

# Citizens' Space

Le journal du Débat citoyen de l'ESA  
Édition 2016



Venez débattre  
de l'espace  
avec nous !

## Ici, c'est aussi chez nous

Fiction  
**Une journée  
sans satellites**

Emploi, agriculture...  
**L'espace dans  
notre quotidien**

Attention fragile  
**Un œil sur la planète  
et ses défis**

L'astronaute  
et l'aventurier  
**Jean-François Clervoy  
et Raphaël Domjan**

**En images : L'ÉPOPÉE ROSETTA RACONTÉE À MES ENFANTS**



Rejoignez le débat : retrouvez notre invitation en page 12.

# « On vous attend ! »

Chers participants au Débat citoyen sur l'espace en Europe, Quand j'ai été élu Directeur Général de l'ESA par ses 22 Etats membres, j'ai exprimé le désir de renforcer le dialogue avec toutes nos parties prenantes et d'ouvrir l'espace à un public plus large. Ce Débat citoyen sera la mise en œuvre de cette déclaration en menant ce dialogue avec un large éventail de personnes dans



l'Europe toute entière. Il ne s'agit pas d'une simple enquête, car ce débat a été conçu comme un vrai dialogue, au cours duquel nous écouterons les questions et préoccupations et peut-être plus encore : les attentes, les souhaits et aussi les rêves des participants.

Vous serez plus de 2000 à vous réunir le 10 septembre prochain dans les 22 Etats membres de l'ESA.

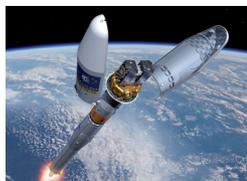
Ce sera une grande première. Nous écouterons avec d'autant plus d'attention

ce que vous avez à nous dire sur l'espace dans votre quotidien et comme source d'inspiration. Je suis moi-même, avec tous ceux qui ont été impliqués dans la préparation de cet événement, très impatient de suivre les échanges et d'en connaître les résultats. Permettez-moi de vous remercier d'avoir rejoint le Débat citoyen et de contribuer ainsi à dessiner le futur de l'espace en Europe.

*Jan Woerner*  
Directeur général de l'ESA.



**4. Interview croisée**  
L'aventurier Raphaël Domjan et l'astronaute Jean-François Clervoy



**7. Décryptage**  
Etats, industries, citoyens... 10 acteurs dans le même espace



**11. Le match**  
Homme / machine : un binôme gagnant

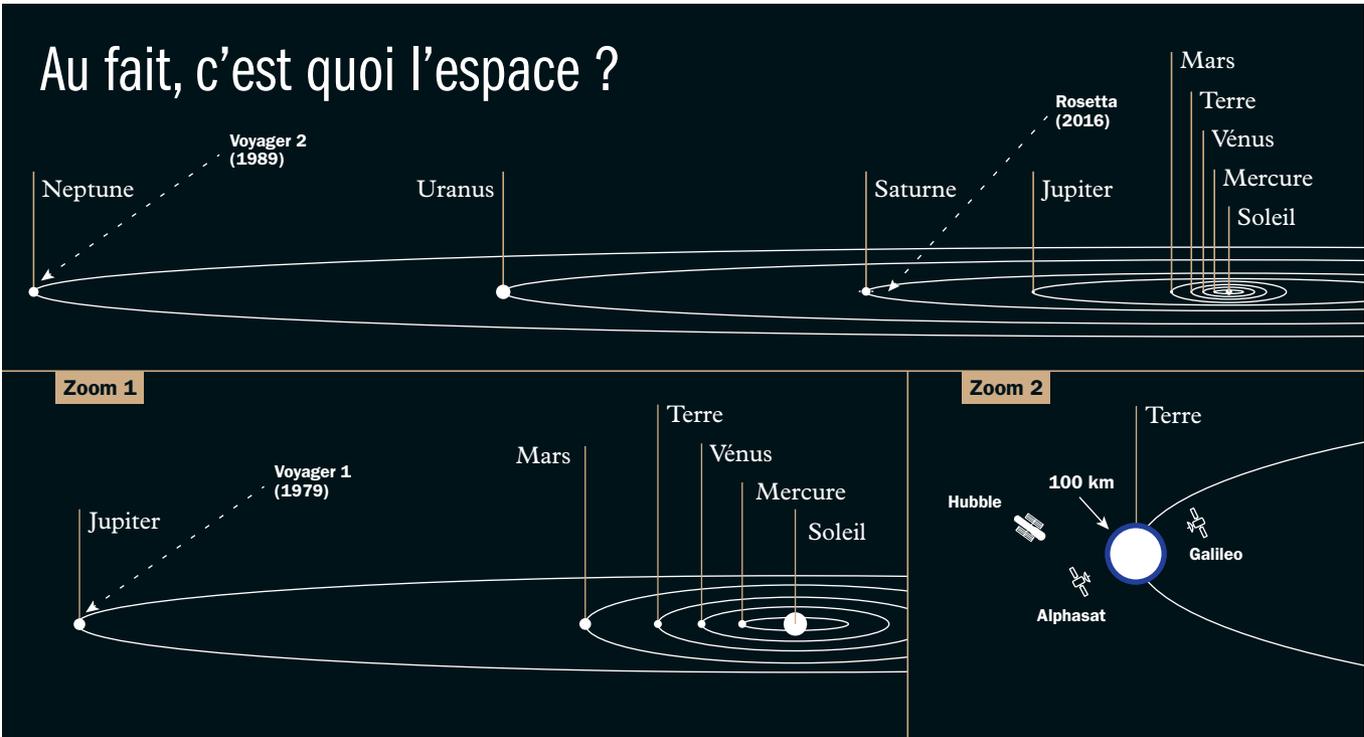


**15. Coup de balai**  
Comment faire du spatial un secteur plus propre ?



**22. La question**  
Pourquoi allons-nous dans l'espace ? Les réponses d'un expert

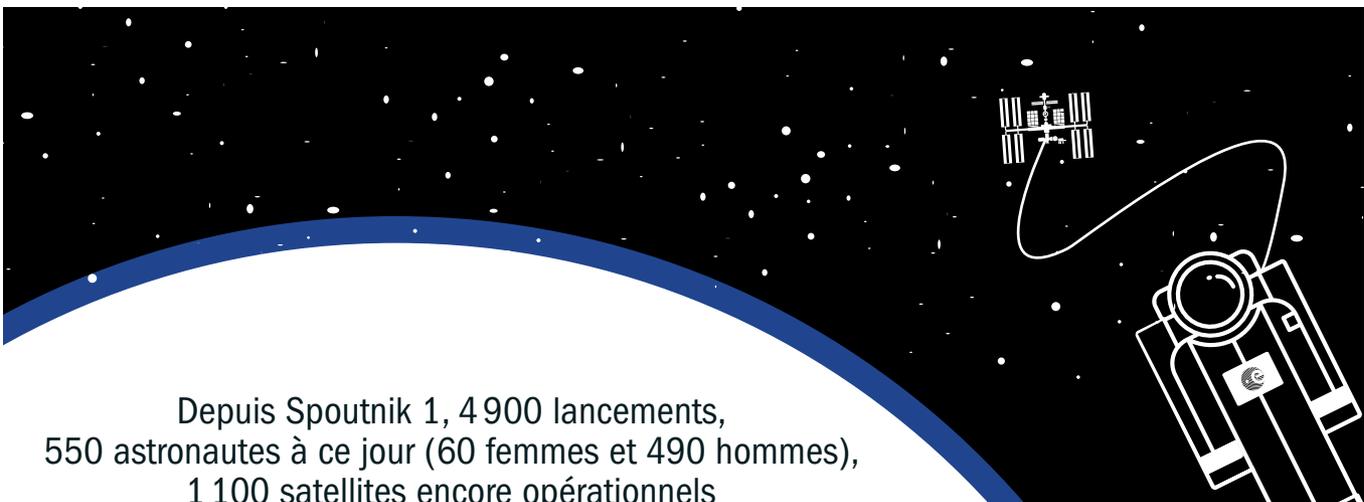
# Au fait, c'est quoi l'espace ?



L'espace désigne tout ce qui se trouve au-delà de 100 km d'altitude terrestre. C'est un milieu dans lequel évoluent les planètes, les corps célestes, la matière noire et les autres composants de l'univers. L'espèce humaine a apporté sa touche personnelle à ce tableau : depuis Spoutnik 1 en 1957, 6 600 satellites ont été lancés. 3 600 sont encore en orbite dont 1 100 opérationnels. Satellites et sondes visent à explorer

l'univers au-delà du système solaire (Hubble), explorer le système solaire (Rosetta), observer la Terre (Meteosat), fournir des services de communication (Alphasat) ou de navigation (Galileo), aider la recherche fondamentale (LISA Pathfinder). Les objets artificiels en activité les plus éloignés de la Terre sont les sondes jumelles Voyager. Voyager 1 se situe à plus de 20 milliards de kilomètres de la Terre ! Autour de

la planète bleue, une surveillance permanente des débris spatiaux est effectuée, ainsi, nous traquons 17 000 « objets » de plus de 10 cm, et on estime qu'il existe environ 700 000 débris de plus de 1cm qui gravitent autour de notre planète. Depuis Youri Gagarine en 1961, plus de 550 êtres humains ont « mis un pied » dans l'espace. 18 d'entre eux sont morts en mission.



Depuis Spoutnik 1, 4 900 lancements, 550 astronautes à ce jour (60 femmes et 490 hommes), 1 100 satellites encore opérationnels



Jean-François Clervoy est membre du corps des astronautes de l'ESA.



Raphaël Domjan, « écoexplorateur » est à la tête du projet SolarStratos.

## « L'aventure spatiale n'en est qu'à son balbutiement »

L'exploration de l'espace est-elle une chance pour l'humanité ou une quête illusoire et coûteuse ? Quelle place pour les acteurs privés ? Comment ne pas faire de l'espace une poubelle ? Questions sans détours à l'astronaute Jean-François Clervoy et à l'aventurier Raphaël Domjan.

### POURQUOI CONSACRER DES SOMMES IMPORTANTES AUX MISSIONS SPATIALES ? TANT DE BESOINS NE SONT PAS SATISFAITS SUR TERRE...

**Jean-François Clervoy :** Contrairement à l'idée reçue, ces sommes sont très inférieures à celles investies dans les secteurs d'utilité immédiate pour la société. En moyenne, le budget dédié au spatial en Europe est de 12 euros par habitant et par an. En France, le budget de l'Éducation nationale avoisine 1 000 euros par an et par habitant. Par ailleurs, les activités spatiales sont reconnues par des études indépendantes comme génératrices de revenus directs et indirects nettement supérieurs aux sommes investies. Il s'agit d'investissements, plutôt que de dépenses.

**Raphaël Domjan :** La conquête spatiale est une quête d'une grande utilité, par exemple si l'on veut pouvoir élargir nos compétences, nos connaissances, nos technologies, pour ensuite développer des techniques plus propres sur Terre. Ensuite, l'exploration spatiale nous permet de prendre de la hauteur, du recul sur notre civilisation. Nous sommes dans un monde fini : la conquête spatiale contribue à cette prise de conscience écologique.

