS représente pour nous un énorme pas en avant », explique Heinz Leibundgut, chef pilote de la Rega. « Ce système nous facilite la tâche lorsqu'il s'agit d'atterrir sur des terrains accidentés ou de piloter de nuit ou avec une faible visibilité. Cela constitue un avantage inestimable, précisément pour les pilotes en Suisse. Le système EGNOS assure un niveau de sécurité élevé aux pilotes et aux passagers de la Rega, laquelle peut faire décoller ses appareils, très souvent même en cas d'intempéries, et intervenir au plus vite auprès des blessés. »

Introduction progressive

Le système EGNOS est introduit progressivement dans tous les aéroports de Suisse et dans toutes les bases d'hélicoptères de la Rega (Garde aérienne suisse de sauvetage). Les nouvelles procédures sont adaptées aux besoins spécifiques des aérodromes et de leurs utilisateurs. Les opérateurs pourront ainsi améliorer leur offre, tant en termes de sécurité que de capacités, et réduire les coûts de l'infrastructure technique au sol que requièrent les atterrissages.

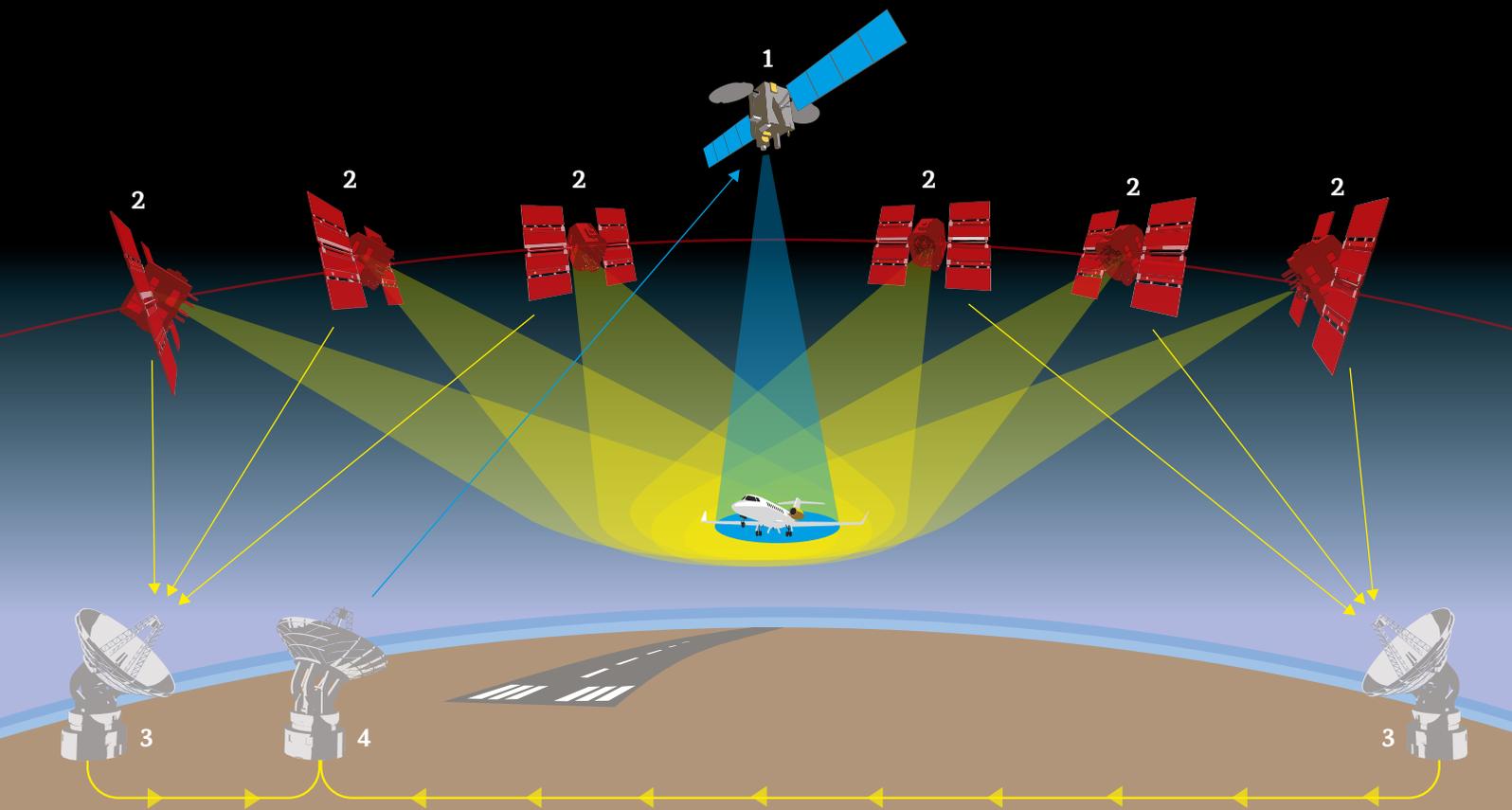
Comment fonctionne le système EGNOS ?

EGNOS se compose d'un réseau de stations au sol ainsi que de trois satellites géostationnaires, qui sont situés sur un point fixe au-dessus de l'équateur et qui émettent des signaux toujours en direction de la même région. Le système affine en permanence les signaux GPS et transmet en temps réel les corrections aux récepteurs EGNOS. L'optimisation des signaux GPS permet alors de faciliter le pilotage des avions et des hélicoptères pendant les phases d'atterrissage ou dans des vallées étroites par exemple.

Le système EGNOS est un projet commun de l'Agence spatiale européenne (ESA), de l'UE et de l'Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne (EUROCONTROL). Ces trois entités sont représentées au sein du Groupe tripartite européen (ETG), chargé du lancement du projet. EGNOS est considéré comme le premier pas de l'Europe dans la navigation par satellite. Il complète



Grâce au système EGNOS, un hélicoptère de la Rega a effectué le premier atterrissage de précision assistée par satellite en Europe. © Rega



Procédure basée sur les systèmes GPS et EGNOS

- 1 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service ou Service européen de navigation par recouvrement géostationnaire)
- 2 GPS (Global Positioning System)
- 3 Stations de référence
- 4 Centres de contrôle

© skyguide

le système européen de navigation par satellite Galileo, dont il est le précurseur. Galileo sera opérationnel en 2020, lorsque ses 30 satellites couvriront toute la surface de la Terre. L'entreprise ESSP-SAS (European Satellite Services Provider), dont le siège est à Toulouse, a été chargée par l'UE de l'exploitation et de la commercialisation du système EGNOS.

Une plateforme nationale coordonne les projets depuis 2008 et crée les conditions permettant leur réalisation. Cette plateforme regroupe la société skyguide, l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), les forces aériennes suisses, les aéroports internationaux de Zurich et de Genève, les aérodromes régionaux, la Rega ainsi que les compagnies aériennes Swiss et Easyjet.

Le rôle de skyguide

La société Skyguide est membre, depuis sa création, de l'EIOG (EGNOS Operations and Infrastructure Group). Grâce aux connaissances et aux conseils sur des questions techniques et opérationnelles en lien avec la sécurité aérienne fournis par ce groupe,

l'ESA et ses membres sont parvenus à mettre au point un système de positionnement par satellite à même de garantir la sécurité et l'efficacité des opérations de vol. Skyguide détient une participation dans la société ESSP, à l'instar des autorités nationales chargées de la sécurité du trafic aérien en Allemagne, en France, en Grande-Bretagne, en Italie, au Portugal et en Espagne.

Skyguide est l'agence nationale chargée de la sécurité du trafic aérien en Suisse. Elle a pour mission de garantir une gestion sûre, efficace et économique du trafic aérien civil et militaire dans l'espace aérien suisse ainsi que dans les parties de l'espace aérien des pays limitrophes qui lui sont déléguées. Outre les survols de l'espace aérien, skyguide contrôle le trafic des deux grands aéroports internationaux de Genève et de Zurich ainsi que des 12 aéroports régionaux en Suisse.

Une culture du riz plus rentable et soumise à moins de risques grâce aux données satellites et au savoir-faire suisse

Michael Anthony
sarmap SA

L'Asie est le bol de riz de la planète : 90% du riz consommé dans le monde est en effet produit sur le continent asiatique, où il sert d'aliment de base deux à trois fois par jour. Mais il n'est pas rare que ce bol de riz reste vide en raison de la menace que font régulièrement peser sur les récoltes la sécheresse ou les inondations. Depuis 2015, il est cependant possible, grâce aux satellites, d'anticiper le danger et de mesurer l'ampleur des inondations. Ces satellites contribuent ainsi largement à la sécurité alimentaire, tout en permettant aux riziculteurs d'être dédommagés plus rapidement en cas de mauvaises récoltes.

Le projet RIICE

Les satellites enregistrent la superficie des rizières en Asie et permettent d'évaluer les rendements avec une précision allant jusqu'à 90%. Les données satellites sont intégrées à un modèle que l'entreprise de recherche philippine (IRRI) a développé pour mesurer la croissance du riz. L'un des satellites Sentinel-1A de l'Agence spatiale européenne (ESA) transmet tous les douze jours des images des rizières, grâce auxquelles il est possible, d'une part, de suivre précisément la croissance du riz et, d'autre part, d'évaluer les dégâts causés par les intempéries.

Le savoir-faire technique provient de la Suisse. Toutes les données satellites sont d'abord traitées au Tessin avant que des instituts de recherche proches du gouvernement des pays partenaires ne se chargent de leur évaluation dans le cadre du projet RIICE (Remote Sensing-based Information and Insurance for Crops in Emerging Economies). Ce partenariat entre les secteurs public et privé réunit des entreprises privées, des chercheurs et des organes gouvernementaux qui collaborent étroitement et de manière transfron-

talière depuis 2013. Ils utilisent ainsi la télédétection via satellite pour faire des prévisions sur les récoltes et mettre des informations à la disposition des assurances. La Direction du développement et de la coopération (DDC), l'entreprise technologique tessinoise sarmap en Suisse, l'IRRI ainsi que l'assureur allemand Allianz et l'agence allemande de coopération internationale (GIZ) participent également au projet RIICE. L'objectif de celui-ci est de cartographier toutes les rizières d'Asie pour ensuite évaluer les récoltes effectives.

Amélioration de la sécurité alimentaire et rapidité des interventions sur place

Les données satellites contribuent directement à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté. Les données recueillies par RIICE permettent d'atténuer, voire d'empêcher, les dégâts causés par les intempéries, mais aussi d'envoyer de l'aide sur place et de dédommager les cultivateurs de riz plus rapidement après des catastrophes naturelles. Grâce aux capteurs radar des satellites Sentinel, les dégâts peuvent être évalués à tout moment et immédiatement. Indépendamment des conditions météorologiques, ces capteurs permettent aussi de récolter des données à travers la couverture nuageuse. L'intérêt des données satellites a été, par exemple, démontré en novembre 2015 lorsqu'un typhon a dévasté de larges parties de l'État du Tamil Nadu, dans le sud de l'Inde. Grâce aux images satellites, les autorités ont pu se faire sans tarder une idée de l'étendue des dégâts et envoyer du matériel de secours dans la région touchée. Une intervention aussi rapide n'aurait pas été possible sans de telles données.

La technologie des satellites est utile, pas seulement pour l'envoi d'une aide d'urgence, mais aussi pour les assurances dans le domaine agricole, dans la mesure où les pertes au niveau des récoltes et les dégâts subis peuvent être évalués efficacement et rapidement. Cela représente également un avantage pour les agriculteurs, qui sont dédommagés dans un délai rapide et peuvent dès lors acheter de nouvelles semences sans s'endetter à nouveau en contractant un nouveau crédit.

Sentinel-1A

Pesant 2,3 tonnes, le satellite Sentinel-1A de l'ESA dispose d'un radar qui, indépendamment des conditions météorologiques et des couches nuageuses, fournit 24 heures sur 24 des images de la surface de la Terre dont la résolution est de cinq mètres sur cinq. Il tourne autour de la planète à une altitude de 693 km et à une vitesse de 7 km/s environ (soit 25 000 km/h environ). Le satellite Sentinel-1A envoie des images à la Terre depuis octobre 2014.



Le satellite Sentinel-1A de l'ESA © ESA



Cette image a été prise au Cambodge en novembre 2015, au début de la saison du riz, et montre à quel moment les champs ont été cultivés, conformément au tableau annexé.

© Copernicus data (2015)
Carte ©OpenStreetMap contributors

	17-SEP-2015_26-SEP-2015
	27-SEP-2015_06-OCT-2015
	07-OCT-2015_16-OCT-2015
	17-OCT-2015_26-OCT-2015
	27-OCT-2015_05-NOV-2015
	06-NOV-2015_15-NOV-2015
	16-NOV-2015_25-NOV-2015
	26-NOV-2015_05-DEC-2015
	06-DEC-2015_15-DEC-2015



Cette image, composée de plusieurs clichés du Cambodge pendant la récolte de 2015, montre, à l'aide de codes en couleur, les différences dans la surface de la Terre : bleu foncé pour l'eau, blanc pour les habitations et les infrastructures, nuances de vert pour les forêts de différents types et densités, bleu clair à violet pour les terres agricoles de divers moments de la culture du riz.

© Copernicus data (2015)
Carte ©OpenStreetMap contributors

Copernicus : observation globale pour l'environnement et la sécurité

Copernicus est le programme européen d'observation de la Terre. S'appuyant sur des observations terrestres, aériennes et spatiales, il fournit des services d'information géographique pour l'environnement et la sécurité. Les observations à partir de l'espace s'effectuent essentiellement avec les satellites Sentinel conçus spécialement pour Copernicus. Les principaux utilisateurs des services d'information sont les autorités européennes, nationales et régionales ainsi que les milieux de l'économie et de la recherche. Les services proposés par Copernicus couvrent un large éventail d'applications dans les domaines suivants: utilisation des sols, environnement marin, atmosphère, gestion des crises et des catastrophes, changement climatique et sécurité.

