



# Idées débats, tribunes

## Jean-Loup Puget

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,  
ASTROPHYSICIEN

### L'exploration spatiale, pour que l'homme connaisse son Univers

Dans le cadre de notre partenariat avec l'Académie des sciences, des académiciens vont expliquer les nouvelles dimensions de l'observation scientifique en ce XXI<sup>e</sup> siècle. Une série pour comprendre comment, grâce aux progrès scientifiques et technologiques, se révèle un monde nouveau.

■ À quoi sert l'exploration spatiale ? Pourquoi dépenser des milliards d'euros pour envoyer hommes et sondes dans le Système solaire ou scruter les confins de l'Univers ? Réponses d'un des plus éminents spécialistes de ces sujets, Jean-Loup Puget, de l'Académie des sciences, directeur de recherche émérite au CNRS, chercheur en astrophysique et cosmologie, responsable scientifique de l'instrument haute fréquence de la mission Planck, qui a cartographié le fond cosmologique émergent du big bang.

L'exploration spatiale recouvre deux types d'exploration. L'exploration au sens de l'exploration de la Terre qui, depuis l'Antiquité, est celle des explorateurs à la recherche de terres et de mers inconnues, mais aussi de sociétés humaines et d'espèces animales ou végétales ignorées. L'exploration de l'espace proche, en s'arrachant à l'attraction de la Terre, est très récente. Elle a débuté avec le lancement par l'URSS du premier satellite, Spoutnik 1 en 1957, et le premier homme dans l'espace, Youri Gagarine, en 1961. Cela reste

la surface de la Terre (la distance de Paris à Lyon, moins d'un dixième du rayon de la Terre !). Le Français Thomas Pesquet y séjourne depuis novembre 2016 pour six mois.

#### VOLS HABITÉS ?

Les activités dans la station ne sont pas à proprement parler de l'exploration de l'espace, compte tenu de la zone dans laquelle cette station circule. Mais on y exploite l'absence de gravité pour y faire des expérimentations de physique, mais aussi médicales pour mieux comprendre la physiologie humaine. L'autre

deux ans, et il est très difficile de protéger les cosmonautes des radiations ionisantes de haute énergie. Les sondes automatiques vers les planètes ont commencé très tôt avec le premier survol de Vénus et Mars par les sondes Mariner en 1962 et 1964. Elles ont montré que Mars n'est guère accueillante. Cette exploration s'est développée de façon spectaculaire au cours des soixante ans qui ont suivi et c'est le moyen le plus efficace de faire la planétologie du Système solaire. Voyager 1, lancée en 1975, est aujourd'hui dans le milieu interstellaire et elle sortira du nuage des comètes lointaines entourant le Système solaire, le nuage de Oort, dans trente mille ans. Au-delà du Système solaire, l'exploration in situ par des sondes, même automatiques, n'est donc pas une bonne solution.

#### *Les humains dans l'espace sont restés dans la proche banlieue de la Terre, en particulier dans l'ISS.*

« la proche banlieue » de la Terre. Il faudra moins de dix ans pour que, le 21 juillet 1969, Neil Armstrong soit le premier à poser le pied sur la Lune. Depuis la fin du programme Apollo (1972), aucun humain n'a marché sur une autre planète. Un peu plus de soixante ans plus tard, où en est l'exploration spatiale ? Les humains dans l'espace sont restés dans cette proche banlieue de la Terre, en particulier dans la Station spatiale internationale (ISS), au coût total de 140 lancements et 150 milliards de dollars, à 400 km de

objectif de la Station spatiale internationale, ou de ce qui pourrait lui succéder, est de préparer des voyages interplanétaires vers Mars. Quelle priorité donner à de tels voyages ? D'un côté, on dit que l'humanité a toujours exploré des espaces nouveaux dès que cela a été possible, par exemple les pôles. Mais, de l'autre, l'utilité et la faisabilité des vols interplanétaires habités au-delà de la Lune, qui n'a pas été revisitée depuis près de cinquante ans, sont douteuses. Un voyage vers Mars sera long, plus de

#### DE HYUGENS À ROSETTA

Les questions fondamentales auxquelles l'exploration automatique du Système solaire veut apporter des réponses sont la formation du Système solaire et de ses planètes, la recherche de forme de vie extraterrestre, ou de chimie prébiotique pouvant donner des contraintes observationnelles sur l'origine de la vie sur Terre. L'Europe et la France jouent un rôle important dans ces recherches. L'Europe a accompli, en 2004, un exploit en posant la



## POUR EN SAVOIR PLUS

LE SITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES :  
[WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR](http://WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR)

SUR LE SITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES :  
RAPPORT « LES SCIENCES SPATIALES - ADAPTER LA RECHERCHE FRANÇAISE AUX ENJEUX DE L'ESPACE », SOUS LA DIR. DE JEAN-LOUP PUGET, EDP SCIENCES, 2010.