### LA CONQUÊTE SPATIALE A-T-ELLE ENCORE UN AVENIR ? TOUT N'A-T-IL PAS ÉTÉ DÉCOUVERT ?

**Jean-François Clervoy :** L'aéronautique n'en est qu'à son balbutiement, avec à peine une soixantaine d'années d'existence. Le potentiel est immense. Il n'existe à ce jour que 1 100 satellites actifs en orbite terrestre, contre plusieurs milliers dans une dizaine d'années, au service direct de l'humanité. Les sondes interplanétaires contribuent à un accroissement exponentiel de nos connaissances sur nos origines et l'évolution de notre univers. Cette quête du savoir est une des plus nobles qui soit. Et elle se construit en coopération internationale. C'est un facteur de pacification des relations internationales et un puissant moteur d'inspiration et de motivation des jeunes pour les sciences.

**Raphaël Domjan :** Les aventures géographiques terrestres ont pris des siècles. Révons : si nous voulons faire perdurer notre civilisation, nous n'aurons pas le choix d'aller ailleurs, y compris parce que tôt ou tard notre étoile, le soleil, montrera des signes de faiblesse... Ce n'est pas pour tout de suite. Mais si l'on veut aller au-delà, il faudra partir.

**APRÈS AVOIR SOUILLÉ LA TERRE, NE SOMMES-NOUS PAS EN TRAIN DE RÉITÉRER CETTE ATTITUDE AVEC L'ESPACE ?**

**Jean-François Clervoy :** La prise de conscience du risque lié aux débris spatiaux a conduit les acteurs spatiaux à ne plus produire de nouveaux débris dans l'espace. Le défi, aujourd'hui, est de gérer ceux qui ont été engendrés au début de l'ère astronautique.

**L'ÊTRE HUMAIN NE VA-T-IL PAS SE COMPORTEUR AVEC L'ESPACE COMME IL L'A FAIT ICI-BAS ET METTRE EN PÉRIL NOTRE PATRIMOINE COMMUN EN CHERCHANT À « MARCHANDISER » TOUT CE QUI PEUT L'ÊTRE ?**

**Jean-François Clervoy :** Dans un futur pas si éloigné, il sera plus rentable et écologique d'exploiter certaines ressources extraterrestres plutôt que sur Terre, que ce soit pour des applications terrestres ou spatiales. Il reste à définir des règles adaptées et à développer les technologies nécessaires. Gageons que le droit spatial naissant saura faire adopter les bonnes pratiques à l'image de celles, déjà bien respectées, des activités spatiales d'aujourd'hui.

**Raphaël Domjan :** On aimerait que les biens de notre planète appartiennent à notre humanité. Mais nous vivons dans un système capitaliste. Financer des projets de recherche ou aller dans l'espace nécessite des moyens importants. On peut le regretter, mais les perspectives économiques peuvent aussi être un moteur pour l'innovation.

**AUJOURD'HUI, L'ESPACE N'EST-IL PAS ENCORE « RÉSERVÉ » AUX SPÉCIALISTES ALORS QUE L'INTÉRÊT DE L'HUMANITÉ VOUDRAIT QU'IL SOIT EN ACCÈS OUVERT, ET QUE TOUTES LES DONNÉES COLLECTÉES SOIENT EN OPEN SOURCE ?**

**Jean-François Clervoy :** Si la conception et la mise en œuvre de moyens spatiaux restent l'affaire de spécialistes, leur utilisation est très largement en open source. Tout le monde a accès librement à la navigation par satellite (GPS), aux prévisions météo, aux chaînes de télévision par antenne parabolique, aux images de la Terre vue de l'espace (Geoportail ou Google Earth), aux télécommunications à l'échelle mondiale. Ces services utilisent presque tous des moyens spatiaux.

**Raphaël Domjan :** Personne ne voit de mal à prendre son voilier pour traverser l'Atlantique.

Un jour on aura peut-être accès de la même manière à l'espace. Pour voler à plus de 100 km on n'a déjà pas besoin d'autorisation. Le frein est technique et financier. Peut-être faudra-t-il, toutefois, des règles de fonctionnement.

**ON ASSISTE AU DÉVELOPPEMENT D'ENTREPRISES PRIVÉES DÉDIÉES À L'ESPACE. FAUT-IL ENCORE DES AGENCES (INTER) GOUVERNEMENTALES ?**

**Jean-François Clervoy :** Les entreprises privées dédiées à l'espace ont presque toutes pu émerger grâce aux connaissances, technologies et programmes spatiaux lancés par les agences spatiales. Les risques liés aux énergies mises en jeu et aux conditions extrêmes du milieu spatial sont pris au départ par les agences. Pour tout nouveau programme futur, celles-ci continueront leur rôle de pionnier et d'éclaireur. Elles passeront la main au secteur privé lorsque →

« L'exploration spatiale nous permet de prendre de la hauteur, du recul sur notre civilisation. » J.-F. Clervoy

**En savoir plus**

Découvrir le projet SolarStratos : <http://www.solarstratos.com>



Rosetta prise en photo... par elle-même ! Un « selfie » à 6,4 milliards de kilomètres de la Terre.



Projet de base lunaire qui serait réalisée en recourant à l'impression 3D.

**Jean-François Clervoy**, 57 ans, est ingénieur, membre du corps des astronautes de l'ESA, président de la société Novespace et auteur.

Il a volé deux fois à bord de la navette spatiale Atlantis et une fois à bord de Discovery. Il totalise 675 heures dans l'espace.

**Raphaël Domjan**, 44 ans, est « écoexplorateur », auteur et conférencier. Il a initié et dirigé le premier tour du monde en bateau solaire (PlanetSolar). A la tête d'une équipe internationale, il prépare le projet SolarStratos, qui vise à approcher de l'espace avec un avion solaire. Les premiers essais auront lieu en 2017.

→ les risques seront maîtrisés. Ainsi Arianespace a pu naître du programme Ariane, mis au point par les agences spatiales française et européenne. SpaceX a pu se développer grâce au programme ISS, initié par la NASA.

**Raphaël Domjan** : Les agences ont un rôle important. Il y aura les voyages proches de la Terre, en orbite géostationnaire ou basse. Dans un proche futur, ce seront des entreprises privées qui s'en occuperont. Mais au-delà de notre planète ou de notre système solaire, les agences auront un rôle essentiel à jouer pour la conquête spatiale. Pour notre propre projet, le soutien de l'ESA sur les premières études de faisabilité et la recherche spatiale sur les batteries ont également été cruciales.

#### EN TANT QU'« AVENTURIER TERRESTRE », PENSEZ-VOUS QUE L'AVENTURE SPATIALE AIT ENCORE UN SENS ? QU'EN ATTENDRIEZ-VOUS ?

**Raphaël Domjan** : Bien sûr. J'en attends tout d'abord le rêve, la conquête de l'inutile. Notre soif de savoir, notre curiosité, élargir nos connaissances... Tout cela nous a permis de devenir ce que nous sommes, de comprendre aussi que nous sommes dans un monde fini, de faire naître une conscience écologique.

#### QUELLE EST VOTRE PLUS GRANDE JOIE CONCERNANT L'AVENTURE SPATIALE ? VOTRE PLUS GRANDE DÉCEPTION ?

**Raphaël Domjan** : Ma plus grande joie est d'avoir

« C'est le propre de l'humain d'aller plus loin, de repousser les limites, de découvrir encore. »  
R. Domjan

pu passer une soirée avec Buzz Aldrin, Edgar Mitchell, Charlie Duke. Quand vous serrez la main à un homme qui a marché sur la Lune, cela change la perspective. Ces gens-là, ce sont les Magellan, les Christophe Colomb de l'espace. Une déception ? Nous étions capables d'aller sur la Lune, nous avions des navettes spatiales. Nous avons reculé sur ces vols habités. Mais l'on peut espérer que la conquête spatiale, à l'image des défis environnementaux et climatiques, va encourager les peuples à travailler ensemble.

**Jean-François Clervoy** : Ma plus grande joie, c'est le recul que l'aventure spatiale a permis à l'humanité de prendre sur son propre sort : nous vivons sur un vaisseau spatial limité et unique, probablement pour de nombreuses générations. La meilleure chance pour nous de perdurer, est de travailler en équipe à l'échelle mondiale, de vivre en harmonie avec la biodiversité qui nous entoure, garante des meilleurs chances de survie terrestre face aux évolutions de notre environnement. Ma plus grande déception est que la difficulté d'accès à l'espace est telle que trop peu d'humains ont pu admirer leur planète dans son ensemble.

#### QUEL EST VOTRE DOUTE PRINCIPAL ?

**Jean-François Clervoy** : C'est la difficulté pédagogique d'expliquer l'espace. Il est impalpable, invisible, inaudible... Ses enjeux sont difficiles à faire comprendre au grand public. Mais les futures technologies de l'information (3D - 360°) associées à des projets fascinants, « palpables » comme Solar Impulse, permettront d'immerger tout un chacun dans les scénarii possibles de futurs durables, grâce entre autres aux services rendus par l'espace.

**Raphaël Domjan** : Je n'ai pas de doute. Tout est une question de temps. Tant que nous serons une civilisation, nous nous organiserons pour aller plus loin, repousser les limites, découvrir encore. C'est le propre de l'humain. ☺

# Qui « fait » l'espace ?

La conquête spatiale se fait en mode multi-joueurs. Au-dessus de nos têtes, on compte un grand nombre d'acteurs, y compris privés, de toutes nationalités. Pour y voir clair, nous les avons classés en dix catégories.



2. Les Nations unies : l'Organisation des Nations unies (ONU) dispose d'un Bureau des affaires spatiales. Il favorise la coopération internationale pour l'utilisation pacifique de l'espace et tient la liste des objets envoyés dans l'espace depuis 1957 ! L'ONU dispose également d'un comité sur les débris (au sein du COPUOS) et d'un programme d'exploitation de données spatiales pour la gestion de catastrophes et d'interventions d'urgence (Spider).

4. La Défense : les armées, notamment américaine, chinoise, française et russe, disposent de satellites de reconnaissance. L'armée américaine dispose du X-37B, une navette spatiale expérimentale dont la mission demeure secrète. La Chine a testé en 2007 une arme antisatellite.

1. Les agences spatiales : près de 70 pays sont dotés d'une agence nationale. Les plus importantes sont : la NASA (Etats-Unis), les agences allemande (DLR), canadienne (CSA), chinoise (CNSA), française (CNES), indienne (ISRO), italienne (ASI), japonaise (Jaxa), russe (Roscosmos). L'Agence spatiale européenne (ESA), créée en 1975 par 11 pays (Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, France, Italie, Pays-bas, Royaume Uni, Suède, Suisse, Irlande), est la seule structure intergouvernementale : elle est composée de 22 Etats membres.



5. Des organisations intergouvernementales : citons par exemple l'Observatoire européen austral (ESO), acteur principal de l'astronomie en Europe, qui réunit seize Etats membres avec l'Etat hôte de ses trois observatoires, le Chili ; ITSO, pour la fourniture de services publics de télécommunications ; Eumetsat, qui fournit des données et images satellitaires pour la météorologie et la climatologie.