Le programme Copernicus est une initiative commune de l'UE et de l'ESA amorcée en 1998. Depuis lors, la Suisse a participé à la préparation des satellites et des services d'information dans le cadre de divers programmes de l'UE et de l'ESA. En 2014, l'UE a lancé le programme d'exploitation opérationnel, certains aspects de l'exécution ayant été délégués à des organisations auxquelles participe la Suisse, comme l'ESA, EUMETSAT, l'Agence européenne pour l'environnement ou FRONTEX.

Détection précoce des dangers naturels grâce au radar par satellite

Urs Wegmüller
Gamma Remote
Sensing AG

Dans l'espace alpin, des satellites surveillent les glaciers, les reliefs et les parois rocheuses, ainsi que les infrastructures (lignes ferroviaires, barrages, bâtiments) au moyen de l'interférométrie radar par satellite depuis plus de 20 ans. Cette méthode permet de détecter les dangers naturels à un stade précoce, de suivre de près l'évolution des risques potentiels et d'élaborer une cartographie des risques actualisable en continu.

L'interférométrie radar a ouvert des perspectives inédites pour cartographier les risques ou les mouvements de terrain lors de phénomènes naturels tels qu'éruptions volcaniques, tremblements de terre, glissements de terrain, instabilités rocheuses, modifications du pergélisol, effondrements glaciaires ou mouvements de terrain provoqués par l'homme. Cette dernière catégorie comprend notamment les modifications de terrain enregistrées dans le secteur

minier lors de l'extraction de pétrole ou de gaz, le prélèvement d'eau souterraine ou la construction.

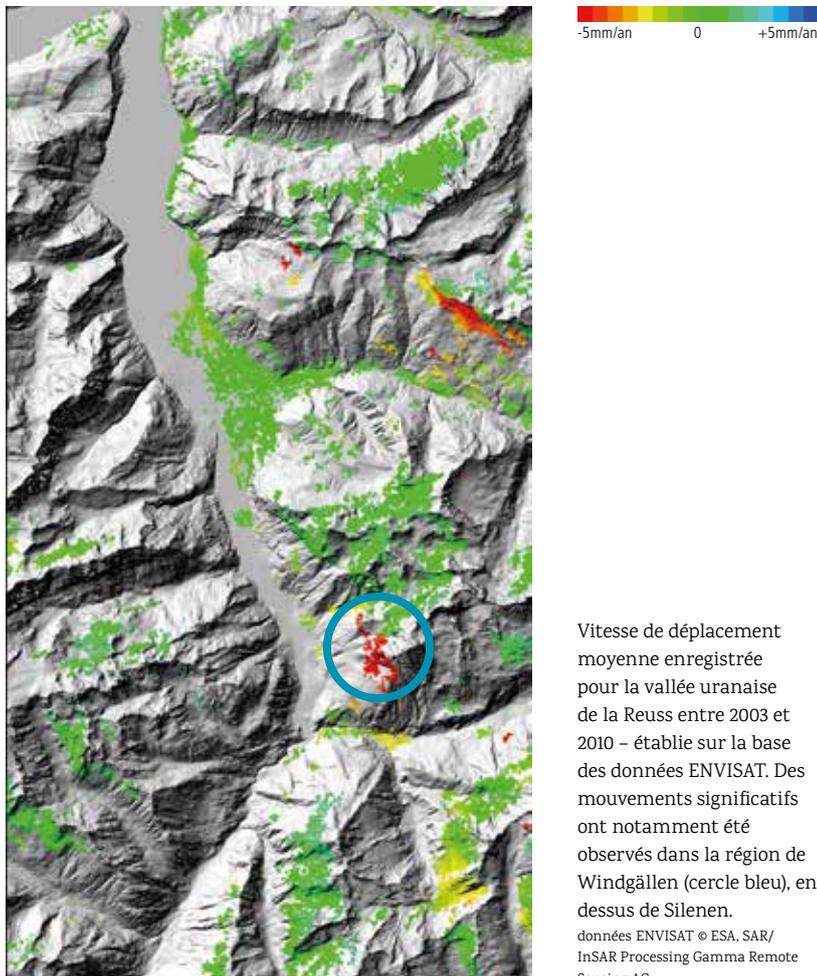
Précision millimétrique des données

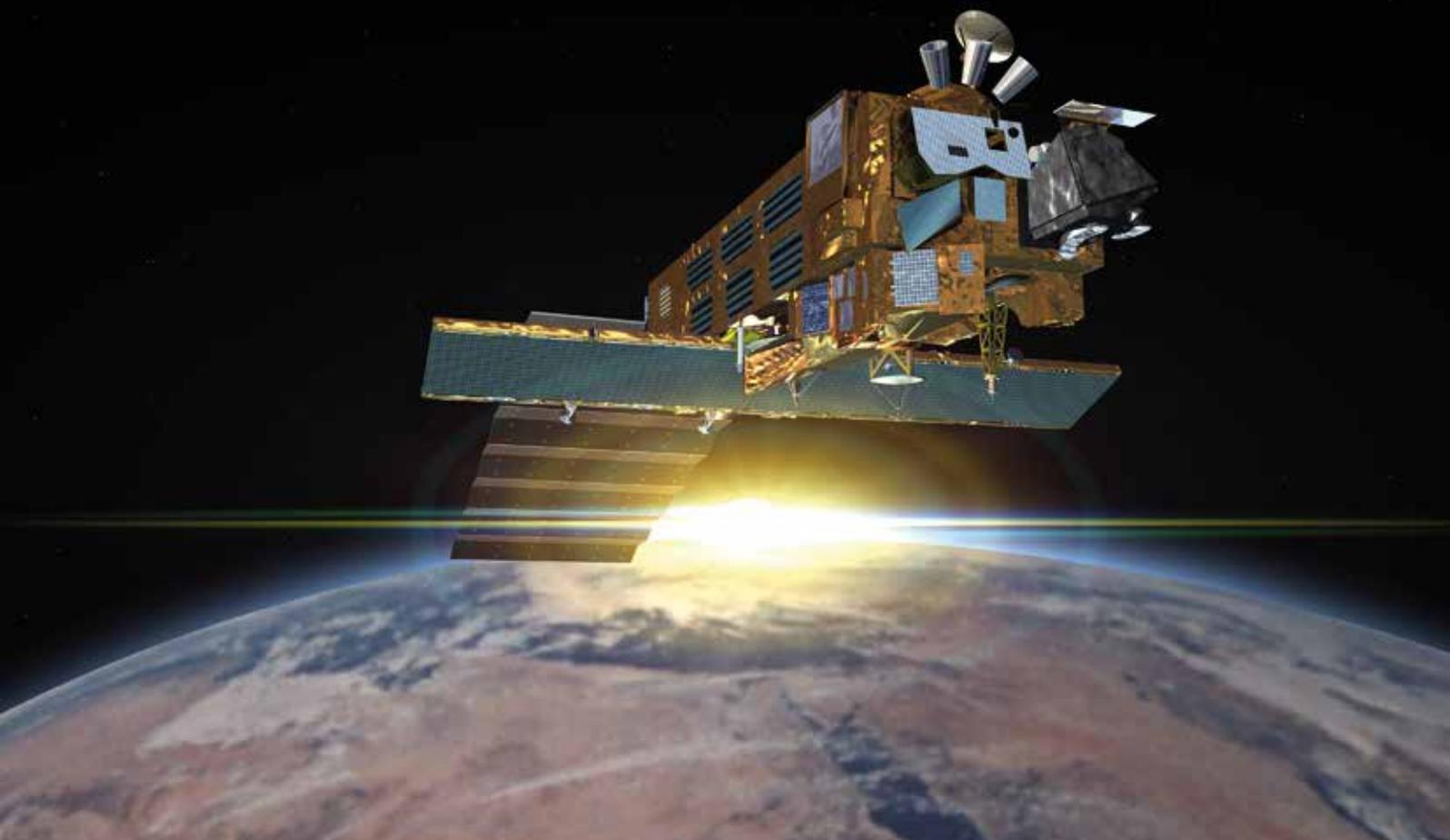
Les ondes radar permettent de déterminer la topographie et les mouvements de terrain avec une grande fiabilité. Le système radar par satellite enregistre à intervalles réguliers – et presque par tous les temps – des données de qualité sur la région observée. Cette méthode permet de déceler des mouvements de terrain de quelques millimètres ou centimètres à peine. De 2002 à 2012, la Suisse a utilisé le satellite européen d'étude de l'environnement ENVISAT, qui a été relayé par le satellite Sentinel-1A en 2014.

La comparaison d'images radar prises à différents moments permet, a posteriori, de reconstituer facilement et avec une grande précision les mouvements de terrain survenus. La nouvelle génération de satellites enregistre même des mouvements en temps réel. Les informations collectées au fil des ans permettent d'élaborer une cartographie des risques et de suivre de près les dangers potentiels grâce à une mise à jour continue des données. Pour assurer une surveillance locale suivie, ce système est complété par des capteurs interférométriques terrestres, dont les relevés réalisés au rythme d'une mesure par minute s'avèrent particulièrement utiles dans le cadre d'un système d'alerte précoce.

Intervention dans la région de Chli Windgällen

Dans le cadre d'un projet pilote, nous avons réalisé des mesures par satellite pour déterminer les mouvements de terrain dans la vallée uranaise de la Reuss, entre Sisikon et Wassen, et en particulier dans la région de Chli Windgällen. La multitude d'informations collectées pendant 20 ans par les deux satellites ERS et ENVISAT a permis d'établir des données de mesure rétrospectives et d'en donner une interprétation géologique. Il a ainsi été possible, sans point de mesure préalable, de cartographier les mouvements de terrain avec une précision d'environ 1 mm/an pour les mouvements linéaires et une résolution spatiale de 20 m. Ces mesures ont été réalisées sur mandat des CFF, qui utilisent les résultats dans le cadre de leur programme de surveillance de l'axe Nord-Sud.





Le satellite d'étude de l'environnement ENVISAT de l'ESA, en service de 2002 à 2012 © ESA

En Suisse, cette méthode est également utilisée dans l'espace alpin pour cartographier les glissements de terrain et les instabilités rocheuses. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) nous a mandatés pour procéder à une vaste analyse des données enregistrées par différents radars satellitaires. Il a ensuite traité les données pour élaborer une cartographie des risques différenciée par degré de risque.

Interférométrie radar par satellite

Cette méthode consiste à envoyer par satellite des ondes radar à la surface terrestre pour qu'elles s'y réfléchissent. Elle permet ainsi de mesurer très précisément la distance entre le satellite et la surface terrestre. Dans le cas d'une pente en mouvement, la distance entre le satellite et la surface terrestre peut varier d'une période de mesure à l'autre. La méthode d'analyse interférométrique enregistre de telles variations de distance avec une grande précision et les cartographie.

Ce procédé ouvre de nouvelles perspectives pour la surveillance de régions inhabitées et privées de tout autre réseau de mesures. De ce fait, l'interférométrie radar se prête particulièrement bien à la surveillance des pentes stabilisées jusque-là par le permafrost qui, en raison du changement climatique, enregistrent un dégel et des mouvements de terrain.

L'industrie spatiale constitue l'un des moteurs de l'économie suisse et crée des emplois

Peter Guggenbach

président de Swiss Space Industries Group (SSIG)

Raoul Keller

directeur de Swiss Space Industries Group (SSIG)

Les entreprises suisses sont bien positionnées dans l'industrie spatiale. Aucune mission dans l'espace ou presque ne serait possible sans les technologies de pointe helvétiques. Ce savoir-faire profite non seulement aux pôles de la recherche et de la formation, mais aussi au marché du travail suisse. L'industrie spatiale crée des emplois durables et de qualité, assure le transfert de connaissances et favorise les développements ainsi que les applications dans d'autres secteurs industriels.

L'industrie spatiale suisse est un secteur stratégique important pour la croissance du pays. Elle se voit attribuer des contrats à haute valeur ajoutée et développe, par exemple, des coiffes couvrant les charges utiles, des structures pour des satellites, des mécanismes de haute précision, électronique de bord, des transpondeurs spatiaux, des composants pour propulseurs, de nouveaux matériaux, des techniques de mesure ainsi que des instruments scientifiques ou médicaux. Il n'est pas rare que des applications utiles en découlent pour un usage terrestre. Les activités spatiales ont également une influence sur la communication, les infrastructures et la mobilité sur terre.

PulsEar : l'écouteur qui mesure le pouls © CSEM



Applications spatiales utilisées au quotidien

Les activités spatiales font en fait partie de notre quotidien sans que nous ne le remarquions vraiment. Nous utilisons en effet des technologies destinées à l'origine à l'espace pour regarder la télévision, téléphoner, transmettre des courriels ou conduire au moyen d'un GPS. Au cours de ces deux dernières années, plus de 270 applications développées dans le cadre de programmes de l'Agence spatiale européenne (ESA) ont trouvé un usage dans d'autres domaines. Des satellites d'observation de la terre permettent ainsi de comprendre les interactions complexes existant entre les écosystèmes à l'échelle planétaire, de surveiller l'environnement et d'optimiser l'exploitation des ressources naturelles (voir page 14). Il serait en outre impossible de faire des prévisions météorologiques précises sans les données fournies par les satellites (voir page 10).

Sur le plan économique, l'industrie spatiale est rentable. La Suisse a participé, par exemple, à hauteur de 3% aux coûts du programme de satellites météorologiques de l'ESA/EUMESTAT. Ce faisant, elle a obtenu le droit d'utiliser l'ensemble des fonctions des satellites partiellement construits en Suisse. On estime qu'au cours des vingt prochaines années, le bénéfice global sera de 15 à 60 fois supérieure aux 3 milliards d'euros qui seront investis dans le programme consacré aux satellites. La Suisse utilise les données satellitaires en particulier pour protéger sa population et ses infrastructures des glissements de terrain et des dangers liés aux intempéries (voir page 16).

