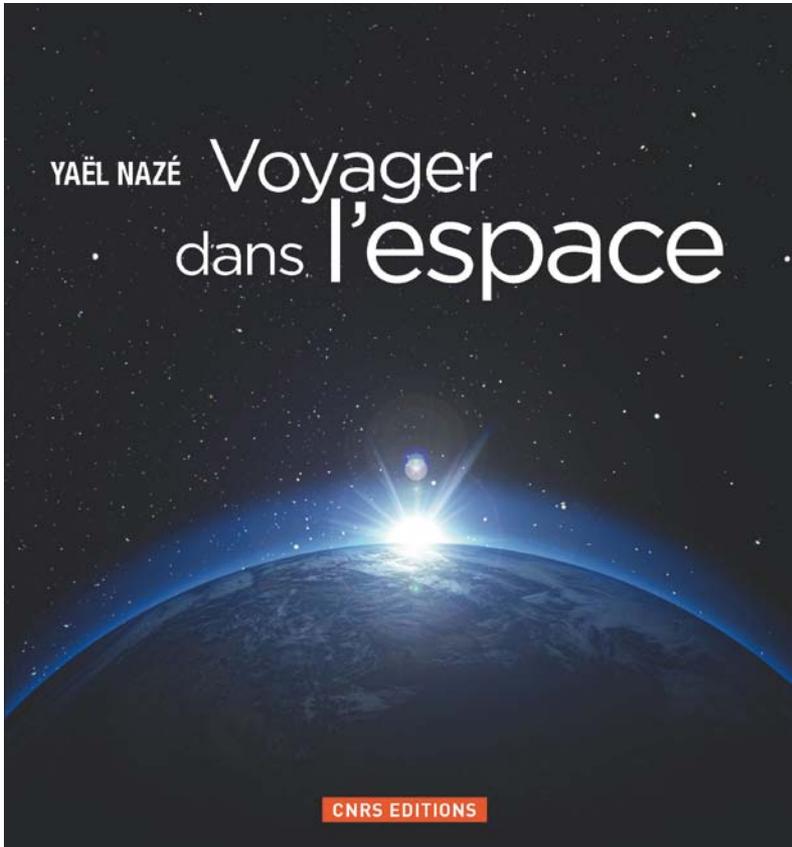
The background of the cover is a deep blue space filled with numerous small white stars. In the lower half, the curved horizon of the Earth is visible, showing dark landmasses and white clouds. A bright, glowing light source, likely the sun, is positioned just above the horizon, creating a lens flare effect with several rays of light. A small, blue and white satellite or probe is visible in the upper center, appearing to orbit or approach the Earth.

YAËL NAZÉ **Voyager**  
dans **l'espace**

**CNRS EDITIONS**

Extrait de la publication



L' aventure spatiale ne date pas d'hier. Tout a commencé avec un pigeon et des feux d'artifice avant que la Seconde Guerre mondiale puis la Guerre froide n'ouvrent l'âge des fusées et n'offrent à l'humanité de réaliser son vieux rêve : aller dans l'espace.

L'espace est à la fois proche – cent kilomètres à peine au-dessus de nous – et presque hors de portée. En effet, ce sont cent kilomètres qu'il faut parcourir verticalement, en bravant la loi de la gravité. Quand s'arracher du sol quelques secondes n'est déjà pas une mince affaire, le quitter complètement est un défi, relevé depuis quelques décennies seulement.

Aujourd'hui, alors qu'aller fureter dans le Système solaire paraît presque banal, chaque départ de lanceur reste un véritable exploit technologique et humain. Le livre de Yaël Nazé explique quels innombrables problèmes il faut résoudre

pour se lancer dans cette aventure : comment choisir la bonne route dans un univers où tout est en mouvement et où les lignes droites n'existent pas ? Pourquoi faut-il décoller à un moment, pas à un autre ? Quel est le prix de la conquête spatiale ? Quels en sont les risques pour les hommes et les machines ? Et d'ailleurs... pourquoi aller dans l'espace ?

Un guide passionnant pour tous les amoureux de l'aéronautique et des étoiles.