3. L'Union européenne : la Commission Européenne coordonne, avec l'ESA, une politique spatiale dotée de quatre dimensions / missions : Galileo, système de navigation par satellite ; Copernicus, programme civil d'observation de la Terre ; l'exploration spatiale ; la recherche et l'innovation au sein de l'industrie spatiale.



**6. Les universités et laboratoires de recherche : ils font de la recherche fondamentale et développent les instruments équipant les missions spatiales. De nombreuses universités et écoles dans le monde proposent l'apprentissage des métiers du secteur spatial.**

**7. Les collectivités : à l'échelon national, le gouvernement luxembourgeois a lancé début 2016 un appel aux sociétés travaillant sur l'exploitation commerciale des astéroïdes et objets géocroiseurs\*. A l'échelon régional, le réseau NEREUS vise à exploiter le potentiel des technologies spatiales au bénéfice des citoyens de ses régions membres. D'autres régions s'associent pour former des pôles de compétitivité, comme l'Aerospace Valley en France.**

\*Lire Lexique p.18



**8. Les acteurs industriels : de la construction de lanceurs ou de satellites à l'exploitation commerciale de minerais d'astéroïdes ou de données satellitaires, l'espace est également un enjeu industriel et commercial. C'est un secteur en constante évolution avec des perspectives de croissance forte et qui attire de nouveaux acteurs privés.**

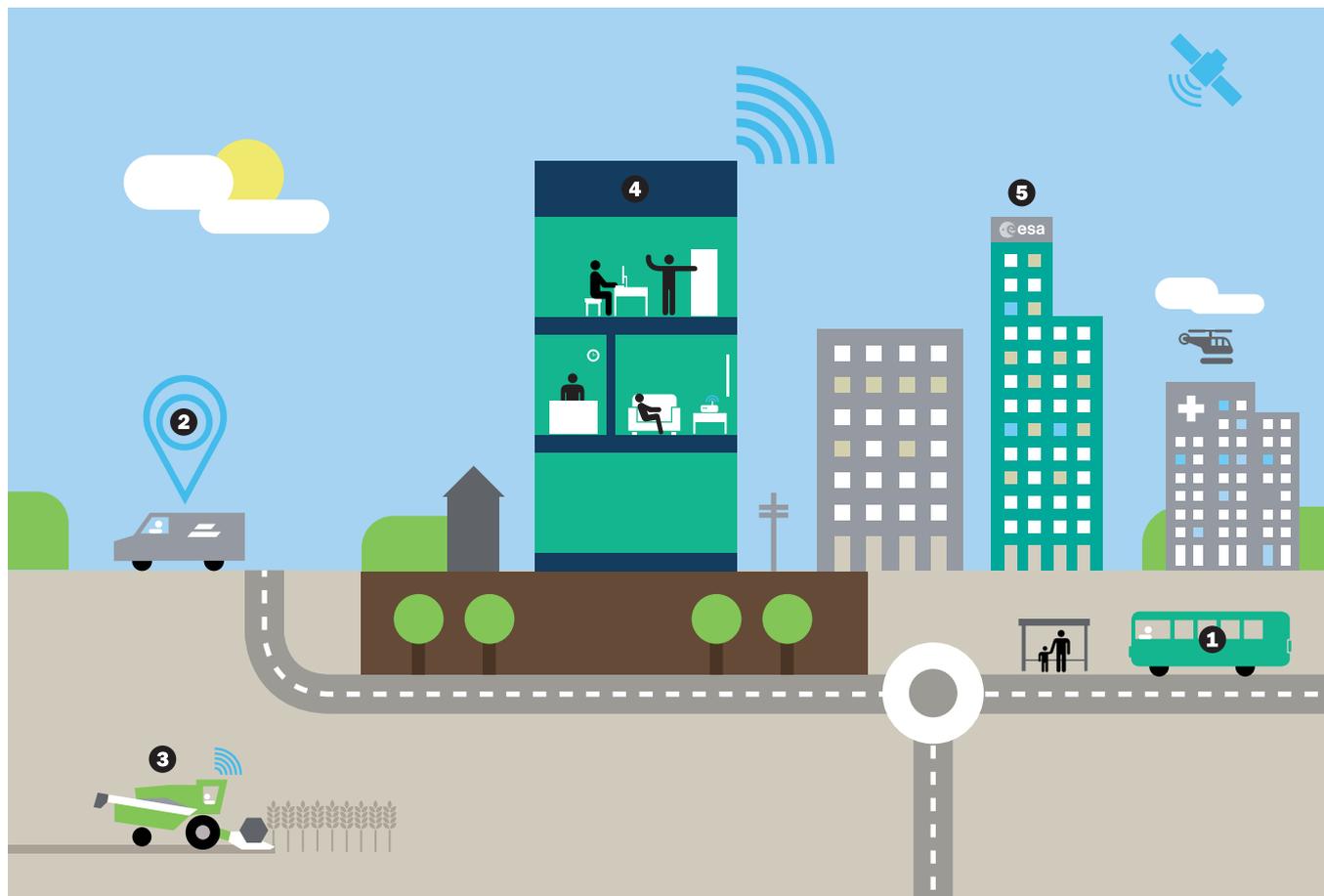


**9. Musées et parcs à thème : leur mission consiste à vulgariser la science et les missions spatiales. Leur rôle est extrêmement important pour faire connaître l'espace et ses applications, et inspirer une future génération de scientifiques.**



**10. Des associations : du rassemblement local d'astronomes amateurs à Universe Awareness, qui utilise l'astronomie pour promouvoir la science auprès de jeunes du monde entier, on ne compte plus les associations gravitant autour de la question spatiale.**

**Sans oublier... les citoyens. En s'intéressant au secteur spatial, ils peuvent en façonner l'avenir de manière démocratique.**



# L'espace : omniprésent dans notre quotidien

Nos vies ont été modifiées par les découvertes et les applications issues de l'exploration spatiale.

## ❶ Transport des personnes.

La navigation par satellite s'est beaucoup développée ces dernières années : elle constitue un outil utile pour les automobilistes, les randonneurs, les touristes. Elle permet également de donner le temps d'attente pour le passage du prochain bus, ou d'améliorer la sécurité en signalant aux avions les conditions de visibilité de leur aéroport de destination.

## ❷ Logistique.

Sur terre, le spatial aide à l'optimisation des tournées de livraison ; en mer, à la surveillance du trafic maritime.

## ❸ Agriculture.

Les systèmes de navigation sont de plus en plus présents dans les machines agricoles. Ils permettent un travail de précision pour récolter plus,

tout en limitant les consommations (carburant, eau, ressources naturelles, produits chimiques).

## ❹ Services.

L'exploitation des satellites a amélioré les services d'accès à Internet, à la télévision et à la météorologie. Elle a aussi permis le développement des activités de santé et d'éducation à distance.

## ❺ Emploi.

Selon les estimations, le secteur spatial européen génère directement 38 000 emplois grâce à la coopération entre l'industrie, les agences nationales, l'Union européenne et l'ESA. S'ajoutent à ce chiffre les emplois issus du traitement des données satellitaires pour les applications terrestres. ©



### Civil ou militaire ?

La NASA est la plus importante agence spatiale nationale au monde et le ministère de la Défense américain est le plus gros opérateur de satellites. L'industrie spatiale américaine en bénéficie avec plus de 90 % de ses ventes annuelles auprès du gouvernement.

A l'opposé, l'industrie européenne réalise plus de 40 % de ses ventes auprès de partenaires commerciaux. Les fins du programme spatial européen sont « exclusivement pacifiques ». Toutefois, la France, l'Italie, l'Allemagne et le Royaume Uni considèrent le spatial comme élément de leurs infrastructures de défense. Ainsi, les deux satellites d'observation français Pléiades sont à usage à la fois civil et militaire.

## Un morceau d'espace dans la technologie

Les agences et l'industrie spatiales œuvrent quotidiennement pour mener à bien leurs programmes. Mais elles transfèrent aussi leurs technologies vers les entreprises civiles.

Quel est le point commun entre un airbag, un panneau solaire et un appareil de musculation ? Réponse : ils ont potentiellement tous bénéficié des avancées de l'exploration spatiale. Faire avancer la technologie est une des missions connexes des acteurs spatiaux. Prenons le cas de l'ESA. Si elle n'a pas vocation à commercialiser ses services, elle peut néanmoins, une fois la recherche, le développement

et la qualification terminés, transférer la responsabilité des projets à des entités extérieures. Celles-ci peuvent être de nature intergouvernementale ou privée. Elles se chargent alors des activités de production et d'exploitation. C'est le cas d'Eumetsat dans le domaine de la météo, d'Arianespace dans les services de lancement, d'Eutelsat et Inmarsat dans les télécommunications. De grands groupes comme

Airbus Defence and Space ou Thales Alenia Space continuent de créer des emplois hautement qualifiés. Mais de nombreuses TPE et PMI émergent aussi dans le secteur. L'ESA a mis l'accent sur l'entrepreneuriat en investissant dans douze incubateurs d'entreprises, répartis dans toute l'Europe. Ce sont les ESA « Business Incubation Centers ».

### 144 entreprises, 800 emplois

Ces structures favorisent la création et l'incubation d'entreprises dont le modèle d'affaires est basé sur l'utilisation de technologies ou de systèmes issus du domaine spatial, et à destination d'un marché non spatial. 144 entreprises ont été incubées depuis dix ans, avec à la clé 800 emplois (2014). Parmi celles-ci, EATOPS fournit des outils et des systèmes pour la surveillance d'installations pétrolières ou gazières. De son côté, GIAURA projette de capturer le CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère de la même manière que l'on recycle ce gaz dans un véhicule spatial.

Le programme fonctionne avec un réseau européen de « courtiers en technologies » issus de quatorze États-membres. Parmi ceux-ci, l'on peut citer Umbilical Design, en Suède, Tech2Market en France, Tecnia en Espagne. En bout de chaîne, les technologies sont commercialisées sur des marchés très divers : des freins au carbone dans le secteur automobile, en passant par les équipements pour le handisport, jusqu'aux vêtements à haute performance, ou mesures de l'activité cardiaque. ©

# Homme ou robot : qui se lancera le premier ?

**L'avenir de l'exploration spatiale passera-t-il par les êtres humains ou des machines ? Ce débat, vieux comme la littérature de science-fiction, trouve aujourd'hui sa traduction dans la réalité.**

**E**n moins de soixante ans, l'humain a envoyé plus de 150 sondes et explorateurs robotiques dans le système solaire. La sonde Voyager 1, lancée par la NASA (1977), est l'objet spatial encore en activité le plus éloigné de nous : 20 milliards de kilomètres. Quatre véhicules d'exploration, ou *rovers*, ont atterri sur Mars avec succès. Deux restent actifs : Opportunity et Curiosity. Dans le même temps, quelque 550 femmes et hommes de 41 nationalités ont goûté la joie des vols spatiaux. Malgré les précautions, 18 n'en sont jamais revenus : la conquête spatiale a coûté la vie aux astronautes d'Apollo 1, de Challenger lors de son décollage en 1986 et de Columbia à son retour sur Terre en 2003.