Le programme Copernicus de la Commission européenne fournit des données satellites pour la protection de l'environnement et la sécurité civile dans le monde entier. La Suisse ne fabrique pas seulement des composants importants pour les satellites, mais elle exploite aussi les données, par exemple, dans le cadre de projets de recherche sur les changements climatiques (voir page 15).

Le produit PulsEar développé par le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) pour mesurer la fréquence cardiaque est un autre exemple. Le capteur, intégré dans un écouteur que l'on trouve couramment dans le commerce, affiche



La structure de la navette européenne IXV (Intermediate eXperimental Vehicle) développée par RUAG Space, portée par le système mécanique sol d'APCO Technologies © ESA

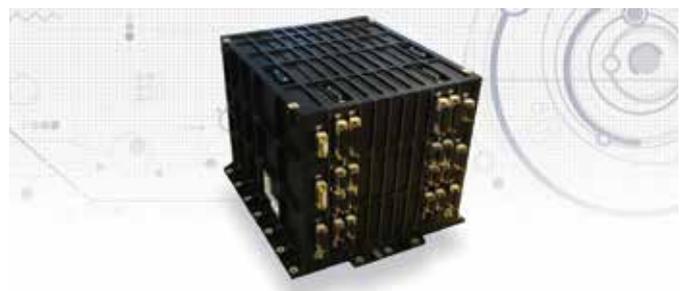
le pouls en temps réel sur un iPhone. A l'origine, cette technologie a été développée pour l'ESA afin d'observer le comportement des astronautes pendant des missions de longue durée.

Emplois hautement spécialisés

Les programmes spatiaux de l'ESA créent en Suisse des postes de travail pour des employés hautement qualifiés. Ils favorisent par ailleurs l'échange de connaissances et la collaboration entre la recherche et l'industrie. Outre des universitaires, l'industrie spatiale emploie des spécialistes dans les branches les plus diverses : électronique, optique, mécanique de précision, aérodynamique et thermodynamique, informatique, sciences des matériaux ou impression en 3D.

Au total, les 21 entreprises de Swiss Space Industries Group (SSIG) emploient plus de 900 personnes en lien direct avec les technologies spatiales. Leur chiffre d'affaires annuel se monte à 270 millions de francs. En outre, plusieurs milliers de personnes travaillent indirectement pour l'industrie spatiale, notamment dans l'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux, laquelle fabrique des composants essentiels pour les activités dans l'espace.

Electronique de bord suisse: Mémoire de masse et unité de formatage de Syderal SA pour la mission EarthCARE de l'ESA © Syderal



Pas de lancement d'Ariane sans hightech suisse

Hendrik Thielemann
RUAG

Pas un lanceur européen ne décolle sans que la Suisse soit du voyage. En effet, l'industrie helvétique fournit, entre autres, la coiffe qui protège la charge utile à l'extrémité de la fusée et permet aux satellites de traverser l'atmosphère terrestre sans dommage. Cette coque limite l'impact sonore du départ, isole contre la chaleur et protège des salissures.

Il ne faut que trois minutes et demie à une fusée Ariane pour quitter l'atmosphère terrestre à une altitude de près de 120 km. Mais pendant ce bref laps de temps, elle est mise à rude épreuve. Le bruit des moteurs est si fort qu'aucun être humain directement exposé ne pourrait y survivre. La grande vitesse de vol provoque des charges aérodynamiques considérables et l'enveloppe extérieure de la fusée est soumise à une forte chaleur, jusqu'à 700 degrés. Les satellites fragiles fixés sur la pointe de la fusée et propulsés dans l'espace ne résisteraient pas à ces conditions extrêmes sans une protection spéciale fournie par la Suisse. La coiffe est un carénage aérodynamique de 17 mètres. Placée sur la pointe de la fusée, elle recouvre et protège les satellites encapsulés.

L'entreprise aérospatiale suisse RUAG Space est leader mondial lorsqu'il s'agit d'assurer la protection de la pointe des fusées pendant les trois premières minutes après leur lancement. Elle fournit des coiffes pour les lanceurs européens Ariane et Vega, apportant une contribution significative au programme qui assure à l'Europe un accès indépendant à l'espace. Sur le plan commercial aussi, la fusée Ariane est une réussite, entre autres grâce à la technologie suisse : Ariane achemine près de la

moitié des grands satellites de télécommunication commerciaux dans l'espace.

Un partenaire de la première heure

La Suisse est partenaire de la première heure du programme Ariane. Dès le lancement de la première fusée Ariane, le 24 décembre 1979, une coiffe fabriquée par l'actuelle RUAG Space protégeait le satellite. Depuis 2012, l'Europe dispose d'un autre lanceur, Vega, également équipé d'une coiffe suisse. Du haut de ses quelque 60 mètres, Ariane 5 fait office de convoyeur de poids lourds : elle peut transférer deux grands satellites de télécommunication de plus de 10 tonnes en tout vers l'orbite géostationnaire, tandis que sa petite soeur, Vega, qui mesure une trentaine de mètres, place des charges utiles légères à moyennes sur des orbites plus proches de la Terre. Elle est donc particulièrement adaptée à la mise en orbite de satellites destinés à l'observation de la Terre, aux études météorologiques et à la recherche scientifique.

Depuis le lancement de la première fusée Ariane, les ingénieurs de RUAG Space ont contribué au succès de plus de 250 vols dans l'espace. Cette fiabilité est une qualité très appréciée également par les États-Unis, première nation spatiale au monde, qui eux aussi misent sur la technologie suisse.

Atlas V, à ce jour la plus grande fusée de transport de grands satellites américaine dans l'espace, est équipée depuis 2003 d'une coiffe en fibre de carbone de fabrication suisse. Actuellement, RUAG Space travaille sur des coiffes destinées à la prochaine génération de fusées, Ariane 6 en Europe et Vulcan aux États-Unis.

Lancement d'une fusée Ariane 5, le 18 juin 2016 à la station spatiale européenne de Guyane française, avec à son bord deux satellites. Sa pointe est revêtue d'une coiffe RUAG © ESA





À Zurich, RUAG Space emballe et prépare pour le transport une coiffe destinée à un lanceur Vega © RUAG

Programme Ariane

Le programme européen pour le développement et la construction de lanceurs européens a vu le jour en 1973. Le but premier était de garantir à l'Europe un accès autonome à l'espace et de réduire ce faisant sa dépendance vis-à-vis des autres puissances spatiales. Depuis, l'Agence spatiale européenne (ESA) a développé cinq générations de fusées Ariane (les travaux pour la sixième génération ont été lancés en 2014) et soutenu la construction d'une base de lancement européenne à Kourou, en Guyane française.

Aujourd'hui, grâce à ses performances en constante amélioration et à sa grande fiabilité, la fusée Ariane se voit confier la plupart des lancements de satellites commerciaux. Ariane a également joué un rôle essentiel dans le ravitaillement de la station spatiale internationale ISS : entre 2008 et 2014, les fusées ont envoyé dans l'espace cinq véhicules automatiques de transfert de l'ESA (ou ATV pour Automated Transfer Vehicle), chargés d'acheminer des produits consommables et du matériel d'expérimentation jusqu'à l'ISS.

Nos appareils de navigation gagnent en précision grâce aux horloges atomiques suisses

Pascal Rochat
Spectratime

Les appareils de navigation font désormais partie de notre quotidien. Que ce soit en randonnée ou en voiture, pour les relevés topographiques ou dans l'agriculture, pour la gestion du trafic sur l'eau, sur terre ou dans les airs : les systèmes de navigation par satellites sont devenus incontournables pour tous nos besoins en matière de géolocalisation. De ces appareils, nous attendons, cela va sans dire, une précision au mètre près, voire au centimètre près.

Pour fournir des données aussi pointues, les systèmes de navigation par satellites nécessitent des horloges atomiques parfaitement synchronisées, alliant stabilité et haute précision. Les signaux émis par les satellites sont « horodatés » grâce aux horloges atomiques et permettent ainsi de localiser un objet avec exactitude. Sachant que ces signaux se propagent à la vitesse de la lumière (300'000 km/s), il suffit de très légers décalages pour que l'exactitude du positionnement soit affectée. Si l'horloge atomique d'un satellite avance ou retarde « seulement » d'une nanoseconde (soit un milliardième de seconde), l'erreur de positionnement sera de 30 cm. Les horloges doivent également être particulièrement robustes car elles subissent de violentes secousses lors du lancement de la fusée et au moment où le satellite se détache. De plus, elles sont exposées à d'énormes variations de tempéra-

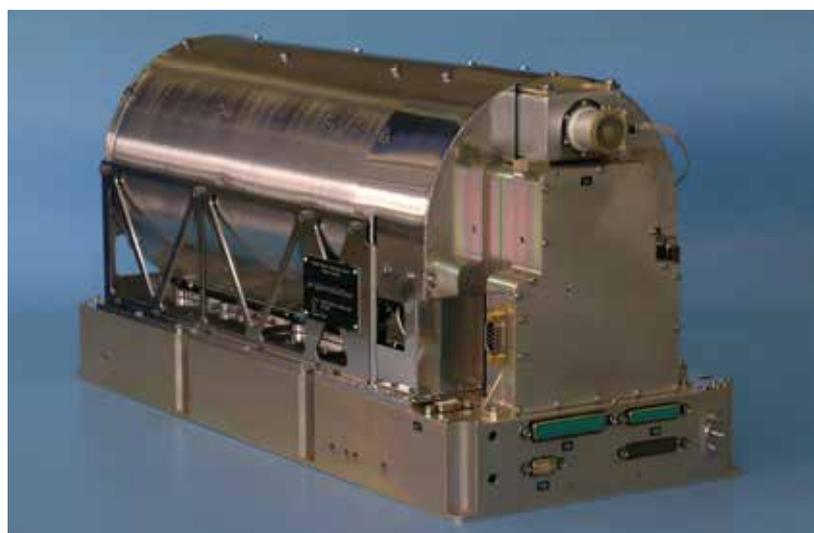
tures pendant leur voyage dans l'espace et, une fois là-haut, leur maintenance n'est plus possible.

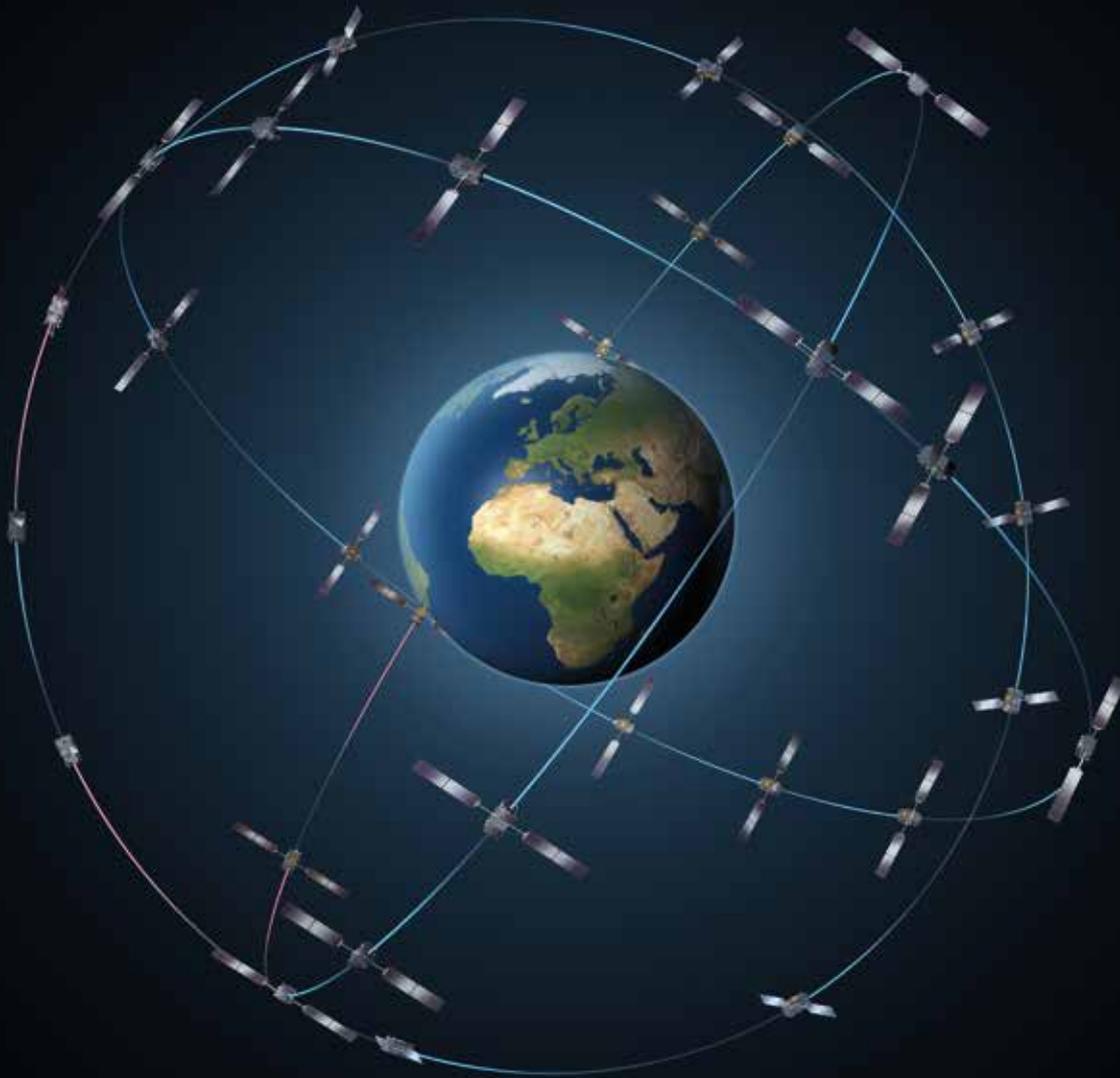
Des horloges atomiques «Made in Switzerland»

Contrairement à ce que l'on pourrait s'imaginer, les horloges atomiques n'ont ni cadran, ni aiguilles. Et ce n'est pas un balancier qui détermine la cadence, mais la variation de l'état d'énergie d'un atome. La société Spectratime, sise à Neuchâtel, a mis au point deux types d'horloges différentes pour le système européen de navigation par satellite Galileo : les premières utilisent des atomes de rubidium, les secondes des atomes d'hydrogène. Ces dernières sont considérées comme les horloges atomiques les plus précises qui fonctionnent aujourd'hui dans l'espace. En effet, il devra s'écouler trois millions d'années avant qu'elles n'avancent ou ne retardent d'une seconde seulement. Chaque satellite est équipé de deux horloges de chaque type. Les satellites transmettent un signal horodaté à leur récepteur sur Terre, qui peut alors calculer leur position exacte sur la base du temps de propagation du signal. Le système utilise les données d'au moins quatre satellites, lesquels sont synchronisés au milliardième de seconde.