LA MESURE DU MONDE :  
[https://www.researchgate.net/publication/279830193\\_La\\_mesure\\_du\\_monde\\_Eratosthene\\_et\\_Ptolemee](https://www.researchgate.net/publication/279830193_La_mesure_du_monde_Eratosthene_et_Ptolemee)

RACHEL BARRANCO / CNES

sonde Huygens sur le plus gros satellite de Saturne, Titan, à plus d'un milliard de kilomètres de la Terre, après un voyage de sept ans sur la sonde Cassini de la Nasa. L'année dernière, la sonde Rosetta de l'ESA, emportant l'atterrisseur Philae, lancée en 2004, a rejoint la comète Churyumov-Gerasimenko au-delà de l'orbite de Jupiter. Rosetta a accompagné la comète pendant sa descente vers le Soleil et Philae s'est posé sur la comète le 12 novembre 2014.

### OBJECTIF MARS

Les sondes automatiques ont été largement utilisées pour l'exploration de Mars. Deux exemples montrent le rôle des équipes françaises dans des missions récentes. Sur la sonde Mars Express de l'ESA, en orbite autour de Mars depuis 2003, le spectro-imageur français Omega fait progresser de façon spectaculaire les questions concernant l'histoire de l'eau sur Mars. Sur le rover Curiosity (Nasa), qui circule sur Mars depuis 2012, l'expérience ChemCam, développée par un laboratoire français, analyse chimiquement des échantillons de sol grâce à un laser qui vaporise une petite quantité de matière et l'analyse par spectroscopie. Pour l'avenir, l'Europe est engagée dans le programme ExoMars avec la Russie pour un retour d'échantillons.

L'autre forme d'exploration spatiale consiste à « seulement » observer, mesurer et comprendre l'Univers par les mouvements des astres – car y envoyer des hommes ou des robots n'est pas possible. Cet Univers ainsi mesuré et compris s'est agrandi depuis l'Antiquité (lorsque les rayons de la Terre et de la Lune et leur distance ont été mesurés par Eratosthène et Aristarque) au Sys-

teme solaire, puis aux distances des étoiles. L'ensemble des étoiles de la Voie lactée (notre Galaxie) est fini, en gros 100 000 années-lumière, et il constituait l'Univers connu au début du XX<sup>e</sup> siècle. La récession des galaxies a montré un Univers en expansion avec un âge fini d'environ dix milliards d'années, posant les questions sur la formation et l'évolution des galaxies et le début de l'Univers.

## *Les satellites sont essentiels pour étudier le début de l'Univers, pour valider ou infirmer les hypothèses.*

Les télescopes emportés au-dessus de l'atmosphère par des satellites permettent de commencer à répondre à ces questions. Ils ont permis de mettre en évidence les trous noirs dont la lumière ne peut s'échapper mais qui sont détectés par la matière accrétée, visible, elle,

en rayons X, que l'atmosphère terrestre absorbe. Une nouvelle génération de grands télescopes spatiaux arrive : pour le domaine visible et infrarouge, le télescope spatial Hubble (2,4 m) sera supplanté par le JWST (6,5 m, Nasa) qui permettra de détecter et étudier la première génération de galaxies. Pour le domaine des rayons X, l'observatoire Athena (ESA) dévoiera l'histoire des trous noirs ultra-massifs au centre des galaxies. L'astronomie des ondes gravitationnelles initiée par la première mesure de l'onde gravitationnelle issue de la fusion de deux trous noirs par l'observatoire au sol Ligo sera suivie, dans l'espace, par l'observatoire d'ondes gravitationnelles Lisa (ESA) qui complètera l'apport de l'observatoire Athena en permettant d'observer les fusions de trous noirs au début de l'Univers.

### L'ORIGINE DE L'UNIVERS

On a détecté, au-delà des galaxies, le « fond cosmologique » qui provient de l'Univers avant la formation des premiers objets. Ce fond se

trouve dans les fréquences des micro-ondes ; il présente une intensité maximum à très haute fréquence où l'atmosphère devient opaque. Les satellites sont donc essentiels pour étudier le début de l'Univers. À la suite de deux missions de la Nasa, avec la mission Planck (ESA), l'instrument principal français a maintenant mesuré ce fond avec une extrême précision, confortant l'hypothèse d'une phase dite d'inflation, à l'origine de l'expansion de l'Univers, et des fluctuations quantiques qui ont ensuite engendré toutes les structures de l'Univers sous l'effet de la gravité.

L'exploration spatiale a bien sûr des retombées technologiques, par exemple les développements en robotique pour les sondes automatiques explorant le Système solaire, et des retombées sociétales en sciences de la Terre (par exemple, le réchauffement climatique mesuré depuis l'espace via l'augmentation du niveau des océans, ou encore l'observation des gaz à effet de serre par les projets spatiaux à venir). La recherche spatiale a aussi un apport culturel fondamental en s'attaquant et en répondant par étapes aux questions des origines : de la vie, de la Terre, du Système solaire et des autres systèmes planétaires et finalement de l'Univers. Cela vaut bien un euro par an et par Européen. ★