## L'humain : fragile et solide à la fois...

Pour autant, le regard humain compte. L'expérience de l'astronaute Harrison H. Schmitt a servi la mission Apollo 17 sur la Lune, quand il a fallu identifier et collecter 110 kg d'échantillons géologiques. Flexibles, efficaces, capables d'adaptation et d'initiative, nous présentons néanmoins une immense faiblesse : notre fragilité physique. Or l'espace est un milieu hostile à la vie humaine : pression et températures extrêmes, radiations, absence de gravité, manque d'oxygène... Afin d'y vivre et d'y travailler, il faut des véhicules spéciaux, des systèmes de survie, des ravitaillements : provisions, eau, carburant, pièces de rechange, etc. Cette logistique a un coût très supérieur à celui engendré par l'envoi d'une sonde d'exploration, même s'il permet de compter sur l'humain pour effectuer certaines réparations. La réalité plaide en fait pour la



Tim Peake (en haut) aux commandes du rover Bridget (en bas).



coopération. « Les sondes sont des précurseurs indispensables à l'envoi d'êtres humains sur une planète. Néanmoins, il est clair que pour une mission d'exploration scientifique, le retour serait bien supérieur grâce aux capacités de prise de décision rapide des êtres humains », souligne Thomas Pesquet, astronaute de l'ESA. Sans aller jusqu'à s'installer sur Mars, les bénéfices qu'un astronaute se trouve dans un vaisseau en orbite, par exemple, seraient importants. Il pourrait ainsi piloter depuis son vaisseau, en temps réel, sans délai de communication, un *rover* évoluant à la surface de Mars. ©

## Allo Houston ? Ici Hawaï

Les « missions analogues » visent à simuler, sur Terre, les conditions d'une mission extraterrestre : se couper du monde extérieur, choisir une région isolée, reproduire l'intérieur d'un vaisseau spatial ou d'une station martienne... En 2010-2011, Mars500 a simulé un voyage aller-retour vers Mars : 520 jours, dont 30 à la surface de la planète, avec un équipage russo-sino-européen. La NASA finance quant à elle Hi-Seas, une mission analogue d'exploration spatiale plantée sur les pentes d'un volcan à... Hawaï.

## En Antarctique aussi

L'ESA est partenaire de la base antarctique Concordia, station de recherche franco-italienne située à l'extrême sud de la Terre. Altitude : 3200 m. Température extérieure moyenne : -50 °C. Pas de soleil pendant quatre mois d'hiver. Des conditions « idéales » pour étudier les effets de l'isolement sur les équipages multiculturels (psychologie, santé, sommeil), en prévision de vols spatiaux de longue durée.

## En savoir plus

A lire, sur le site de l'université de Cornwall, un article passionnant de Ian A. Crawford, sur le « mythe de l'efficacité robotique » dans l'exploration spatiale. Selon le chercheur, l'être humain en dira toujours plus que le robot (à télécharger, format pdf) : <http://bit.ly/1UARwzO>

# Venez débattre de l'espace avec nous !



Le 10 septembre, vous serez peut-être l'un(e) des 2 000 participant(e)s au Débat citoyen sur l'exploration spatiale. Tout le monde est invité : si le cœur vous en dit, voici la marche à suivre.

C'est une première : ces échanges auront lieu simultanément dans les 22 Etats membres de l'Agence spatiale européenne (ESA). Chaque débat réunira une centaine de personnes pendant une journée entière. Pour participer, pas besoin de connaissance spéciale : chaque citoyen(ne) a un avis à partager.

Pour être faciles et nourris, les échanges se font par petits groupes. Pas besoin de prendre la parole devant 100 personnes ! D'ailleurs, le but n'est ni de convaincre, ni de tomber d'accord. Le débat va produire un « avis citoyen » reflétant la diversité des positions exprimées. Cette journée est organisée par l'ESA avec l'appui de l'agence Missions Publiques (Paris).

Le magazine que vous tenez entre les mains constitue une information préalable au débat. Des vidéos seront également présentées le Jour J pour lancer les discussions. Les questions soumises aux participants ont été élaborées par un comité interdisciplinaire réunissant des experts de l'ESA.

Donner la parole aux citoyens de plusieurs pays est une démarche nouvelle. Elle a été initiée en 2009 par le DBT - Danish Board of Technology (World Wide Views). Missions Publiques a co-initié et co-coordonné avec le DBT le Débat citoyen préalable à la conférence internationale sur le climat (COP21, décembre 2015, Paris). 10 000 participants de 76 pays des 5 continents ont contribué à l'avis citoyen présenté aux négociateurs de 196 gouvernements.



« Si on exploite l'Espace comme on a exploité la Terre, on va finir par détruire l'univers entier »  
**Helena (Espagne)**



« Pour moi, l'Espace, c'est le développement et la découverte de nouveaux horizons. »  
**Jan (République Tchèque)**



« L'Espace pour moi c'est quelque chose d'un peu inquiétant, et c'est pour ça que j'aurais envie d'en savoir un peu plus. »  
**Julie (Norvège)**



« Exploiter l'Espace, si c'est légal, pourquoi pas ? On vit dans un monde libre. »  
**Martin (Suède)**



« L'Espace, c'est une infinité de possibilités. »  
**Lilána (Hongrie)**



« L'Espace ? C'est quelque chose que je ne connais pas. »  
**Chiara (Italie)**



« L'Espace : le développement, le futur et l'entraide. »  
**Sabine (Danemark)**



« J'ai peur que les programmes spatiaux soient développés à des fins militaires. »  
**Thor Oona (Suisse)**



« Exploiter les ressources de l'Espace ? Moi, ça me va tout à fait. »  
**Andrej (Pologne)**

## 23 débats dans 22 pays

- 1. Grèce – Athènes** (Corallia & si-Cluster)  
[www.corallia.org](http://www.corallia.org) & [www.si-Cluster.gr](http://www.si-Cluster.gr)
- 2. Roumanie – Bucarest**  
(The Romanian Space Agency ROSA)  
[www.rosa.ro](http://www.rosa.ro)
- 3. Estonie – Tõravere** (Enterprise Estonia - EAS) [www.eas.ee](http://www.eas.ee)
- 4. Estonie – Tallinn** (Enterprise Estonia – EAS)  
[www.eas.ee](http://www.eas.ee)
- 5. Finlande – Helsinki** (Kupla Productions Oy Ltd) - [www.kupla.com](http://www.kupla.com)
- 6. Norvège – Oslo** (Norwegian Space Centre)  
[www.romsenter.no](http://www.romsenter.no)
- 7. Suède – Göteborg** (Pernilla Warberg Consultant Limited Company)  
[www.pernillawarberg.se](http://www.pernillawarberg.se)
- 8. Danemark – Odense** (Coworking Odense)  
[www.coworking odense.dk](http://www.coworking odense.dk)
- 9. Pologne – Rzeszów** (Technology Transfer Centre Cracow University of Technology)  
[www.transfer.edu.pl](http://www.transfer.edu.pl)
- 10. Hongrie – Budapest** (ORION Space Generation Foundation)  
[www.spacegeneration.hu](http://www.spacegeneration.hu)
- 11. Autriche – Vienne** (ICCR FOUNDATION)  
[www.iccr-foundation.org](http://www.iccr-foundation.org)
- 12. République Tchèque – Prague**  
( Technology Centre CAS) - [www.tc.cz](http://www.tc.cz)
- 13. Italie – Rome** (ISINNOVA – Institute of Studies for the Integration of Systems)  
[www.isinnova.org](http://www.isinnova.org)
- 14. Suisse – Lucerne** (Swiss Space Center - SSC) - [www.space.ethz.ch](http://www.space.ethz.ch)
- 15. Allemagne – Darmstadt** (nexus Institute for Cooperation Management and Interdisciplinary Research)  
[www.nexusinstitut.de](http://www.nexusinstitut.de)
- 16. Luxembourg – Luxembourg** (4motion)  
[www.4motion.lu](http://www.4motion.lu)
- 17. France – Paris** (Missions Publiques)  
[www.missionspubliques.com](http://www.missionspubliques.com)
- 18. Belgique – Bruxelles** (Missions Publiques) [www.missionspubliques.com](http://www.missionspubliques.com)
- 19. Pays-Bas – Noordwijk** (LEI Wageningen UR) - [www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstututen/LEI.htm](http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstututen/LEI.htm)
- 20. Royaume Uni – Edimbourg**  
(Keep Scotland Beautiful)  
[www.keepsotlandbeautiful.org](http://www.keepsotlandbeautiful.org)
- 21. Irlande – Cork** (Camden Palace Hotel Community Arts Centre)  
[www.camdenpalacehotel.org](http://www.camdenpalacehotel.org)
- 22. Espagne – Madrid**  
(Knowledge Innovation Market - KIM)  
[www.kimglobal.com](http://www.kimglobal.com)
- 23. Portugal – Lisbonne** (Ciência Viva)  
[www.cienciaviva.pt](http://www.cienciaviva.pt)



« J'ai peur que certains contrôlent l'Espace sans vraiment nous demander notre avis. »

**Dimitri (Grèce)**



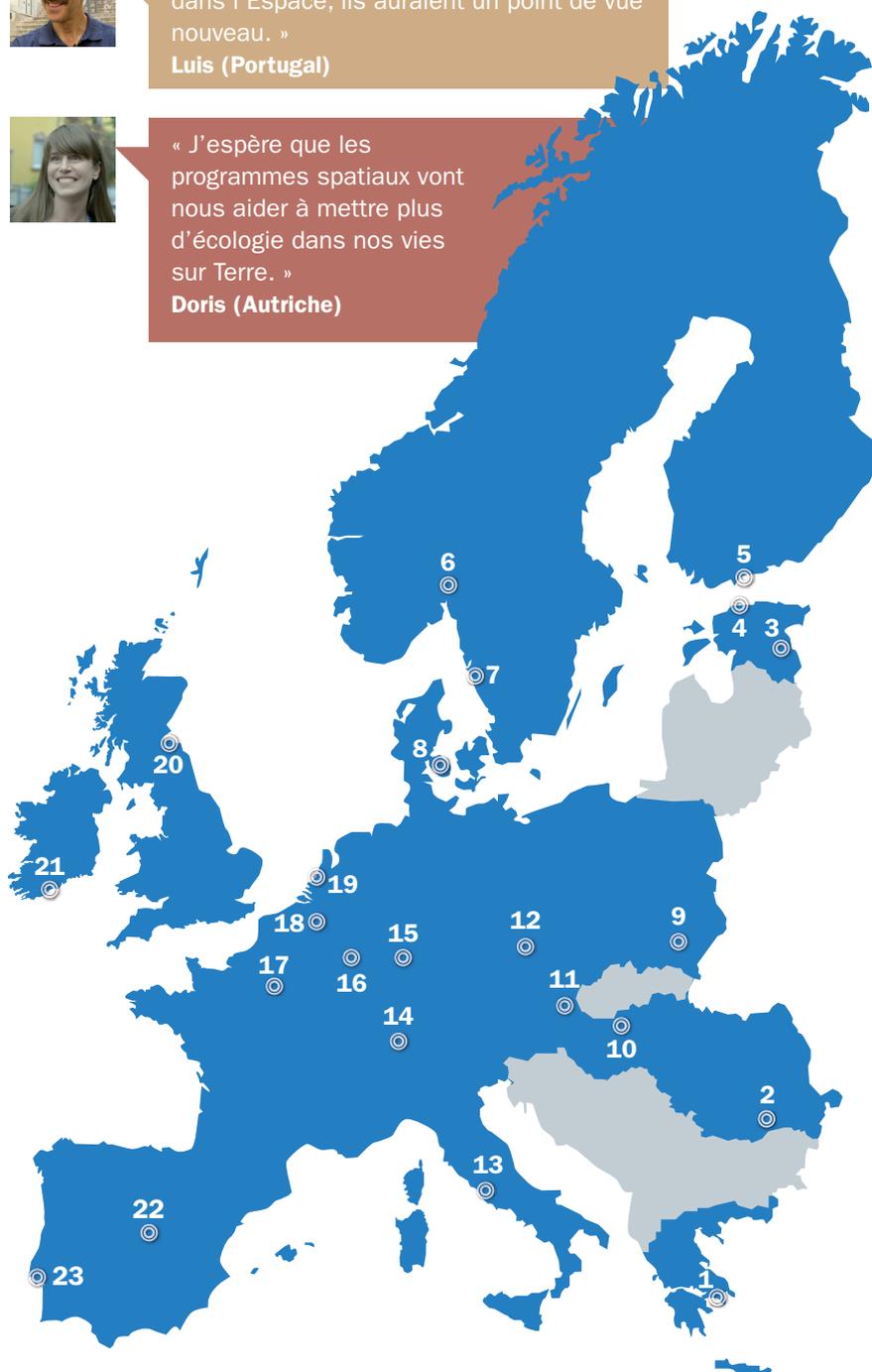
« Ce serait bien d'envoyer des artistes dans l'Espace, ils auraient un point de vue nouveau. »