Les horloges atomiques envoyées dans l'espace sont également utilisées pour les télécommunications, la radioastronomie ou encore la mesure d'effets physiques aux limites du mesurable. Les signaux horaires extrêmement précis fournis par ces horloges s'avèrent également indispensables pour un grand nombre d'activités quotidiennes. C'est eux en effet qui permettent de déterminer le temps universel coordonné (UTC pour Universal Time Coordinated). Sans ces horloges, il serait impossible de synchroniser les réseaux de communication. Il en résulterait une surcharge des réseaux électriques aux heures de pointe ou une instabilité voire un ralentissement de la communication via la téléphonie mobile ou Internet. De même, les paiements quotidiens par carte de crédit ou les transferts électroniques de titres informatisés rapides seraient impossibles aujourd'hui sans les horloges atomiques et les signaux satellitaires émis depuis l'espace.

Horloge atomique de la société Spectratime (Neuchâtel), montée dans un boîtier de l'entreprise Argotec. © Spectratime





La constellation complète de Galileo comprendra 30 satellites, 24 opérationnels et 6 de rechange, répartis sur trois plans orbitaux. © ESA

Les systèmes européens de navigation par satellite Galileo et EGNOS

Galileo met un terme à la dépendance des utilisateurs européens à l'égard du GPS américain. Une fois son déploiement achevé, prévu en 2020, le système Galileo sera constitué de 24 satellites, tournant sur trois plans orbitaux distincts. Deux satellites de rechange sont en outre placés sur chaque orbite. Au moins quatre satellites seront donc visibles à tout moment de n'importe quel point de la Terre, garantissant ainsi un positionnement précis. L'écart de précision sera inférieur à un mètre.

Le système régional de navigation EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service, soit Service européen de navigation par recouvrement géostationnaire) est opérationnel depuis mars 2011 déjà. EGNOS permet d'améliorer la précision et la fiabilité des signaux GPS. Les signaux émis par EGNOS peuvent être captés en Europe et en Afrique du Nord. Développé avec succès sous la houlette de l'Agence spatiale européenne (ESA), le système EGNOS a été transféré en 2009 à l'UE pour la phase d'exploitation. EGNOS facilite en particulier l'atterrissage des avions et des hélicoptères en cas d'intempéries. (voir page 12)

La Suisse participe au déploiement et à l'exploitation des deux systèmes. La Suisse et l'UE ont signé à cet effet un accord de coopération en décembre 2013, lequel est appliqué à titre provisoire depuis le 1er janvier 2014. La Suisse a ratifié l'accord en 2015. Le processus de ratification au sein de l'UE est en cours.

L'Agence spatiale européenne (ESA)

L'Europe a participé à l'aventure spatiale depuis ses débuts. Si à l'origine, les activités spatiales européennes étaient inspirées avant tout par la curiosité scientifique, elles répondent désormais à de multiples intérêts : l'exploration spatiale permet de développer des technologies et des services indispensables à toute société moderne ; elle élargit l'horizon de nos connaissances sur l'univers et sur notre propre planète ; elle fournit des informations précieuses pour relever les défis majeurs de notre temps ; elle crée des emplois de qualité et renforce la compétitivité et la capacité d'innovation de l'industrie européenne.

Les États européens ont rapidement compris que pour explorer l'espace, il fallait travailler main dans la main. Forts de cette conviction, ils se sont associés dès le début des années 1960 pour développer ensemble des lanceurs et des satellites scientifiques. La création, en 1975, de l'Agence spatiale européenne (ESA) a permis de regrouper ces activités. La Suisse figure parmi ses dix membres fondateurs.

L'ESA compte aujourd'hui 22 États membres. Le Canada participe à un grand nombre de programmes en tant que membre associé. Quant à la Slovaquie, elle a conclu un accord d'association en 2016. Les autres États membres de l'UE qui ne font pas partie de l'ESA sont liés à l'agence par différents accords de coopération. L'ESA est une organisation intergouvernementale indépendante. Elle entretient des contacts étroits avec l'UE et est liée à celle-ci par un accord-cadre.

Les activités de l'ESA recouvrent aujourd'hui presque tous les domaines du secteur spatial, à savoir :

- » les lanceurs,
- » la science spatiale,
- » les vols spatiaux habités et les explorations robotiques,
- » l'observation de la Terre,
- » la navigation,
- » la technologie et les télécommunications,
- » la surveillance de l'espace.

Outre ses propres programmes, qui sont définis et financés par les États membres, l'ESA réalise également des programmes pour des tiers, parmi lesquels figurent notamment le développement de satellites météorologiques nouvelle génération pour EUMETSAT et la création des constellations de satellites nécessaires à la mise en œuvre des programmes Galileo (navigation) et Copernicus (surveillance de l'environnement) de l'UE. Dans le secteur de la communication par satellite, l'ESA conclut en outre des partenariats public-privé avec de nombreux fournisseurs commerciaux de services de communication. L'agence est également responsable du développement des fusées Ariane et Vega dont l'exploitation commerciale est assurée par la société Arianespace.

Le budget annuel de l'ESA s'élève à 5,3 milliards d'euros (2016), dont une très grande partie retourne dans les États membres sous la forme de mandats de recherche et de développement. Les compétences et produits développés par les entreprises impliquées entraînent des retombées économiques largement supérieures aux contributions versées par les États membres. L'ESA, dont le siège se trouve à Paris, emploie dans ses divers centres techniques disséminés en Europe quelque 2200 personnes en provenance de tous les États membres.



Les États membres de l'ESA (en gris foncé) – les États associés ou coopérants (en gris clair) © ESA



Johann-Dietrich Wörner,
directeur-général de l'ESA © ESA

« Le secteur spatiale est indispensable pour une société moderne. Il contribue à la compétitivité industrielle et à la croissance, en créant des emplois et de la croissance. Dans ce domaine, il n'est pas possible de réussir sans collaborer. Les activités spatiales encouragent hommes et femmes à se former encore davantage et à s'engager dans des métiers fascinants et gratifiants. L'Agence spatiale européenne (ESA) est prête à prendre des mesures spécifiques pour ses États membres. Leur diversité constitue à nos yeux un avantage décisif, puisque chacun fait bénéficier aux autres de ses compétences propres. La Suisse, par exemple, ne propose pas seulement des produits et des technologies clés pour les programmes spatiaux européens ; elle participe aussi largement à la coordination des activités spatiales en Europe. La Suisse a accueilli la réunion du Conseil de l'ESA au niveau ministériel les 1er et 2 décembre 2016 à Lucerne. C'était l'occasion pour elle de montrer aux citoyens de l'ensemble des États membres que le spatial est importante pour tous, qu'il contribue à l'essor économique et à la compétitivité générale et qu'il enrichit et améliore notre quotidien en étant source d'inspiration et en stimulant l'innovation, l'information ainsi que les interactions. »

Présidence de l'ESA : responsabilité européenne confiée à la Suisse

Balz Abplanalp

conseiller diplomatique
coprésidence ESA, DFAE

L'Agence spatiale européenne (ESA) assure à la Suisse l'accès à l'espace depuis plus de 40 ans. De 2012 à 2016, la Suisse a assumé pour la première fois la coprésidence de l'institution, aux côtés du Luxembourg. Les deux pays se sont d'emblée accordés sur une répartition cohérente des tâches : en tant qu'Etat membre de l'UE, le Luxembourg s'est chargé des relations entre l'ESA et l'UE, tandis que la Suisse a pris la responsabilité de tous les programmes de l'agence. Cette fonction partagée a été exercée par le vice-premier ministre luxembourgeois Etienne Schneider (depuis fin 2013) et par le Suisse Mauro Dell'Ambrogio, secrétaire d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation.

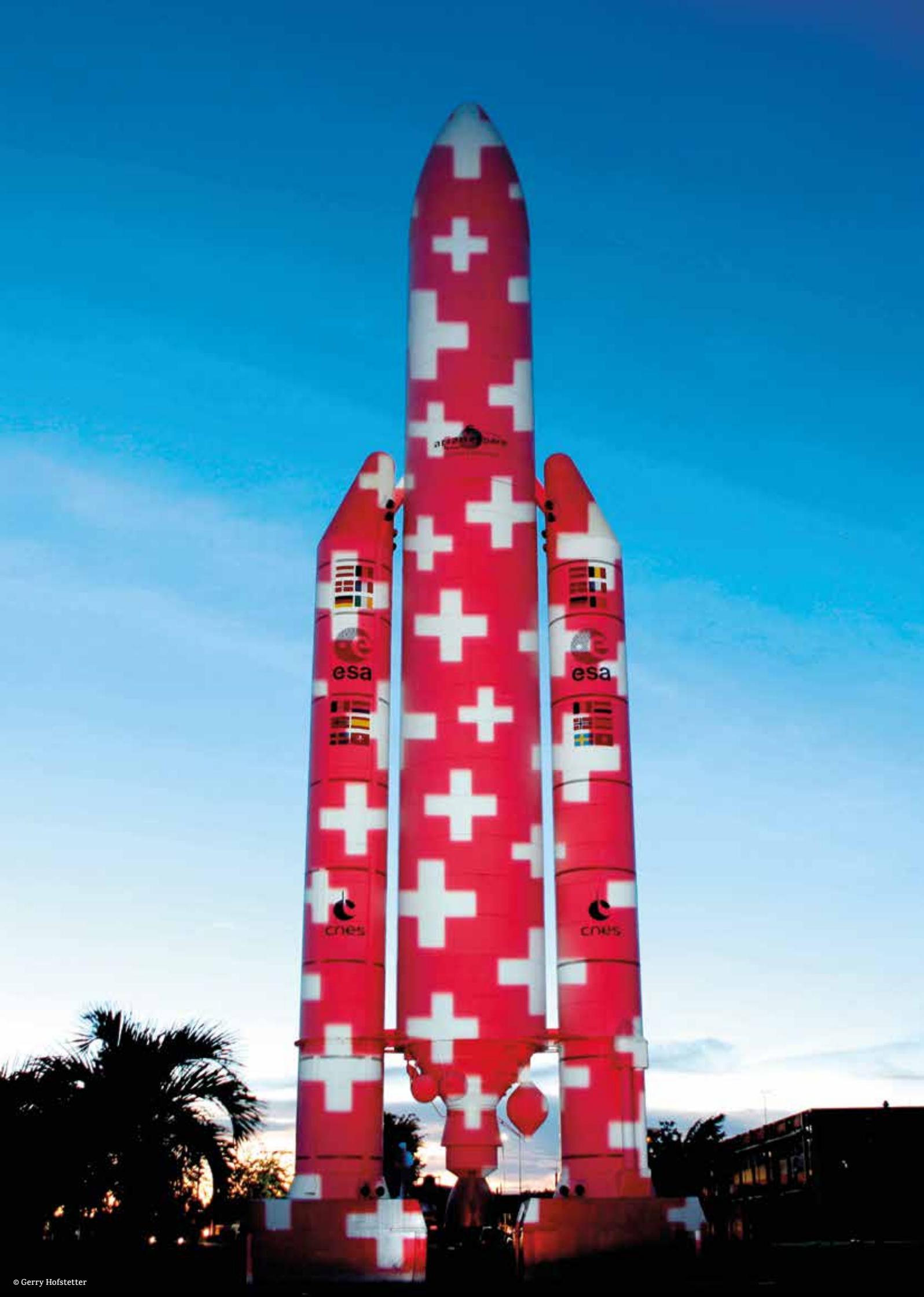
La coprésidence a dirigé pendant quatre ans les conseils ministériels de l'ESA, au cours desquels les États membres, actuellement 22, fixent les axes stratégiques, programmatiques et financiers de l'agence pour les années à venir. Il lui a incombé, aux côtés du directeur général, de préparer un ensemble de programmes tenant compte des souhaits de tous les États membres. Une fois cette étape franchie, les ministres allouent des fonds suffisants aux programmes spatiaux s'inscrivant sur le long terme, dont l'enveloppe budgétaire doit être renouvelée après quelques années. D'une durée de douze ans, la mission de l'ESA « Rosetta », qui a permis pour la première fois un atterrissage sur une comète le 12 novembre 2014, est un exemple d'une mission approuvée dans le cadre du programme scientifique.