**Luis (Portugal)**



« J'espère que les programmes spatiaux vont nous aider à mettre plus d'écologie dans nos vies sur Terre. »

**Doris (Autriche)**



### Columbus, labo européen

Le laboratoire Columbus est un module de 7 m de long et 4,5 m de diamètre, contrôlé et piloté par le Centre de contrôle Columbus de l'ESA, situé dans les locaux du Centre allemand d'opérations spatiales (DLR) à Oberpfaffenhoffen. Pendant les cinq premières années de son exploitation, plus de 110 expériences ont été menées à son bord à la demande de plus de 500 scientifiques européens. La priorité de Columbus est de faire des découvertes scientifiques et de développer des applications utiles aux Terriens.

### Recherche tous azimuts

Les recherches menées à bord de la Station spatiale internationale (ISS) couvrent un large spectre. Dans le domaine de la médecine et de la biologie : ostéoporose, vision, Alzheimer ; en sciences humaines, étude des journaux de bord personnels des astronautes ; dans les sciences physiques, étude des fluides et de la combustion gazeuse ; dans les sciences de la Terre, mesure de la vitesse des vents à la surface des océans ; dans le domaine de l'environnement, photos d'éruptions, de phénomènes météorologiques inhabituels, de catastrophes naturelles ; ou encore : rayons cosmiques, robotique, agronomie.



Luca Parmitano (ESA) et Karen Nyberg (NASA) à bord de l'ISS.

## L'espace au service de la connaissance

**A 400 km au-dessus de nos têtes, la Station spatiale internationale (ISS) constitue un laboratoire de recherche permanent.**

Elle est visible à l'œil nu depuis la Terre avec ses 109 mètres de long sur 73 de large. Elle accueille en permanence six astronautes. La station spatiale internationale (ISS) est à la fois un lieu de coopération entre quinze

Etats (1) et un laboratoire permanent de recherche scientifique.

Son équipage est renouvelé par moitié tous les trois mois via les vaisseaux russes Soyouz. L'ESA envoie en mission entre un et deux as-



Petit footing pour Samantha Cristoforetti (ESA)... à 400 km d'altitude.

### En savoir plus

Visualiser le laboratoire européen Columbus, comprendre son fonctionnement, découvrir la palette des recherches qui y sont menées, sur le site de l'ESA : <http://bit.ly/29qE6w>

tronauts par an depuis que le laboratoire européen Columbus a été amarré à l'ISS début 2008.

### Résultats partagés

A bord, les astronautes consacrent l'essentiel de leur temps à mener les expériences scientifiques qui leur ont été confiées et auxquelles ils ont été formés avant leur départ. La Station dispose à cette fin de nombreux équipements. Les recherches sont tournées pour partie vers les vols habités de longue durée (physiologie humaine, vie à bord, entretien et réparation du véhicule spatial), mais aussi vers la vie sur Terre. Les résultats obtenus à bord de l'ISS profitent à l'ensemble de la population mondiale, via des programmes de transfert de technologie. Quand il s'agit de recherche médicale, les astronautes sont souvent à la fois les opérateurs et les sujets des expériences, qui débutent avant le vol et se poursuivent après le retour sur Terre (mesure de la densité osseuse, évolution du système cardiovasculaire, etc.).

(1) L'accord intergouvernemental de la Station spatiale internationale, qui fixe le cadre juridique d'utilisation de la Station, a été signé en 1988 par les Etats-Unis, la Russie, le Canada, le Japon et dix Etats membres de l'ESA (Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Suède et Suisse).

# Débris : opération grand nettoyage

Les acteurs spatiaux reconnaissent que leur activité est polluante par nature. Les Européens ont lancé en 2012 l'initiative Clean Space, avec trois pistes pour tendre vers un secteur spatial plus propre.

C'est une scène décoiffante du film Gravity. La collision de deux satellites en orbite terrestre provoque un nuage de débris. Celui-ci percute une navette et la Station spatiale internationale, faisant de deux astronautes qui réparaient le télescope Hubble, des naufragés de l'espace. Fiction ? Non : à ce jour, aucune réglementation internatio-

nale n'impose à un pays de procéder à l'enlèvement ou à la destruction des débris spatiaux qui lui incombent. On estime à plus de vingt-neuf mille le nombre d'objets de plus de 10 cm qui gravitent en orbite autour de la Terre. Il y a des satellites dans la force de l'âge, mais aussi de vieux étages supérieurs de lanceurs, des adaptateurs de lancement,

## En savoir plus

Lignes directrices sur la réduction des débris spatiaux (ONU, pdf) : <http://bit.ly/1UAcE60>  
Programme Clean Space (ESA, pdf) : <http://bit.ly/1P5LsY2>

des débris en tout genre. Chacun peut représenter un danger pour les missions spatiales. D'où la nécessité de les cartographier et de développer des technologies pour remédier à la situation.

## Capter un satellite

Plusieurs agences nationales ont lancé leurs initiatives. En Europe, c'est Clean Space. Premier volet, Cleansat : ré-

duire la production de débris dès le lancement. Le premier étage et la coiffe du lanceur retombant sur Terre, on évite de survoler les zones habitées et privilégie les lancements en direction des océans. Une fois lancés, les satellites se positionnent en orbite basse ou géostationnaire (lire Lexique). En fin de vie, les satellites géostationnaires devraient rejoindre une orbite cimetière afin de laisser la place aux « jeunes ».

Suite logique du programme Cleansat, e.Deorbit vise à maîtriser l'augmentation du nombre de débris spatiaux en orbite en « prélevant » les plus gros d'entre eux avant toute collision avec d'autres. Si elle aboutit, la mission e.Deorbit vise à « capturer » un satellite décommissionné de l'ESA dès 2023. Une première mondiale. Un dernier volet complète l'initiative Clean Space : en amont des missions, les acteurs du spatial travaillent sur le programme « Eco-design », qui promeut l'utilisation de matériaux et de procédés plus respectueux de l'environnement et des ressources naturelles. ☺



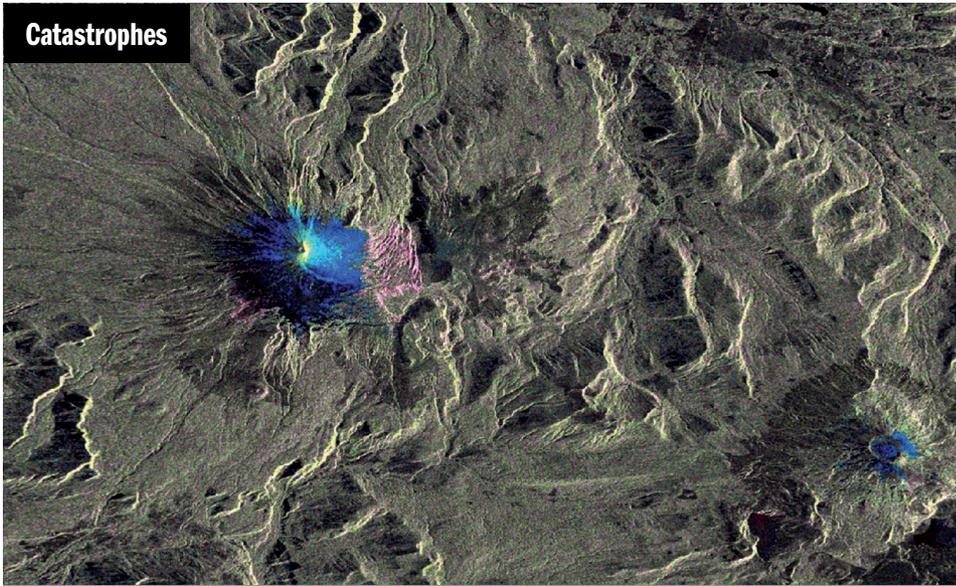
Vue d'artiste d'un bras robotique capturant un débris spatial important.

## Qu'est-ce que c'est que ce « débris » ?

Des centaines de débris présentent un danger potentiel pour la Station spatiale internationale (ISS). Ceux dont la trajectoire pénètre une « zone de sûreté » font l'objet d'une surveillance particulière. A leur approche, une manœuvre d'évitement peut être effectuée. Si celle-ci est impossible, les équipages se réfugient dans le vaisseau Soyouz.

## Lexique

La « **coiffe** » est l'extrémité aérodynamique d'un lanceur, larguée en deux morceaux vers 110 km d'altitude. Le terme « **décommissionné** » désigne un satellite mis à la retraite. L'« **orbite basse** » est la zone de l'orbite terrestre située en dessous de 2000 km d'altitude. L'« **orbite géostationnaire** », à environ 36 000 km au-dessus de l'équateur, est convoitée (satellites de télécommunication, de météorologie).



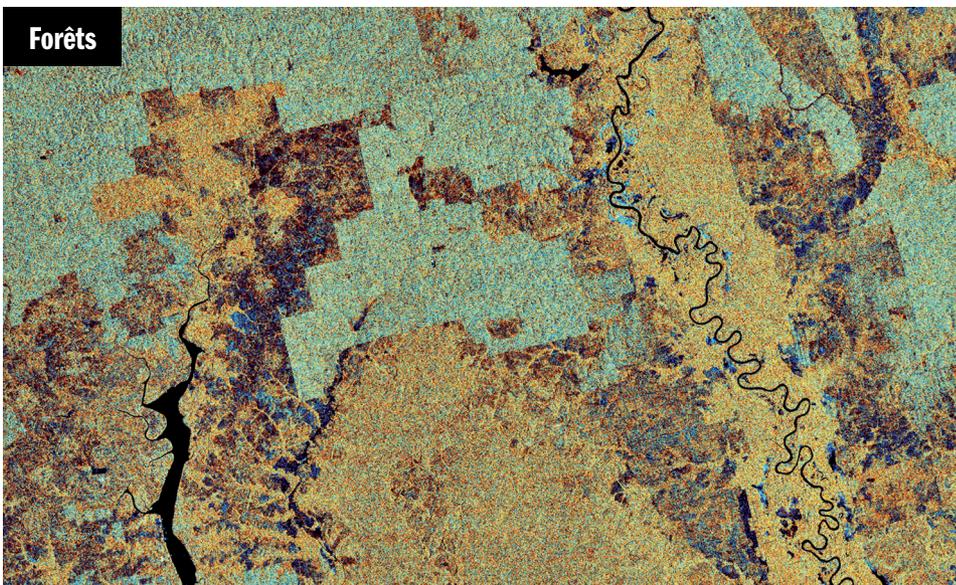
**Catastrophes**

Identifier les populations touchées, choisir les moyens de transport les plus efficaces pour leur porter secours : c'est l'objectif de la Charte Espace et catastrophes majeures, mise en œuvre en 2000. Quinze agences spatiales signataires de cette Charte s'engagent à mettre gratuitement les données spatiales qu'elles détiendraient à disposition des pays touchés par d'importantes catastrophes naturelles ou humaines.



Mesurer et limiter les émissions de gaz à effet de serre, prévoir les grandes évolutions du climat, s'adapter à ces modifications... Les dérèglements climatiques constituent l'un des plus grands défis de l'humanité. Sur la cinquantaine de variables climatiques essentielles reconnues au niveau international, vingt-six sont uniquement observables depuis l'espace.

# L'espace au service de l'humanité



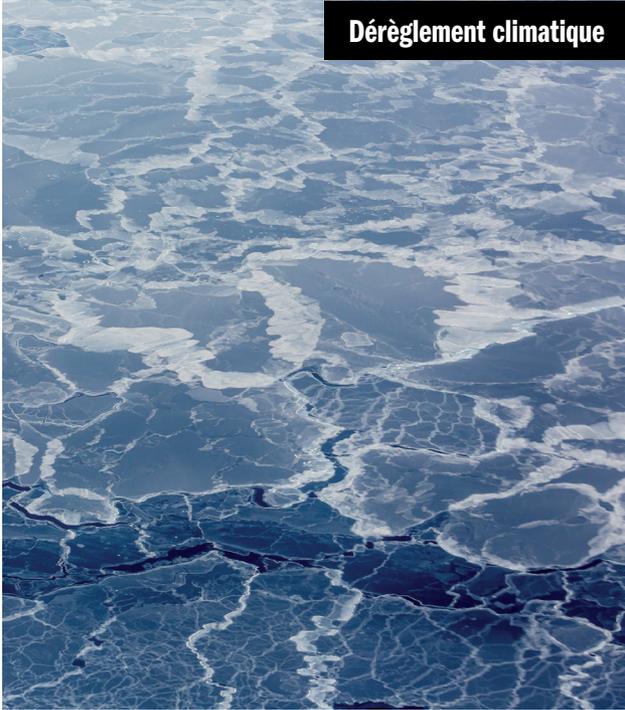
**Forêts**

Difficile à constater depuis le sol, la déforestation est suivie par satellite, notamment dans le cadre de l'initiative internationale REDD+. Celle-ci vise la réduction des émissions des gaz à effet de serre liées à la déforestation et à la dégradation des forêts. Les efforts de lutte contre la déforestation des pays concernés sont quantifiés grâce à l'œil des satellites.



**Océans**

## Dérèglement climatique



Télé-médecine, amélioration des télécommunications sur le terrain, aide à l'éradication des maladies... L'outil spatial est particulièrement efficace dans le domaine de la santé, notamment dans les pays en voie de développement. L'identification d'habitats isolés via des images satellites, permet également de faire de la prévention en matière de vaccination ou d'anticiper les risques d'épidémies véhiculées par les insectes.



## Santé

**Les gouvernants ont besoin de prendre des décisions difficiles sur des sujets majeurs. L'exploitation des données spatiales peut les y aider. Les applications et les services issus de l'activité spatiale peuvent être largement mis au service de l'amélioration des conditions de vie, notamment dans les pays en développement. Ils participent ainsi aux objectifs de développement durable des Nations unies.**



Depuis l'espace, les satellites Sentinelles du programme européen Copernicus scrutent en permanence les océans de la planète : température, salinité, courants, glace de mer, niveau de l'eau, vent de surface et même la chimie de l'eau et sa biologie (concentration en plancton), ainsi que sa teneur en chlorophylle. Certains animaux marins font aussi l'objet d'un suivi par satellite, notamment via les balises Argos.

## Migrations



Concernant les migrations, le programme européen d'observation de la Terre, Copernicus, peut fournir aux différentes organisations qui travaillent sur cette problématique, des données et images. On peut ainsi évaluer l'étendue et l'évolution de camps de réfugiés ou par exemple apporter une aide à la surveillance des frontières ou des trafics maritimes.

### Quel temps fait-il là-haut ?

Les différentes strates de l'atmosphère de la Terre sont soumises à l'influence du soleil et des vents solaires, ainsi qu'au rayonnement cosmique : c'est le « space weather », ou météo spatiale. Celle-ci peut perturber gravement services de navigation, télécommunications, télédiffusions et services météorologiques.

### Lexique

Un « **géocroiseur** » (Near Earth Object, en Anglais), est un objet – astéroïde ou comète – du système solaire dont l'orbite autour du soleil le mène près de la Terre. La mission AIDA vise à évaluer l'impact d'un astéroïde et à envisager sa déviation (Asteroid Impact and Deflection Assessment).



Illustration d'un géocroiseur ou « NEO » : Near Earth Object.

## Brève rencontre avec un astéroïde

Le risque de collision entre un astéroïde et la Terre est pris très au sérieux par les spécialistes de l'espace. Pas question de rester les bras croisés en attendant une hypothétique rencontre.

« Les dinosaures ont disparu parce qu'ils n'avaient pas de programme spatial ». Ce trait d'humour est dû à Arthur C. Clarke, auteur de science-fiction célèbre pour son livre « 2001, l'odyssée de l'espace ». Nos programmes spatiaux pourront-ils nous préserver, pauvres

Terriens que nous sommes, d'une rencontre fortuite – voire fatale – avec une météorite ?

Les agences spatiales ont pris le sujet à bras-le-corps. Début 2016, 14 412 objets géocroiseurs étaient ainsi identifiés : quasi-exclusivement des astéroïdes, auxquels s'ajoutent

### En savoir plus

Le programme NEOshield-2 : [www.neoshield.net](http://www.neoshield.net)  
Statistiques concernant les géocroiseurs : <http://neo.ipl.nasa.gov/stats/>

une centaine de comètes. Sur ce total, 1 696 objets sont qualifiés de « potentiellement dangereux », parce que leur trajectoire va les mener à moins de 7,5 millions de kilomètres de la Terre, et que leur diamètre supposé excède 150 mètres. Dernier chiffre : parmi les astéroïdes considérés comme potentiellement dangereux, 157 affichent un diamètre supérieur à 1 kilomètre !

### Dévier les astéroïdes ?

Industriels et agences spatiales du monde entier travaillent aujourd'hui sur cet aspect de protection de la Terre. Financé par l'Union européenne, le consortium NEOShield-2 regroupe onze industriels et instituts de recherche européens. Il travaille au développement de technologies et effectue des recherches sur les objets géocroiseurs.

L'ESA travaille de son côté sur trois projets. En premier lieu, sur un système capable de scanner le ciel toutes les nuits pour détecter des objets géocroiseurs non répertoriés, et donner l'alerte. Ensuite, sur les mesures d'atténuation applicables à de petits objets. Enfin, sur une manière de dévier les plus grands objets. L'envoi d'un impacteur pour dévier un astéroïde est l'un des scénarios étudiés. Dans cette optique, une mission commune de l'ESA et de la NASA, baptisée AIDA, est à l'étude. ☺

# Une balade à 250 000 dollars

**L'exploration spatiale était réservée aux agences nationales. Avec la bénédiction de ces dernières, des entreprises commerciales ouvrent une nouvelle page de l'histoire. Objectif : envoyer en l'air Monsieur et Madame Toutlemonde, ou presque.**



Vol d'essai de la navette SpaceShipTwo de Virgin Galactic.



Dennis Tito (à gauche) fut le premier touriste de l'espace en 2001. Il gagna la Station spatiale internationale à bord de Soyouz, sous l'escorte des cosmonautes russes Talgat Musabaev (au centre) et Yuri Baturin (à droite).

« **S**eulement 553 personnes sont allées dans l'espace. Virgin Galactic ouvre l'accès à l'espace à tous les autres ». La promesse est ambitieuse. Mais que vaut-elle réellement ? La société créée par le bouillant entrepreneur Richard Branson, propose de passer 2 à 3 heures dans l'espace – à une altitude d'au moins 100 kilomètres – à bord d'un appareil conçu pour accueillir 6 passagers et deux pilotes, moyennant la modique somme de 250 000 dollars... Mais Virgin Galactic n'est pas seule. Ainsi, le projet Space Plane de la société Airbus Aerospace, envisage-t-il de premiers vols spatiaux commerciaux à l'horizon 2024, au plus tôt.

## Dennis Tito, le pionnier

L'échéance des vols touristiques à « grande » échelle reste donc encore éloignée, tant les défis techniques à relever sont lourds. Pour autant, le tourisme spatial n'est plus un fantasme. En avril 2001, Dennis Tito fut ainsi le premier « terrien ordinaire » à gagner l'espace, à bord d'un Soyouz, pour un séjour dans la Station spatiale internationale (ISS). A grand renfort médiatique, les projets de tourisme spatial mettent en lumière une réalité nouvelle et beaucoup plus large : celle de l'ouverture de l'exploration spatiale aux acteurs privés. Jusqu'à ces dernières années, en effet, celle-ci restait le domaine réservé des Etats, via leurs agences nationales et/ou via l'Agence spatiale européenne. Mais

désormais, particulièrement aux Etats-Unis, des entrepreneurs investissent des millions de dollars pour développer des technologies permettant de réaliser le rêve du tourisme spatial ou lancent des projets à petite échelle comme les CubeSats ou l'envoi de ballons à la frontière de l'espace.