Malgré la crise économique, les ministres ont décidé lors des deux derniers conseils ministériels à Naples (2012) et à Luxembourg (2014) d'allouer aux programmes un montant total de plus que 15 milliards d'euros. Cet engagement financier important reflète leur conviction que les moyens investis dans la recherche et les infrastructures spatiales stimulent considérablement la croissance économique en Europe grâce aux innovations. Cette contribution à la compétitivité de l'Europe est aussi un succès pour la coprésidence suisse qui, en coulisses, a œuvré à

l'adoption de décisions déterminantes. Cette dernière a ainsi dirigé et joué un rôle clé dans le long processus de négociation entre les États membres de l'ESA et l'industrie concernant le développement d'Ariane-6. Ce programme, auquel la Suisse participe activement, permettra de créer ces prochaines années des emplois hautement qualifiés en Suisse également et contribuera de ce fait à renforcer notre pôle scientifique et industriel.

Grâce aux résolutions politiques adoptées lors des conseils ministériels de Naples et de Luxembourg sur la question du développement de l'ESA, celle-ci conservera son statut d'agence intergouvernementale. L'ESA se trouve ainsi confortée dans son rôle d'institution et de partenaire incontournable et indépendant à l'égard de l'UE. Cela répond aussi à l'intérêt de la Suisse.

La coprésidence suisse de l'ESA a donc atteint ses objectifs politiques et a contribué à renforcer les réseaux des scientifiques et des industriels suisses qui sont actifs dans le domaine de l'espace. L'organisation du Conseil ministériel de l'ESA à Lucerne les 1er et 2 décembre 2016 a marqué la clôture de la coprésidence suisse.



Coup d'oeil dans les coulisses de l'ESA

L'entretien a été mené par **Kamlesh Brocard**, collaboratrice scientifique à la Division Affaires spatiales, Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI)

Entretien avec Maurice Borgeaud, chef du Département Sciences, Applications et Technologies futures de la Direction Programmes d'observation de la Terre de l'ESA

Vous travaillez aujourd'hui à l'ESA. Qu'est-ce qui vous a amené à vous tourner vers une carrière dans le spatial ?

Pendant mes études déjà, j'étais fasciné par l'espace et les satellites. Je me suis donc concentré sur les domaines spécialisés que sont les microondes, le traitement numérique des signaux, les radars et les antennes. Je voulais en savoir plus sur l'espace, afin de mieux comprendre la Terre et son environnement. Ma thèse de doctorat a porté sur des modèles de développement devant permettre de faire des prévisions sur les interactions entre les ondes radar et diverses surfaces terrestres comme la végétation, la glace ou la neige. En outre, j'ai découvert très tôt que j'avais une prédilection pour le travail en milieu international.

Quelles sont les missions de votre département au sein de l'ESA ?

En tant qu'agence internationale, l'ESA doit affirmer sa présence, être à l'écoute de ses 22 États membres et répondre à leurs stratégies nationales. L'ESA a également pour mission de soutenir l'industrie ainsi que la recherche et le développement au niveau européen pour que ceux-ci restent compétitifs et puissent se maintenir au sommet du classement mondial en matière de développement de technologies et de systèmes spatiaux.

Pour ce faire, nous travaillons également avec d'autres agences – comme les autorités spatiales américaine, russe, japonaise ou chinoise – et étudions les possibilités de coopération avec elles ou coordonnons des activités communes. Par ailleurs, je représente l'ESA dans le cadre de la Charte internationale « Espace et catastrophes majeures ». En cas de catastrophe, elle permet de mettre gratuitement à la disposition des unités de secours des données et des informations satellitaires.

À quoi ressemble votre journée type ?

Chaque jour apporte son lot de nouveaux défis : les missions qui me sont assignées sont diverses et exigeantes, ce qui les rend aussi attrayantes. Mon domaine d'activité s'étend des géosciences à la préparation de missions d'observation de la Terre et de la technologie appropriée, en passant par le développement de nouvelles applications, par exemple pour le programme Copernicus de l'UE.

Nous voulons faire en sorte que nos données satellitaires servent non seulement la science, mais permettent aussi à l'industrie en aval de se développer et de mettre sur le marché de nouveaux services et produits. Ces données doivent également pouvoir être utilisées à des fins de surveillance du changement climatique et de développement durable à l'échelle planétaire – par exemple dans les domaines de la sécurité alimentaire, de la gestion de l'eau ou du développement urbain.

Comme mon département se répartit entre trois sites de l'ESA, Frascati en Italie, Noordwijk aux Pays-Bas et Harwell en Angleterre, je suis souvent en déplacement.

Quels sont, selon vous, les plus grands défis auxquels il faudra faire face à l'avenir ?

L'une de nos principales aspirations est d'ouvrir l'accès aux données d'observation de la Terre au grand public. Prenez l'exemple des prévisions météorologiques: ici, en Europe, elles sont basées sur les données d'EUMETSAT, obtenues par des satellites ayant été développés par l'ESA. Nous devons veiller à ce que ces données puissent être utilisées par les acteurs de la recherche comme par ceux de l'économie à des fins d'innovation. Et, il importe de le préciser : les données sont importantes pour les décideurs dans tous les domaines, lorsqu'il s'agit d'assurer le développement durable de notre planète.

Le nombre croissant de partenaires en Europe et dans le monde ouvre à l'ESA de nouvelles possibilités de coopération. Mais il la met aussi face à de nouveaux défis. Aussi faut-il mieux définir le rôle et les responsabilités de l'ESA. Elle doit être renforcée dans son rôle à la fois d'agence de recherche et développement, d'architecte spatiale pour de futures missions ainsi que d'agence d'approvisionnement pour tous les programmes spatiaux européens.



Maurice Borgeaud,
chef du Département
Sciences, Applications et
Technologies futures de
la Direction Programmes
d'observation de la Terre
de l'ESA © ESA

Que conseillez-vous aux jeunes qui souhaitent se diriger vers une carrière spatiale ?

Lorsque j'enseignais à l'EPFL, j'avais chaque année entre 40 et 50 étudiants qui suivaient les cours sur la télédétection et sur l'espace en général. Cependant, malgré cet enthousiasme, très peu d'entre eux ont travaillé par la suite dans ce domaine. S'ils ont renoncé à s'engager dans cette voie, c'est souvent par manque de mobilité ou par appréhension à s'installer à l'étranger. Mais de par ma propre expérience, je peux affirmer avec conviction qu'un séjour à l'étranger est toujours une expérience enrichissante.

À l'ESA, il existe plusieurs possibilités pour permettre aux jeunes de se lancer dans une carrière dans le secteur spatial, tel que le programme « Young Graduate Trainee » (YGT), qui s'adresse à de jeunes diplômés titulaires d'un master, ou un programme destiné à des collaborateurs scientifiques et à des ingénieurs au niveau du postdoctorat. Les programmes de formation nationaux (National Trainee Programmes, NTP) offrent eux aussi des possibilités. Le recrutement de jeunes est pour nous d'une importance stratégique, car de nombreux membres du personnel de l'ESA atteindront l'âge de la retraite durant ces prochaines années.

L'ESA essaie de faire en sorte que le nombre de ressortissants d'un pays travaillant à l'ESA soit proportionnel à la contribution versée par celui-ci. Il n'est

pas toujours facile d'assurer cette proportionnalité – en particulier en ce qui concerne la Suisse. D'où l'appel que je lance ici : posez votre candidature auprès de l'ESA!

Permettez-moi d'ajouter deux citations en guise de conclusion. Selon Antoine de Saint-Exupéry, « Nous n'héritons pas de la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants ». Et la Commission européenne écrit : « L'espace n'est pas seulement une aventure, il est aussi une occasion économique. L'Europe ne peut se permettre de la manquer ». C'est grâce au développement de nouveaux satellites que nous voulons contribuer à une meilleure compréhension de la Terre et de son environnement spatial.

1977–1982	Études en électrotechnique à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)
1982–1987	Master et doctorat au MIT (Massachusetts Institute of Technology, États-Unis)
1988–1989	DLR, Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum der Luft- und Raumfahrt à Oberpfaffenhofen, près de Munich
1989–2002	Centre européen de recherche et de technologie spatiale de l'ESA
1994	Congé sabbatique passé au JPL (Jet Propulsion Laboratory de la NASA, en Californie)
2002–2004	Swiss Space Office (SSO), responsable programmatique pour l'observation de la Terre, les télécommunications, la navigation
2004–2010	EPFL, directeur du Space Centre
Seit 2011	ESA, chef du Département Sciences, Applications et Technologies futures de la Direction Programmes d'observation de la Terre de l'ESA.

La Suisse à bord de la station spatiale internationale ISS

Oliver Botta

Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI)

La station spatiale internationale ISS est l'un des plus grands projets jamais réalisés par l'humanité. La Suisse y participe activement et permet ainsi à son industrie spatiale et aux chercheurs de ses instituts scientifiques d'accéder à cette infrastructure unique dans l'orbite terrestre.

L'ISS est un symbole de coopération internationale pacifique dans l'espace. Sous la houlette de la NASA, le projet ISS rassemble les agences spatiales du Canada, du Japon et de la Russie ainsi que l'Agence spatiale européenne (ESA). L'ensemble des contributions des partenaires a permis de réaliser une infrastructure spatiale commune qui est utilisée pour la recherche et le développement de technologies ainsi que pour la préparation de futures missions de reconnaissance conjointes.

Notre station de recherche dans l'espace

L'ISS est en service depuis 2011, mais des projets de recherche y ont déjà été menés pendant sa phase de construction (1998–2011). Le premier équipage est monté à bord le 2 novembre 2000. Il est prévu de continuer à exploiter l'ISS au moins jusqu'en 2024. A cette date, cela fera plus de 20 ans sans interruption que des humains auront été envoyés dans l'orbite terrestre. Les expériences menées à bord touchent à un grand nombre de disciplines scientifiques, telles que la biologie, la médecine humaine, les sciences des matériaux, l'astrophysique, la recherche en physique fondamentale (p.ex. en lien avec la théorie de la relativité) ainsi que l'observation de la Terre. Cette recherche n'est pas uniquement une fin en soi, elle débouche sur des

applications concrètes sur Terre. Ainsi, les résultats de recherche de l'ISS ont permis de découvrir des traitements innovants contre l'ostéoporose chez les personnes âgées. Et les constructeurs d'avions utilisent aujourd'hui des nouveaux alliages – développés entre autres sur l'ISS où leurs propriétés ont été testées et caractérisées – qui permettent de fabriquer des réacteurs plus légers et plus efficaces.

L'Europe a fourni à l'ISS le laboratoire spatial Columbus, le véhicule automatique de transfert ATV (Automated Transfer Vehicle), le module Cupola, le bras robotique ERA (European Robotic Arm) et mis à sa disposition le corps européen des astronautes de l'ESA. Columbus a été amarré à la station en 2008 et il accueille depuis des expériences scientifiques. En revanche, les cinq vols d'ATV relèvent déjà de l'histoire ancienne. Ces cargos acheminaient vers l'ISS des équipements pour les expériences, ainsi que du ravitaillement et du carburant. Quant à la participation de l'ESA, elle permet de mettre sur pied des missions d'astronautes européens de longue durée. Ces derniers restent jusqu'à six mois à bord de l'ISS et y mènent des programmes de recherche conséquents.

Soutien à la recherche

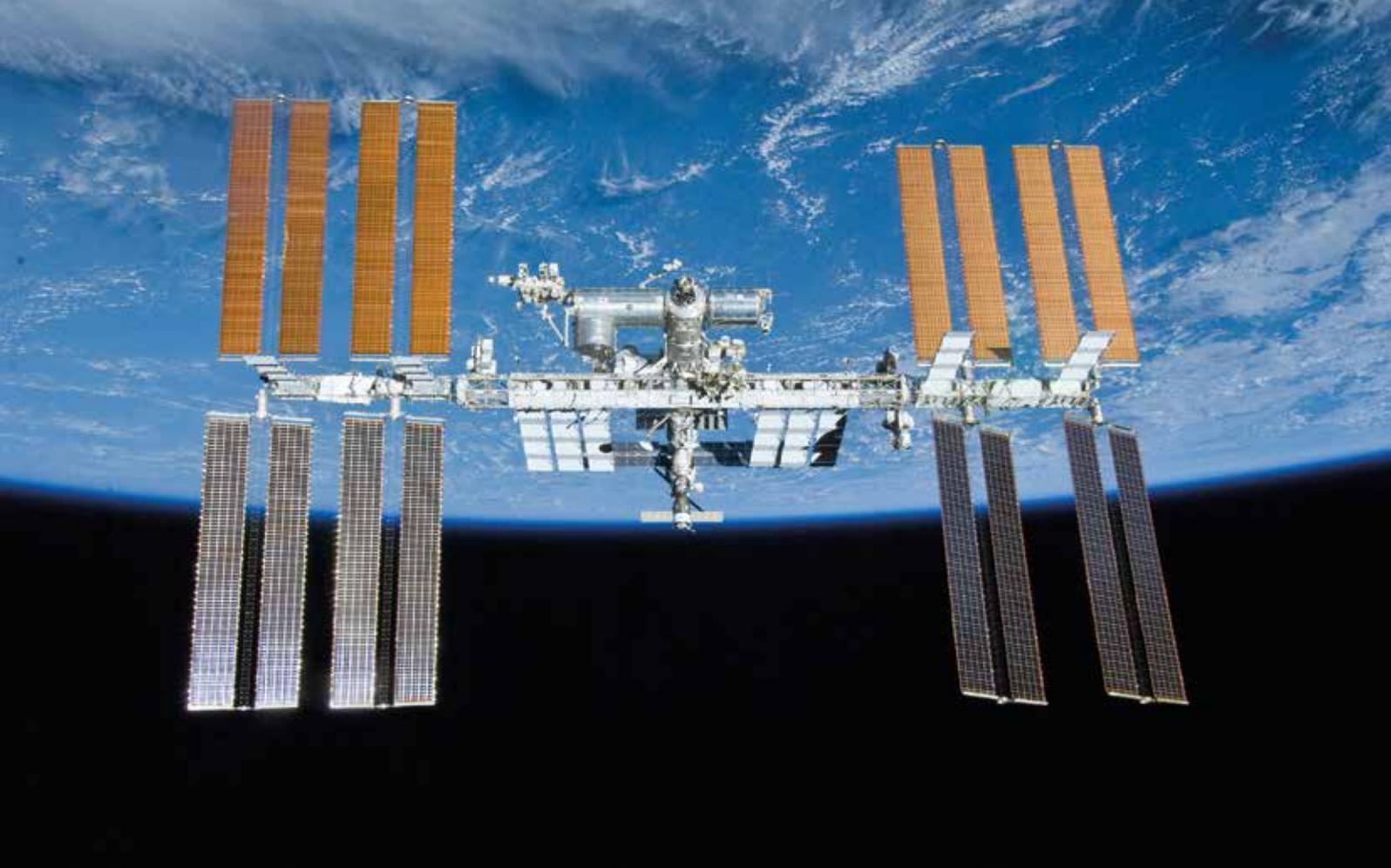
Si la Suisse est impliquée dans l'ISS sur le plan scientifique, elle l'est aussi sur le plan industriel. Elle a participé à différents niveaux à la mise sur pied du laboratoire spatial Columbus, de la coupole d'observation panoramique Cupola et du transporteur ATV. La structure principale d'ATV a par exemple été créée par l'équipementier RUAG. Mais si la Suisse porte un intérêt à l'ISS, c'est avant tout parce que celle-ci représente une plateforme de recherche à laquelle elle souhaite que ses scientifiques aient accès. À cet effet, l'ESA exploite un centre pour le support technique des utilisateurs et pour les opérations dans l'espace (User Support and Operations Center, USOC), situé à Hergiswil, dans le canton de Nidwald. L'USOC propose des prestations très utiles en matière de planification, de développement, de validation et de réalisation d'expériences, en particulier dans le domaine de la biotechnologie spatiale.