## « Espace 4.0 »

La NASA avait pour habitude de développer ses véhicules en interne. Changement de cap en 2010, avec un appel d'offre pour le développement et la fourniture de son véhicule spatial permettant l'envoi d'astronautes vers l'ISS : la NASA a retenu et soutient désormais trois propositions (Boeing, SpaceX, Sierra Nevada). En Europe, Jan Woerner, le directeur général de l'ESA, considère que nous sommes entrés dans « l'espace 4.0 ». Cette expression signifie que l'espace fait partie intégrante de notre quotidien et se veut source d'inspiration. Dans ce cadre, de nouveaux enjeux apparaissent. Ils sont liés aux interactions avec la société, à la commercialisation de l'espace, à l'évolution du rôle de l'industrie et à l'intensification des coopérations. Une nouvelle page de l'histoire est à écrire. €

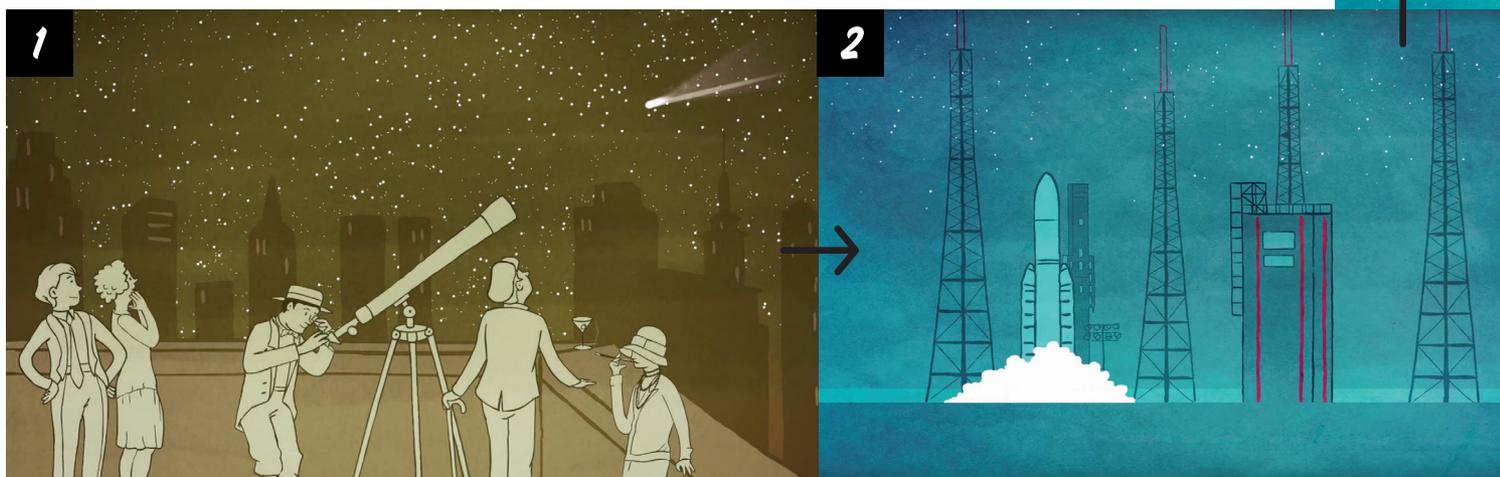
### En savoir plus

Un touriste spatial est-il un astronaute ? Doit-il souscrire une assurance multirisque ? Peut-on acheter un morceau de Lune ? Les réponses (très sérieuses) d'un expert en cliquant : <http://bit.ly/28SE9UQ>

# Les aventures très spatiales de Rosetta & Philae

3

Le public découvre souvent avec vif intérêt les résultats des grandes missions spatiales. Mais peu de gens imaginent tous les travaux à mener et les défis à relever. Prenons l'exemple de la mission Rosetta : ce sont au bas mot 23 ans d'efforts et de travaux, menés dans les coulisses, par les équipes de scientifiques, avant d'obtenir des résultats spectaculaires.



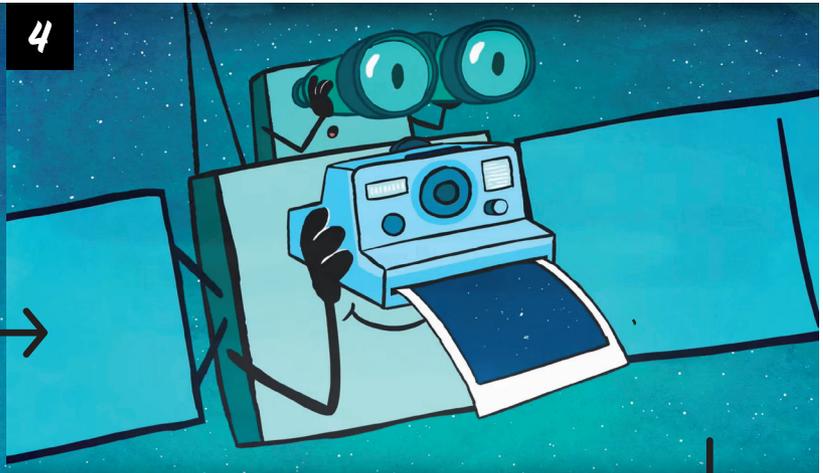
**1** Rosetta, ce sont au moins onze années de préparation. La mission a été « sélectionnée » en 1993. Son objectif initial : atteindre la comète 46P/Wirtanen. Suite au report d'un an du lancement de Rosetta, c'est finalement la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko (Tchouri) qui a été choisie.

**2** Le 2 mars 2004 au petit matin, Rosetta s'élève depuis le port de lancement de Kourou, en Guyane française. Rosetta pèse 2,9 tonnes – dont 1,7 tonne de carburant – et est équipée de panneaux solaires d'une envergure totale de 32 mètres. Elle emmène à son bord l'atterrisseur Philae, ainsi que 11 instruments de mesure.

**7** Les observations de la comète par la sonde Rosetta se sont poursuivies jusqu'en septembre 2016, date prévue pour un « atterrissage » de la sonde sur Tchouri. Cette ultime étape signe la fin de vie de Rosetta, après plus de douze années de bons et loyaux services.

**8** Le résultat des observations du noyau de la comète Tchouri suscite un immense espoir : résoudre le mystère des origines de notre système solaire et mieux comprendre les mécanismes régissant la formation de systèmes planétaires autour d'autres étoiles. La composition des comètes est la même que celle du système solaire à ses premiers stades, il y a plus de 4 600 millions d'années, alors qu'il était encore en gestation.

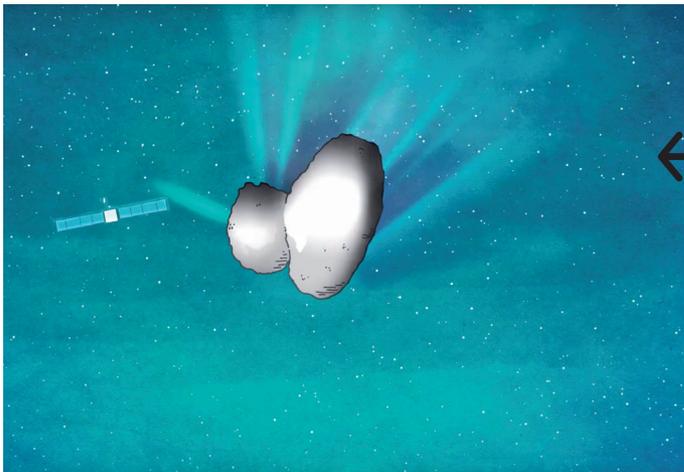




**3** Avant de parvenir à proximité de Tchouri, Rosetta a survolé trois fois la Terre et une fois Mars, puis s'est approchée des astéroïdes Steins et Lutetia. Elle a fait cinq passages à proximité du Soleil et parcouru 6,4 milliards de kilomètres.

**4** Un total de 50 sous-traitants et 2 000 personnes issus de 14 pays ont travaillé sur la mission. Coût global de l'opération : 1,4 milliard d'euros, dont 200 millions pour le seul module Philae. La mission est menée par l'ESA, grâce aux contributions de ses Etats membres et de la NASA.

**5** Rosetta a procédé pendant deux mois à une cartographie exhaustive de la surface de la comète, ainsi qu'à d'importantes mesures de sa gravité, de sa masse et de sa forme. Elle a étudié par ailleurs son atmosphère gazeuse, chargée de poussières, appelée coma. L'orbiteur a quant à lui analysé l'environnement plasmique et ses interactions avec l'atmosphère extérieure du Soleil, le vent solaire.



**6** L'atterrisseur Philae tire son nom d'une île du Nil où fut trouvé l'obélisque sur lequel figurait l'inscription qui a permis de déchiffrer la pierre de Rosette. Rosetta est arrivée à proximité de la comète Tchouri le 6 août 2014, et après une première étude et la sélection d'un site d'atterrissage, Philae a été largué vers la surface de la comète, le 12 novembre 2014.

**En savoir plus**

Voir et revoir les aventures très spatiales de Rosetta & Philae : <http://bit.ly/1tADJw8>



### A qui appartient l'espace ?

De nombreux entrepreneurs, parfois célèbres, souvent très riches, se sont lancés ces dernières années dans l'aventure spatiale, avec des motivations très diverses. Le lanceur SpaceX (Elon Musk), les vols habités de Virgin Galactic (Richard Branson), la fusée New Shepard de la société Blue Origin (Jeff Bezos)... comptent parmi les centaines de projets que l'on recense, sous le terme de « New Space ». De son côté, le Luxembourg veut attirer sur son territoire des entreprises spécialisées dans l'exploitation des ressources des astéroïdes.

### L'Overview effect

En partant dans l'espace, nous avons découvert... la Terre et pris conscience de sa beauté, de sa fragilité. C'est l'Overview effect. « Un des textes qui parlent de voyage spatial avant le XVII<sup>e</sup> siècle est celui de Lucien de Samosate (vers l'an 120), raconte Jacques Arnould. Son héros prend une aile de vautour et va sur la Lune. Et la première chose qu'il fait, c'est regarder la Terre. Le premier mot de Gagarine, c'est « Ô qu'elle est belle ! » Elle est notre référence, pour longtemps encore ».

## « Les instances spatiales doivent intégrer une démarche éthique »

**Pourquoi allons-nous dans l'espace ? Qu'allons-nous y faire ? Y a-t-il des limites éthiques à l'exploration spatiale ? Nous avons posé ces questions à un spécialiste, Jacques Arnould.**

### AVANT D'ALLER DANS L'ESPACE, L'HOMME A ÉTÉ À LA FOIS ATTIRÉ ET EFFRAYÉ PAR CELUI-CI. POURQUOI ?

Toutes les cultures ont de l'attraction et de l'effroi à l'égard du ciel. C'est présent dans les premières représentations artistiques, dans la mythologie, dans les cosmogonies... Dans la tradition européenne, jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, ce qui était au-dessus de nous était un cosmos inatteignable, approchant la perfection, le quasi-divin. C'est avec Kepler que l'on a réalisé que le cosmos et la Terre étaient un tout, que l'on pourrait un jour explorer.

### NE FAUT-IL PAS ARRÊTER DE « SOUILLER » L'ESPACE ?

Nous avons une vision du ciel comme un lieu parfait, sacré. Quand nous envoyons des satellites, nous ne le faisons pas pour souiller l'espace, mais par soif de connaissance. Lancer Hubble pour prendre des images de l'univers, c'est un voyage extraordinaire. Les satellites tournés vers la Terre, c'est pour mieux vivre ensemble. Le sacré ce n'est pas ne rien toucher. C'est ne pas faire n'importe quoi, n'importe comment.