Sans le soutien de l'USOC, les chercheurs ne pourraient pas concrétiser leurs projets. Le Centre de compétences en recherche biomédicale et technologies spatiales de la Haute école de Lucerne, qui

L'astronaute de l'ESA Samantha Cristoforetti prépare l'installation de recherche Biolab pour l'expérience Triplelux-B des universités de Zurich et Berlin, à bord du module Columbus de l'ISS. L'expérience a pour but d'étudier les changements du système immunitaire dans les cellules musculaires. La réalisation à bord de l'ISS a été planifiée et organisée avec le soutien de l'USOC.

© ESA





La station spatiale internationale dans l'orbite de la Terre, photographiée depuis une navette spatiale, après son décrochage en mai 2010. On identifie clairement les modules pressurisés au milieu et la grande poutre sur laquelle sont montées les ailes munies de panneaux solaires. Au niveau du sas d'amarrage supérieur, on reconnaît un vaisseau Soyouz. Le module de recherche européen Columbus apparaît au premier plan, à gauche. © NASA

est étroitement lié à l'USOC, a déjà développé et mené plusieurs expériences à bord de l'ISS. La prochaine expérience à laquelle participera la Suisse aura lieu dans le cadre du projet ACES (Atomic Clock Ensemble in Space) et consistera à envoyer une horloge atomique extrêmement précise conçue à Neuchâtel vers l'ISS.

INFORMATIONS DE BASE

Masse de l'ISS: environ 420 tonnes

Taille:

- » Longueur: 72,8 m
- » Largeur: 108,5 m
- » Hauteur: 20 m
- » Volume: 916 m³ (correspond au volume d'un Boeing 747).

Hauteur de l'orbite: entre 409 et 416 km

Inclinaison: 51,65° par rapport à l'Équateur

Vitesse: 7,66 km/s

Équipage: 6 personnes (minimum 3 personnes lors de la relève)

Coûts:

- » Développement et exploitation (sur 30 ans): 100 milliards de dollars américains
- » Contribution de l'ESA: 8 milliards d'euros
- » Contribution de la Suisse: environ 2,5% de la contribution de l'ESA

Vaisseaux d'approvisionnement :

- » Habité: Soyouz (Russie), 1998-2011 Space Shuttle (États-Unis)
- » Non habités: Progress (Russie), HTV (Japon), Dragon et Cygnus (États-Unis), 2008-2014 ATV (ESA)

Expériences scientifiques:

- » Les expériences scientifiques peuvent être réalisées tant à l'intérieur de l'ISS que sur l'enceinte extérieure ou sur la poutre externe de la station.
- » Statistiques: (état en septembre 2015)
 - Nombre d'expériences déjà réalisées à bord de l'ISS: env. 2060
 - dont expériences de l'ESA: 295.
 - dont expériences auxquelles la Suisse a participé: 18

ROSINA, l'atout suisse de Rosetta

Kathrin Altwegg

astrophysicienne et professeure de recherche spatiale et de planétologie à l'Université de Berne, cheffe du projet ROSINA

Le 30 septembre 2016, en milieu de journée, l'Agence spatiale européenne (ESA) a annoncé le succès et la fin de la mission Rosetta. Comme prévu, la sonde a atterri sous contrôle sur la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, et avec elle le spectromètre de masse suisse ROSINA (Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis) de l'Université de Berne. C'est ainsi qu'a pris fin la mission sans doute la plus folle jamais menée par l'ESA.

Rosetta a parcouru plus de six milliards de kilomètres en route vers la comète sur une durée de dix ans. Pendant plus de deux ans, elle a gravité autour de la comète, un bloc anthracite flottant dans l'immensité de l'espace. C'est elle qui nous a transmis des données et des images de cette petite comète à première vue insignifiante et pourtant fascinante, notamment les données enregistrées par ROSINA. Ultrasensible et ultraprécis, le spectromètre de masse était doté de capacités qui surpassent tout ce qui a été fait à ce jour.

ROSINA a été conçu à l'Université de Berne puis construit essentiellement par des entreprises suisses. Il a fallu pour cela surmonter de nombreux défis, qui ont poussé tous les participants à leurs limites. Le projet a fait l'objet de huit thèses de doctorat et de nombreux étudiants en master ont contribué à sa réalisation. En contrepartie, ils ont pu profiter d'une technologie de pointe et d'une collaboration internationale. Aujourd'hui, nous pouvons le dire avec fierté: le jeu en valait la chandelle!

Réponses sur notre origine et notre devenir

L'étude des comètes permet de mieux comprendre la genèse de notre système solaire, du soleil comme de ses planètes, car ce sont des témoins gelés de notre passé. Elle révèle comment l'eau est arrivée sur la Terre, comment la vie a pu y apparaître et pourquoi elle pourrait exister ailleurs dans l'univers. Nous tentons ainsi, à l'aide de méthodes scientifiques, de répondre à l'une des questions fondamentales que se pose l'être humain à propos de son origine et de son devenir. C'est là que ROSINA a un rôle essentiel à jouer car le spectromètre de masse est capable d'effectuer une analyse chimique extrêmement précise du gaz qui émane de la comète.

Les données que ROSINA nous a transmises régulièrement pendant deux ans sont donc exceptionnelles. Jamais un spectromètre de masse doté d'un tel degré de précision et de sensibilité n'avait encore été déployé dans l'espace. Les enseignements que nous en tirons bousculent nos théories sur les origines du système solaire. Nous savons maintenant que même si l'eau présente sur la Terre ne provient pas des comètes, celles-ci ont vraisemblablement influencé l'atmosphère terrestre.

La découverte d'une vaste gamme de matières organiques, allant des chaînes d'hydrocarbure aux acides aminés, vient renforcer la théorie selon laquelle des impacts de comète ont pu provoquer l'apparition de la vie sur la Terre. Et si cela a pu se produire sur la Terre, rien n'interdit de penser que cela a pu aussi se produire ailleurs, là où règnent des conditions similaires. Même s'il est peu probable que nous puissions communiquer un jour avec des extra-terrestres, cela voudrait dire que nous ne sommes pas seuls!

Spectromètre ROSINA
© ESA/Rosetta/Rosina





Les sondes Rosetta et Philae près de la comète Tchourioumov-Guérassimenco (montage)
 © ESA/ATG medialab; Comet image: ESA/Rosetta/NavCam

Objectif atteint au bout de 30 ans

Les prémices de la mission Rosetta remontent à 1985 déjà. La phase de planification, qui a duré presque dix ans, a été suivie d'une phase de construction de neuf ans, avant que la sonde, équipée de dix instruments et d'un module d'atterrissage, soit lancée le 2 mars 2004 en direction de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. A partir d'août 2014, elle s'est retrouvée en orbite autour de la comète avant de s'en approcher véritablement dans les derniers jours de la mission. Le 12 novembre 2014, Rosetta avait envoyé le petit atterrisseur Philae se poser sur un point précis de la comète, ce qui lui a valu une notoriété internationale unique dans les annales récentes de l'exploration spatiale.

Mission : Rosetta

Lancement : 2 mars 2004, Ariane 5, Guyane française

3 survols de la Terre : 2005, 2007, 2009

1 survol de Mars : 2007

1 survol de l'astéroïde Steins : septembre 2008

1 survol de l'astéroïde Lutetia : 2010

Hibernation : Juin 2011 – 20 janvier 2014

Arrivée autour de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko : Août 2014

Atterrissage de Philae : 12 novembre 2014

Passage au périhélie : 13 août 2015

Fin de la mission (atterrissage de Rosetta sur la comète) : 30 septembre 2016

ROSINA: (Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis)

- » spectromètre de masse DFMS (Double Focusing Mass Spectrometer), 16 kg, env. 10 millions de spectres de masse
- » capteur RTOF (Reflectron time of flight mass spectrometer) : 15 kg, env. 10 millions de spectres de masse
- » capteur de pression COPS (Comet pressure sensor) : 1,5 kg, analyse continue de la densité des gaz de juillet 2014 jusqu'à la fin de la mission
- » enregistreur de données DPU (Data processing unit) : processeurs redondants 386, avec 3 Mbyte de mémoire de programme

Succès scientifiques de ROSINA

- » La présence de deutérium dans l'eau cométaire réfute la théorie selon laquelle les comètes auraient apporté l'eau sur la Terre.
- » Les molécules d'azote indiquent qu'il faut une température de -250 °C pour la création d'une comète.
- » L'argon, un gaz noble présent dans l'atmosphère terrestre, provient vraisemblablement des comètes.
- » La glycine, un acide aminé, ainsi qu'une quantité de molécules organiques accréditent la thèse selon laquelle les comètes auraient contribué à l'apparition de la vie sur la Terre.
- » Nombre de publications sur ROSINA entre 2014 et 2016 : 42

Un petit satellite, mais une chance unique pour la Suisse

Willy Benz

professeur et directeur du Pôle de recherche national PlanetS, responsable principal (Principal Investigator) de la mission CHEOPS

Un petit satellite « suisse » équipé d'un télescope doit permettre de connaître la composition des planètes qui se trouvent en dehors de notre système solaire (exoplanètes). La Suisse, en collaboration avec l'Agence spatiale européenne (ESA), chapeaute la mission spatiale baptisée CHEOPS (CHAracterising ExOPlanets Satellite ou Satellite de Caractérisation d'Exoplanètes).

Si CHEOPS se distingue des autres missions spatiales, ce n'est pas seulement par ses objectifs scientifiques. En effet, CHEOPS est la première sonde d'une nouvelle série de missions dites de classe S de l'ESA qui sont caractérisées par un temps de développement très court et un petit budget. CHEOPS est aussi la première mission spatiale à vocation scientifique codirigée par la Suisse et l'ESA. Placé sous la responsabilité de l'Université de Berne, ce projet rassemble l'Université de Genève (direction du segment sol) et d'autres instituts issus de dix États membres de l'ESA.

La Suisse, en plus d'être très impliquée sur le plan scientifique, l'est également sur le plan industriel, car elle fournit une partie de la charge utile (hardware) et des programmes informatiques (software). Elle s'occupe aussi de la définition et de la gestion des mesures du satellite. Au niveau national, le Pôle de recherche PlanetS facilite la coordination et l'exploitation scientifique de la mission.

Le modèle de qualification de la structure du vaisseau spatial de CHEOPS (SQM) soumis à des tests de vibrations au centre spatial de RUAG à Zurich.

© RUAG



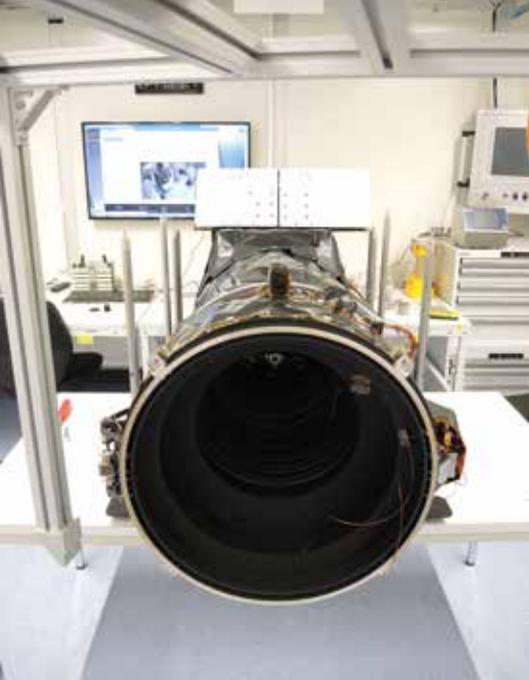
Objectifs de la mission CHEOPS

Pour en savoir plus sur les exoplanètes déjà connues, l'ESA a sélectionné la mission CHEOPS en 2012. CHEOPS est un petit télescope optique ultra précis qui permet d'observer les transits des planètes en dehors de notre système solaire. On parle de transit quand une planète passe devant son étoile et en masque une petite partie. Le télescope mesure la diminution de la luminosité de l'étoile ce qui permet de déduire la taille de la planète. Avec par ailleurs la connaissance de sa masse, il est possible de déterminer si elle est faite de roches comme la Terre, de glaces comme Neptune ou de gaz comme Jupiter. La mission CHEOPS constitue à cet égard une étape importante pour en savoir plus sur la nature, c'est-à-dire les caractéristiques physiques des planètes.

La Suisse dans le peloton de tête de la recherche spatiale

La Suisse a mis au point des instruments sol innovants pour scruter les planètes qui se trouvent à l'extérieur de notre système solaire. Elle entend maintenant les étudier depuis l'espace et assume pour ce faire la responsabilité de la planification, de la conception et de la réalisation d'une mission spatiale. Elle se hisse parmi les chefs de file de la recherche spatiale européenne tout en confirmant son rôle historique dans le domaine des exoplanètes et de la recherche spatiale du continent.

Dès le début, la Suisse a joué un rôle de premier plan dans la recherche de nouvelles planètes et de signes de vie en dehors de notre système solaire. C'est en effet en 1995 que deux astronomes suisses ont découvert la première planète en orbite autour d'une étoile comparable au soleil et ont déclenché une véritable révolution en astronomie. Vingt ans plus tard, on connaît plusieurs milliers d'exoplanètes, certaines plus petites que la Terre et d'autres plus grandes que Jupiter. Nous savons maintenant que les planètes sont des objets communs dans l'univers et l'intérêt scientifique se porte de plus en plus sur l'étude de leurs propriétés physiques et chimiques.



Le modèle structurel et thermique (STM) de CHEOPS au laboratoire de l'Université de Berne. A gauche, le satellite vu de face avec le baffle et, au-dessus, les radiateurs participant à la régulation de la température du télescope et du détecteur. A droite, le télescope est placé dans la chambre à vide thermique pour des tests environnementaux. © CHEOPS Team / Université de Berne

CHEOPS est un petit satellite de près de 280 kg. Sa charge utile se compose d'un télescope muni d'un miroir de 32 cm de diamètre conçu de manière à empêcher l'infiltration de toute lumière parasite. Ce télescope fait environ 1,50 m en longueur et pèse environ 60 kg. Le satellite tournera autour de la Terre à une altitude de 700 km sur une orbite héliosynchrone.

Une révolution autour de la Terre lui prend 90 minutes, du Pôle Nord au Pôle Sud et retour. Tournant le dos au Soleil, CHEOPS observera les astres en pointant par-dessus l'hémisphère de la Terre se trouvant dans l'obscurité. Tous les éléments de la mission ont été optimisés de manière à ce que CHEOPS puisse mesurer la luminosité des astres pendant plusieurs heures avec une précision équivalente au 20 millionième.

Pendant trois ans et demi, le satellite fournira des données sur un millier de planètes en orbite autour d'étoiles proches de la Terre dont on pourra déterminer la taille et certaines caractéristiques de leur atmosphère. Le satellite sera mis en orbite fin 2018 après un temps de développement record de cinq ans.

Un observatoire pour les rayons cosmiques

Martin Pohl

Département de physique nucléaire et corpusculaire (DPNC), Centre d'astroparticules (CAP) de l'Université de Genève

D'où viennent les rayons cosmiques et quelle influence ont-ils sur la vie sur Terre ? Les scientifiques tentent d'apporter une réponse à cette question au moyen d'un détecteur de particules, le spectromètre magnétique alpha, arrimé à la station spatiale internationale ISS. La Suisse est associée à cette expérience depuis le début.

Les rayons cosmiques font partie de notre environnement car la Terre est exposée en permanence à des rayonnements ionisants en provenance de l'espace. Les noyaux atomiques, les électrons et autres particules sont libérés dans la Voie lactée et accélérés à une très grande vitesse. Ils sont chargés en électricité et ionisent la matière qu'ils traversent. La recherche fondamentale à bord de l'ISS sert à étudier les propriétés de ces particules.

Influence sur notre vie et notre quotidien

Les particules ionisantes influencent notre vie et notre quotidien. Nous ne pouvons pas nous soustraire à cette influence. Elles peuvent perturber les systèmes de radiocommunication, la formation des nuages et la composition de l'air. Elles ont une part de responsabilité dans les modifications du patrimoine génétique et sont en cela un moteur de l'évolution.

Sur Terre, nous bénéficions de la protection de l'atmosphère, comparable à une paroi en béton d'une épaisseur de plusieurs mètres, et du champ magnétique, qui détourne de la Terre les particules chargées. L'espace ne bénéficie pas d'une telle protection et les rayons cosmiques sont dan-

gereux pour la santé. Lors d'une mission de trois ans sur Mars, le risque de développer une maladie cancéreuse peut augmenter de 19%. Et l'on soupçonne même les rayons de favoriser l'apparition de la maladie d'Alzheimer.

L'observatoire de rayons cosmiques

Le spectromètre magnétique alpha (AMS) est en service depuis mai 2011 sur l'ISS. Il s'agit d'un détecteur de particules de dernière génération dont la technologie est identique à celle utilisée dans les accélérateurs de particules du centre de recherche CERN de Genève. L'AMS mesure de manière extrêmement précise l'énergie du rayonnement cosmique. L'attention se porte principalement sur les particules provenant de la Voie lactée. Plus de cent ans après la découverte de leur existence, nous ne savons toujours pas de manière certaine d'où elles proviennent, ni comment elles sont accélérées et parviennent jusqu'à nous.

Elles pourraient être issues du rayonnement induit par les supernovæ, c'est-à-dire l'explosion des étoiles en fin de vie. Ce phénomène peut libérer de grandes quantités de matière et entraîner des ondes de choc qui accélèrent les particules. La matière noire pourrait également générer des particules. Il s'agit d'une mystérieuse masse qui permet de maintenir les galaxies regroupées sans émettre, ni absorber, ni réfléchir de lumière.

Participation de la Suisse depuis le début de l'aventure

Le Département de physique nucléaire et corpusculaire (DPNC) de l'Université de Genève a des dizaines d'années d'expérience dans le développement et l'application de ce type de technologie de détection. Un groupe de chercheurs du DPNC participe depuis début 1994 à l'expérience AMS avec plusieurs centaines d'autres scientifiques, ingénieurs et étudiants issus de seize pays. Après 18 ans de planification, de construction et de tests, la navette spatiale Endeavour, lors de son dernier vol, a transporté l'AMS à bord de l'ISS. Depuis, le spectromètre recueille des informations sans discontinuer de sorte qu'aujourd'hui nous disposons du plus important recueil de données jamais obtenu sur le rayonnement cosmique. Les premières évaluations ont permis de conclure à l'existence de sources de particules jusqu'alors inconnues. Il est prévu de poursuivre l'expérience pendant toute la durée de vie de l'ISS, autrement dit au moins jusqu'en 2024 (voir page 30).

Le spectromètre magnétique alpha en 2011, après son transport jusqu'à l'ISS. La navette Endeavour figure en arrière-plan.

© NASA





Le spectromètre magnétique alpha arrimé sur la poutre de l'ISS © NASA

Spectromètre magnétique alpha AMS-02

Collaboration :

- » Universités et instituts de recherche d'Allemagne, de Chine, de Corée du Sud, du Danemark, d'Espagne, des États-Unis, de Finlande, de France, d'Italie, du Mexique, du Portugal, de Roumanie, de Russie, de Suisse, de Taïwan et de Turquie

Principaux chercheurs :

- » Samuel C.C. Ting, MIT, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, États-Unis
- » Manuel Aguilar-Benitez, CIEMAT, Madrid, Espagne
- » Sylvie Rosier-Lees, Ph.D., LAPP et Université de Savoie, Annecy-Le-Vieux, France
- » Roberto Battiston, INFN di Trento et Università di Trento, Trento, Italie
- » Shih-Chang Lee, Academia Sinica, Taipei, Taïwan
- » Stefan Schael, RWTH Aachen, Allemagne
- » Martin Pohl, DPNC, Université de Genève, Suisse

Installation :

- » lancement de la mission STS-134 le 16 mai 2011 sur la station ISS
- » premières données recueillies le 19 mai 2011
- » paramètres de la mission : altitude : 400 km, inclinaison : 52 °, période de révolution : 93 minutes

Données saisies :

- » 18 milliards de particules cosmiques par an
- » Durée : jusqu'à 2024 au moins

Objectifs de la recherche :

- » propriétés du rayonnement cosmique
- » sources conventionnelles (supernovæ, pulsars, etc.)
- » sources non conventionnelles (p.ex. matière noire)
- » antimatière résiduelle

La recherche suisse contribue à une meilleure connaissance des débris spatiaux

Thomas Schildknecht
professeur auprès de
l'Institut astronomique
de l'Université de Berne,
directeur de
l'observatoire de
Zimmerwald

L'après-midi du 10 février 2009, à 800 km au-dessus de la Sibérie, le satellite de téléphonie en activité Iridium 33 a heurté l'ancien satellite de télécommunication Cosmos 2251. La collision s'est produite à une vitesse de 11,7 km/s et a provoqué un nuage de débris composé de plus de 2000 fragments de plus de 10 cm. En l'espace de quelques mois, ces débris se sont disséminés sur une grande région orbitale, risquant à tout moment de heurter d'autres satellites opérationnels.

Cet accident a été un signal d'alarme pour tous les opérateurs de satellites, mais aussi pour les milieux politiques. Il a donné une nouvelle dimension à la problématique des débris spatiaux (objets artificiels polluant l'espace), qui préoccupe les experts et les agences spatiales depuis près de 50 ans. La recherche suisse fournit les bases scientifiques et empiriques qui servent à élaborer des modèles et des mesures susceptibles de stabiliser le nombre d'objets en orbite. Elle travaille ainsi à garantir pour

Mesure de la trajectoire de débris par astrométrie au moyen d'un télescope laser de 1 mètre de diamètre au Swiss Optical Ground Station and Geodynamics Observatory de Zimmerwald, près de Berne.

© P. Schlatter



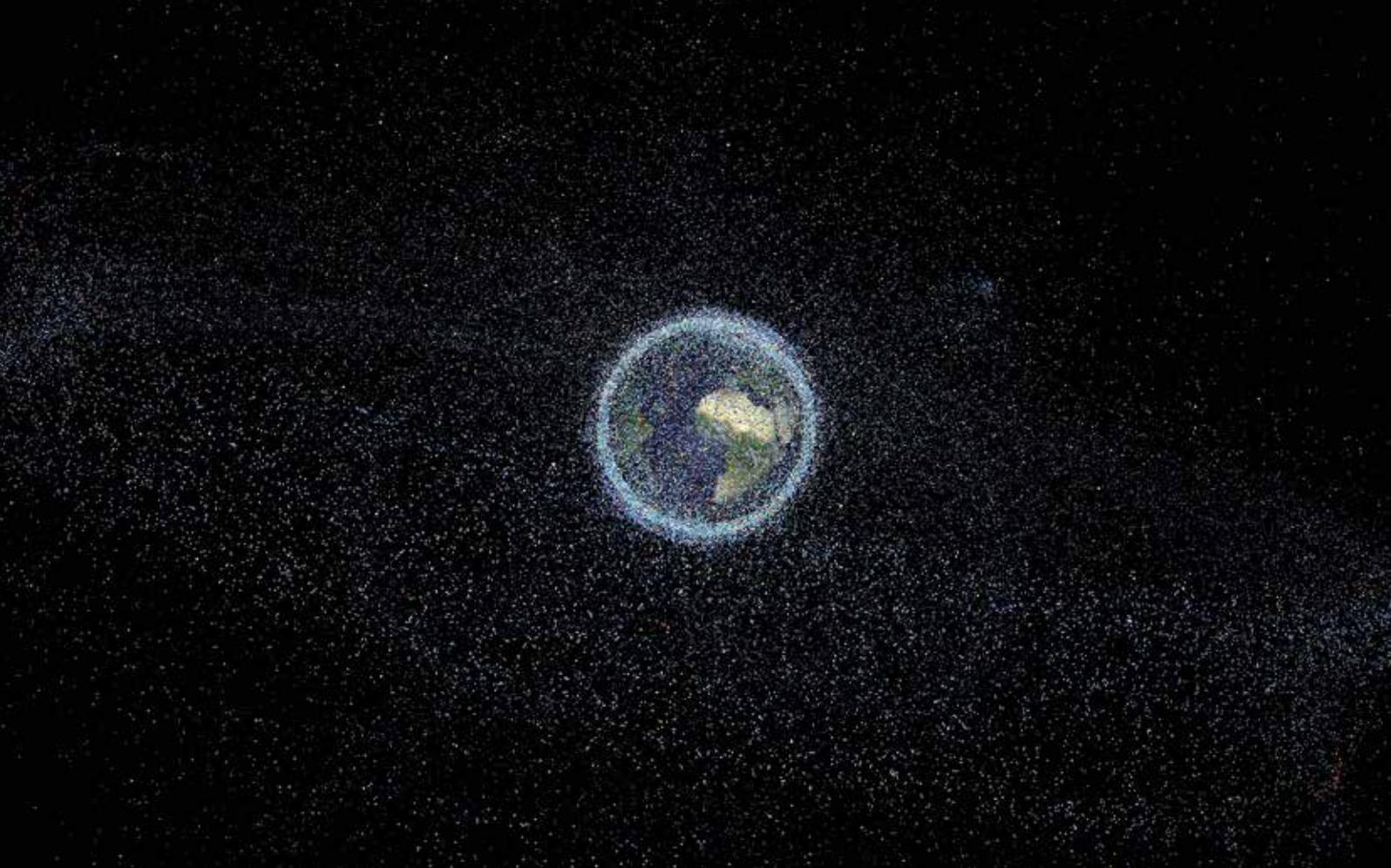
l'avenir également une utilisation sûre et durable de l'espace.