### FAUT-IL COLONISER L'ESPACE ?

La question se pose depuis le début de l'entreprise spatiale. Certains sont hostiles à cette idée. D'autres disent que l'exploration spatiale est la quête du vivant. La question n'est pas de savoir si nous avons le droit, mais de savoir si nous nous donnons ce droit.

### QU'EN EST-IL DE L'EXPLOITATION DES MINÉRAIS SPATIAUX ?

Les projets américain et luxembourgeois sont l'occasion de revisiter le droit spatial, qui a donné historiquement une grande place aux Etats. Aujourd'hui les entreprises privées proposent des services efficaces et moins coûteux, avec l'idée que le spatial rapporte, dans une logique libérale. Qu'allons-nous faire de l'esprit des pionniers du spatial, qui voulaient que l'espace soit un bien commun de l'humanité ? Le débat ne fait que commencer.

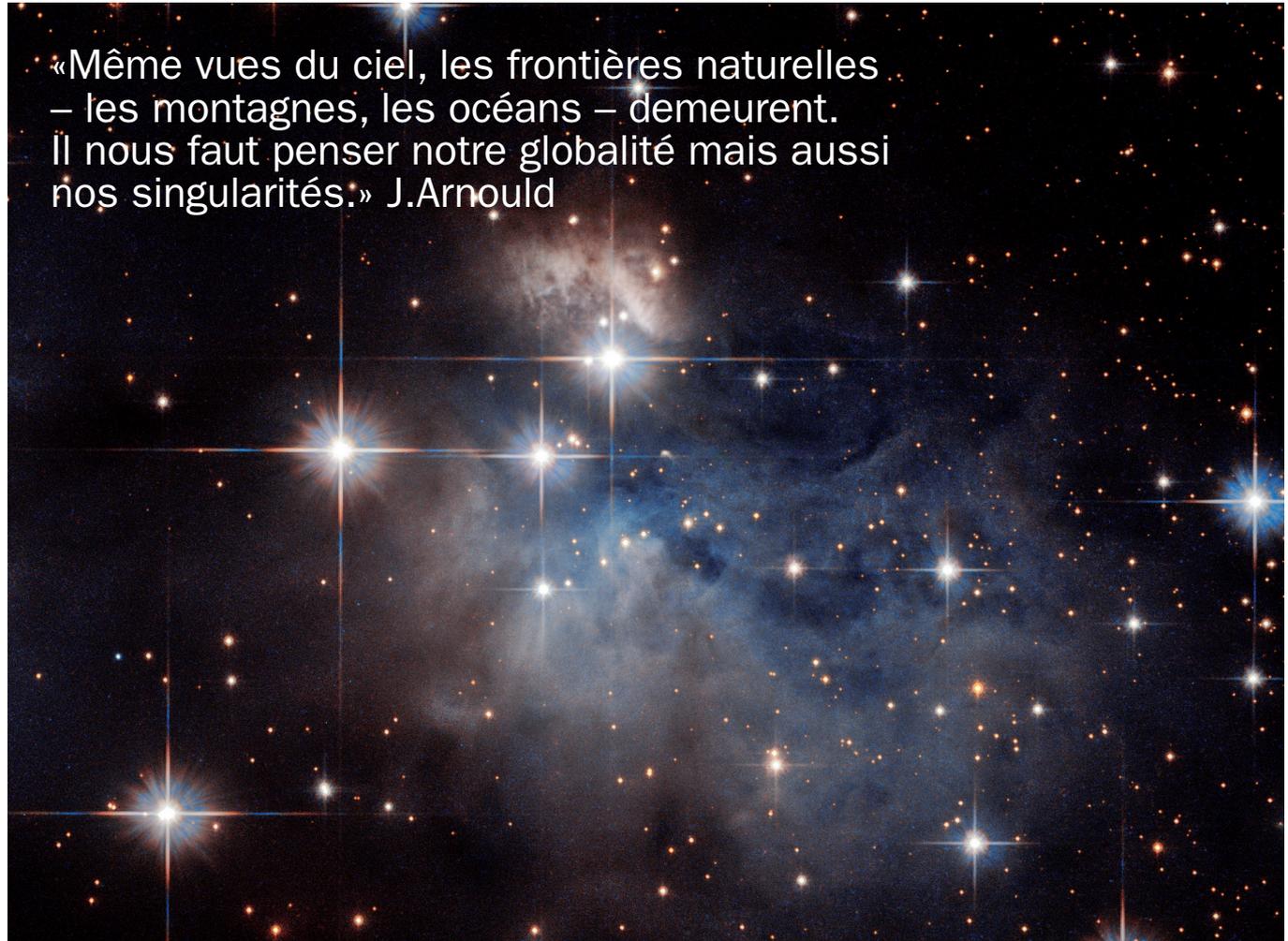
### DIRIEZ-VOUS QUE LE DROIT SPATIAL PROPOSE UNE FORME DE CITOYENNETÉ DU MONDE ?

D'une certaine manière. On retrouve cette notion de patrimoine commun de l'humanité dans les fonds sous-marins ou en Antarctique. Mais même vues du ciel, les frontières naturelles – les montagnes, les océans – demeurent. Il nous faut penser notre globalité mais aussi nos singularités.

### FAUT-IL ENVOYER DES HUMAINS DANS L'ESPACE ?

Je n'ai pas trouvé de bonne philosophie de l'exploration. La question des vols habités ne cessera jamais de se poser. L'éthique permet d'éclaircir la situation, de l'enrichir, pour faciliter la prise de décision. En fonction des époques et des moyens, nous appor-

«Même vues du ciel, les frontières naturelles – les montagnes, les océans – demeurent. Il nous faut penser notre globalité mais aussi nos singularités.» J.Arnould



terons une réponse. Aujourd'hui les Européens répondent oui, dans le cadre d'une coopération, car cela demande des moyens exceptionnels.

**LES CITOYENS BÉNÉFICIENT DES NOMBREUSES DONNÉES PROVENANT DES SATELLITES, MAIS QUI CONTRÔLE CELA ? N'Y A-T-IL PAS UN RISQUE DE BIG BROTHER ?**

Oui. L'expertise des techniciens doit être apportée dans un cadre plus général de réflexion, avec tous les acteurs de la société. A mon sens, la question n'est pas tant celle de la vie privée. Ce qui me semble plus important, c'est la responsabilité que donne la connaissance de ces données à ceux qui les détiennent.

**J'INSISTE : JUSQU'À PRÉSENT, L'HISTOIRE N'AVAIT JAMAIS « OFFERT » LA POSSIBILITÉ**

**D'ASSOCIER DES RÉGIMES TOTALITAIRES AVEC DES TECHNOLOGIES AUSSI INTRUSIVES ET SOPHISTIQUÉES...**

Le risque d'un *Big Brother* très supérieur à celui d'Orwell existe effectivement. Cette question est fondamentale. Et il n'y a pas que les Etats. Aujourd'hui Google sait beaucoup sur moi. Ce n'est qu'un début. L'éthique ne répond pas à ces questions mais permet de les poser et de les partager.

**N'EST-IL PAS INDISPENSABLE D'INTÉGRER CES QUESTIONNEMENTS DANS LES PROCESSUS DE DÉCISIONS TECHNIQUES ?**

Si l'on ne sait pas où l'on va, alors on se plante. La première question à se poser c'est : pour quelle raison et dans quel but faisons-nous cela ? Ma conclusion, c'est que la démarche éthique doit être explicitement présente dans les instances spatiales. ©

**Jacques Arnould** est expert éthique au CNES, le Centre français d'études spatiales, et auteur du livre « *Demain l'espace* ».

**En savoir plus**

Vous pouvez prolonger la lecture de cet article avec le livre « *Demain l'espace* », écrit par Jacques Arnould (éditions du Cherche-Midi, en français). Plus d'infos : <https://spacegate.cnes.fr/fr/demain-l-espace> Sur l'overview effect regarder : [www.blueturn.earth](http://www.blueturn.earth)

# Ma journée (de galère) sans satellite

Une panne géante et générale des satellites a provoqué une pagaille planétaire jamais vue. Retour sur une journée incroyable. (Ceci est une fiction)



**4h53 heure de Bruxelles** L'équipe d'astreinte de l'ESA s'interroge : un grand noir s'affiche soudain sur plusieurs écrans. Les images produites par de nombreux satellites d'observation de la Terre semblent ne plus être transmises. Une cellule de crise est déclenchée.

**5h45** Le contact est établi avec les équipes homologues de la NASA. Celles-ci ont constaté le même phénomène. Toutes les transmissions satellites semblent avoir « sauté ».

**8h00** Les journaux radios ouvrent par cette incroyable nouvelle : une panne toucherait l'ensemble des satellites en activité autour de la Terre. 857 d'entre eux sont actuellement hors service de façon certaine.

**9h42** Après l'Asie et la Russie, de grandes villes d'Europe sont touchées par des embouteillages monstres. Aux abords de grands centres logistiques, à Rotterdam (Pays-Bas), Hambourg (Allemagne), Barcelone (Espagne) et Rungis (France), des flottes de poids lourds sont immobilisées. Automobilistes et chauffeurs routiers ont perdu l'habitude de la bonne vieille carte papier. Or, en l'absence de signal satellite, les systèmes GPS sont en panne.



Les journaux télévisés annoncent la nouvelle : 857 satellites sont en panne.



**13h50** Les services météo des Etats-Unis sont en panique. En pleine saison des cyclones, les prévisions à quelques jours deviennent plus qu'incertaines. En l'absence de satellite, les informations transmises par les ballons sondes et les compagnies aériennes sont bien maigres. La Maison Blanche convoque une réunion de crise pour envisager l'évacuation préventive de plusieurs grandes villes de Floride.



**15h50** La liste des entreprises contraintes de mettre – au moins pour quelques jours – leurs salariés en chômage technique, s'allonge. Sans les outils connectés au GPS, les chantiers de terrassement, de construction de ponts et tunnels, de bâtiments... sont stoppés. Il va falloir revenir aux ins-

truments de mesure du XX<sup>e</sup> siècle. D'anciens salariés à la retraite sont appelés en renfort.



**17h00** En plein Jeux Olympiques, la retransmission en direct est devenue impossible. Le prix des billets grimpe en flèche. Aller au stade est devenu le seul moyen de suivre la compétition.

**18h45** Faute de pouvoir se synchroniser, des services financiers sont coupés, des distributeurs automatiques de billets ne fonctionnent plus, des oléoducs cessent de transporter l'or noir, des agriculteurs ne peuvent plus guider leurs tracteurs précisément. C'est une grande partie de la sphère économique qui semble paralysée.

**19h27** Les agences spatiales du monde entier publient un communiqué commun. La panne a été identifiée. L'ensemble des satellites ont été touchés. A l'origine de l'incident, une gigantesque éruption solaire non anticipée. Il faudra une semaine pour que les choses rentrent dans l'ordre.

## En savoir plus

Un faux journal télévisé traitant d'une panne de satellites, à voir (en Français) : <http://bit.ly/28W3iNy>