Acquisition de nouvelles connaissances grâce à des mesures très complexes réalisées par l'Université de Berne

Afin de mieux comprendre la population actuelle de débris spatiaux, il est nécessaire de mener des observations complexes au moyen d'équipements radar au sol et de télescopes optiques. Ces mesures permettent de suivre régulièrement les objets de grande taille et de connaître leur trajectoire, comme c'est déjà le cas de quelque 20'000 objets évoluant à une altitude comprise entre 300 et 40'000 kilomètres. Pour les fragments de moins de 10 cm, il n'existe en revanche que des données statistiques. Celles-ci permettent d'estimer à 700'000 le nombre de débris mesurant entre 1 et 10 cm présents dans l'espace. En dépit de leur petite taille, ces fragments n'en constituent pas moins un danger : lors d'une collision avec un débris de 1 cm de diamètre seulement, l'énergie libérée équivaut à l'explosion d'une grenade.

Des scientifiques de l'Institut astronomique de l'Université de Berne sondent le ciel à la recherche de ces petits débris situés en orbite haute avec un télescope du Swiss Optical Ground Station and Geodynamics Observatory de Zimmerwald, près de Berne, ainsi qu'avec un télescope de l'Agence spatiale européenne (ESA) sur l'île espagnole de Tenerife. Outre les orbites utilisées pour les satellites de navigation (à env. 20'000 km d'altitude), la ceinture géostationnaire, à une altitude de 36'000 km, est elle aussi étudiée attentivement. Sur cette orbite, les satellites se situent à la verticale d'un point de l'équateur et observent toujours la même portion de surface terrestre (pour les satellites météorologiques) ou émettent toujours des signaux dans la même région (dans le cas des satellites de communication). L'orbite géostationnaire est très utilisée, et la place y est aussi limitée, ce qui peut engendrer des tensions entre les opérateurs de satellite ou même entre États.

Grâce aux mesures prises, les scientifiques ont découvert au cours des 20 dernières années un nombre incalculable de débris, dont une nouvelle population inattendue d'objets très légers. Un examen approfondi de ces objets montre qu'il s'agit de fragments de films similaires à ceux utilisés pour l'isolation thermique des satellites.



Représentation graphique des débris spatiaux de plus de 1 cm observés depuis une distance équivalant à trois fois le rayon de la terre (ILR IRAS)

La pollution spatiale s'aggrave

Les résultats obtenus sont extrêmement précieux pour établir des modèles décrivant la population de débris spatiaux actuelle, modèles qui peuvent aussi servir de base pour le développement de scénarios prévisionnels. Tous prévoyant une forte augmentation des débris spatiaux au cours des prochaines décennies. Pour la limiter, des mesures de plusieurs ordres devront être prises : il s'agira d'éviter les collisions, de sortir les objets des régions critiques au terme de leur mission (par ex. en les faisant se consumer dans l'atmosphère terrestre) et, dans la mesure du possible, de retirer activement les satellites hors d'usage ou les étages supérieurs de lanceurs à l'aide de robots de nettoyage.

Les débris spatiaux : une préoccupation constante pour le Comité des Nations Unies sur l'espace extra-atmosphérique

La question des débris spatiaux est aussi discutée au sein du Comité des Nations Unies pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique (United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, COPUOS). Le COPUOS est le seul organe intergouvernemental traitant des questions spatiales au niveau mondial.

Le comité étudie les aspects scientifiques, techniques et juridiques des activités spatiales et élabore des normes et des lignes de conduite visant à garantir l'utilisation pacifique, sûre et pérenne de l'espace extra-atmosphérique. Il s'attache par exemple à établir les responsabilités lors de la chute d'une fusée ou de la collision de deux satellites. Quant au dialogue intergouvernemental, il contribue en soi à renforcer la sécurité et la stabilité dans l'espace.

Parallèlement, le COPUOS s'emploie à promouvoir la coopération internationale dans l'utilisation des technologies spatiales pour contribuer notamment au développement durable dans les domaines de l'eau, de la santé globale, de la gestion des catastrophes et du changement climatique.

En 2018, le COPUOS fêtera le 50^e anniversaire de la première Conférence de l'ONU sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, qui a eu lieu en 1968. La Suisse est membre du Comité depuis 2008. Elle a ratifié entre 1969 et 1978 quatre des cinq traités de l'ONU sur l'espace extra-atmosphérique.

La perspective de l'astronaute

Claude Nicollier

J'ai eu la très grande chance de pouvoir participer, en qualité de membre d'équipage, à quatre missions à bord de la Navette Spatiale dans le cadre de la coopération ESA-NASA pour l'exploration habitée de l'espace. Du travail, oui, mais aussi une formidable expérience sur le plan personnel, et une occasion de servir les intérêts de tous les pays concernés, de leurs citoyens et citoyennes, dans un travail de recherche et d'exploration de grande valeur.

Je pense en particulier à ma participation privilégiée à deux missions de réparation et de maintenance du télescope spatial Hubble, qui ont contribué à restaurer, puis à maintenir l'extraordinaire productivité scientifique de ce magnifique observatoire orbital, lui-même fruit de la coopération entre l'ESA et la NASA.

L'espace nous offre d'extraordinaires opportunités d'utilisation pratique pour le bénéfice de tous, en particulier dans les domaines des télécommunications, de la navigation précise et de l'observation de notre planète et de son atmosphère. L'espace se présente également comme un domaine d'exploration pratiquement illimité, que ce soit pour l'astrophysique, la physique solaire et l'étude de cet environnement proche de la Terre baigné de rayonnement et de particules. L'observation de l'effet de la microgravité sur la dynamique des corps solides et sur les fluides, ainsi que sur les processus biologiques et de physiologie humaine, est un autre volet fascinant de la recherche spatiale.

Claude Nicollier dans l'espace, en route pour réparer le télescope Hubble, le 23 décembre 1999. © NASA

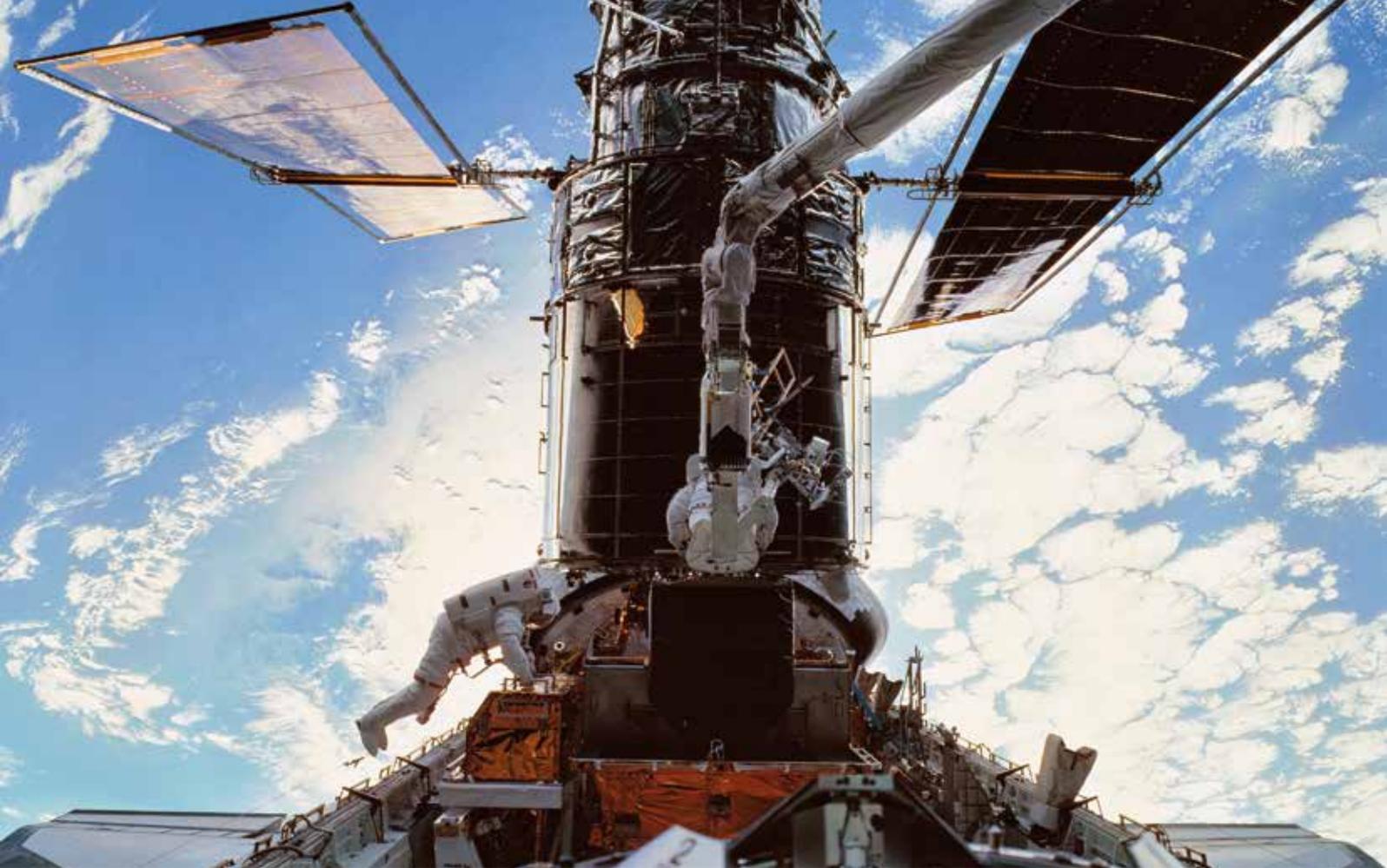


Dans le domaine des vols spatiaux habités, la station spatiale internationale ISS, réunissant 15 nations dans un effort de coopération internationale à grande échelle, a tout d'abord été une belle démonstration de notre capacité à assembler de grandes structures dans l'environnement spatial, avec l'utilisation conjointe de moyens robotiques et humains.

« On a enfin appris ce qu'est le « long terme » dans l'espace habité... »

L'expérience d'ISS en matière d'assemblage nous a beaucoup appris sur la maintenance nécessaire pour assurer la productivité du laboratoire orbital, maintenant et dans le futur : une autre précieuse leçon pour tous les exploitants de systèmes spatiaux. Par ailleurs, la station est désormais utilisée pour de véritables investigations scientifiques, ce qui était l'objectif officiel du programme, mais, comme on le voit, ce complexe orbital a été très utile sur d'autres plans que celui de sa pure exploitation scientifique. On a enfin appris ce qu'est le « long terme » dans l'espace habité !

Le futur des vols spatiaux habités s'oriente clairement vers une sortie de l'orbite terrestre basse et vers des destinations dans le système solaire, sans oublier notre plus proche voisine, la Lune. Il s'agira, bien sûr, d'utiliser les capacités humaines pour du travail d'exploration, de recherche et d'extraction de ressources potentielles. Mais il faudra aussi vérifier si, en fin de compte, l'humanité pourrait un jour voyager et s'établir de manière durable en divers lieux du système solaire. L'humanité restera-t-elle une espèce confinée à la planète Terre, ou sera-t-elle plus présente dans le système solaire ? L'avenir nous le dira, et les étapes prochaines de nos voyages habités dans l'espace devraient nous permettre de le savoir. Rien n'est certain pour l'instant, mais il est clair, en tous cas, que l'exercice visant à répondre à cette question sera captivant !



Le 23 décembre 1999, Claude Nicollier (vu de dos, sur le bras du robot) installe un détecteur de guidage de précision (Fine Guidance Sensor #2) sur le télescope spatial Hubble, à 600 km de la Terre, au-dessus de l'Australie. A gauche sur la photo, son collègue astronaute Mike Foale. © NASA

Claude Nicollier (né le 22 septembre 1944 à Vevey, VD) est à ce jour le seul astronaute suisse. Il est également le seul Européen à avoir effectué quatre missions spatiales. L'astéroïde Nicollier (14826) a reçu ce nom en son honneur.

Après des études d'astrophysique et une formation de pilote de ligne, Claude Nicollier commence à travailler dès 1976 à l'Agence spatiale européenne (ESA), à Noordwijk, NL. En réponse à sa candidature, il est choisi en décembre 1977 pour intégrer la première équipe d'astronautes de l'ESA.

Dans le cadre du programme de coopération avec la NASA, Claude Nicollier effectue quatre voyages spatiaux entre 1992 et 1999. C'est au cours de sa quatrième et dernière mission qu'il fait sa première sortie dans l'espace pour réparer le télescope spatial Hubble et y installer de nouveaux instruments.

Depuis 2007, il enseigne à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) en tant que professeur ordinaire. Il est en outre responsable des vols d'essai de l'avion solaire Solar Impulse.

Impressum

Edition

Département fédéral des affaires étrangères (DFAE)
Direction politique
3003 Berne
www.dfae.admin.ch

en coopération avec le département responsable de la politique spatiale suisse

Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR)
Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI)
3003 Berne
www.sefri.admin.ch

Mise en page

Communication visuelle DFAE

Photo page de couverture

ESA

Commandes

Information DFAE
www.dfae.admin.ch/publications
Courriel: publikationen@eda.admin.ch

Information SEFRI
Courriel: space@sbfi.admin.ch

Contact spécialisé

DEFR, Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI)
Division Affaires spatiales
Tél.: +41 (0)58 464 10 74
Courriel: space@sbfi.admin.ch

DFAE, Division Politiques extérieures sectorielles
Séction Formation, science et affaires spatiales
Tél.: +41 (0)58 462 30 19
Courriel: pd-asa-science@eda.admin.ch

Cette publication est également disponible en allemand, italien et anglais et peut être téléchargée sous www.dfae.admin.ch/publications et www.sbfi.admin.ch/raumfahrt-pub.

© Berne, 2016 / DFAE