*Spécialiste des étoiles massives, récompensée plusieurs fois pour ses actions de vulgarisation scientifique, Yaël Nazé est astrophysicienne FNRS au « Liège Space Research Institute » de l'Université de Liège.*

**JEU DISPONIBLE SUR LA VERSION PAPIER.**

# VOYAGER DANS L'ESPACE



**Yaël Nazé**

# VOYAGER DANS L'ESPACE

**CNRS ÉDITIONS**

Extrait de la publication

© CNRS Editions, Paris, 2013  
ISBN : 978-2-271-07888-9

Extrait de la publication

# Table des matières

|   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|
| 1. Introduction .....                                   | 7   | 7. Les aléas du voyage .....            | 117 |
| 2. Du rêve à la réalité .....                           | 9   | <i>Vide, vous avez dit vide ?</i> ..... | 117 |
| <i>Du pigeon au missile</i> .....                       | 9   | <i>Un mélange électrique</i> .....      | 118 |
| <i>Quelques figures marquantes</i> .....                | 14  | <i>Un si joli Soleil</i> .....          | 118 |
| 3. Et en pratique.....                                  | 29  | <i>Petit mais costaud</i> .....         | 120 |
| <i>Après tout, on est si bien chez soi, non ?</i> ..... | 29  | <i>Poussières et poubelles</i> .....    | 123 |
| <i>Une mission n'est pas l'autre</i> .....              | 33  | <i>Contraintes en tout genre</i> .....  | 130 |
| <i>Parlons chiffres</i> .....                           | 36  | <i>Mais encore...</i> .....             | 131 |
| 4. Les avenues spatiales .....                          | 41  | 8. De la réalité au rêve .....          | 137 |
| <i>Pas de deux</i> .....                                | 41  | Bibliographie .....                     | 139 |
| <i>Valse à trois</i> .....                              | 51  | Remerciements.....                      | 141 |
| <i>Visite à la voisine</i> .....                        | 53  | Du même auteur .....                    | 141 |
| <i>Il faut partir à l'heure</i> .....                   | 58  | Jeu .....                               | 143 |
| 5. Le moyen de transport .....                          | 61  |   |     |
| <i>Toujours plus vite</i> .....                         | 61  |   |     |
| <i>Aussi rapide qu'une... fusée</i> .....               | 63  |   |     |
| <i>Transports en tout genre</i> .....                   | 72  |   |     |
| 6. Les valises bien remplies .....                      | 83  |   |     |
| <i>Le squelette et le cerveau</i> .....                 | 83  |   |     |
| <i>L'énergie vitale</i> .....                           | 85  |   |     |
| <i>Il fait pas un peu chaud ici ?</i> .....             | 87  |   |     |
| <i>Fais attention où tu mets les pieds !</i> .....      | 89  |   |     |
| <i>Allo Mars, ici la Terre...</i> .....                 | 94  |   |     |
| <i>Ma raison d'être</i> .....                           | 100 |   |     |
| <i>Les différentes façons de tomber</i> .....           | 108 |   |     |



# 1. Introduction

*La Terre est le berceau de l'humanité, mais on ne passe pas sa vie au berceau. (C. Tsiolkovsky)*

Cent kilomètres, c'est la distance qui nous sépare de l'espace.

Une paille! Il faut moins d'une heure en voiture sur l'autoroute pour les parcourir! Nous voyageons plus loin que cela lors d'un simple week-end de vacances, et allons parfois plus loin, quotidiennement, pour travailler.

Vu comme ça, l'espace paraît être la porte à côté! Et pourtant...

Cent kilomètres, oui, mais *verticalement*, pas horizontalement, et c'est là toute la différence. S'arracher du sol quelques secondes ou quelques heures n'est déjà pas une mince affaire, alors le quitter complètement, n'en parlons pas!

Ou plutôt si, parlons-en, et sans tabou.

Comment y est-on arrivé? L'aventure spatiale ne date pas d'hier. Tout a commencé avec un pigeon et des feux d'artifice, puis a continué dans les sales tranchées guerrières. Au final, un espace plus pacifique est né, grâce à des personnalités marquantes.

Pourquoi y va-t-on? On est si bien chez soi... et pourtant, l'espace possède des avantages à nul autre pareil! Oui, l'espace est utile, et surtout très intéressant: commerce, espionnage ou découverte scientifique – on trouve des raisons pour tout.

Quelle voie faut-il suivre? On ne se déplace pas comme on veut dans l'espace.

Comment rejoindre l'eldorado spatial? Même si l'espace commence à devenir une destination touristique, on n'y arrive pas en charter ou en voiture familiale... Bien sûr, il y a la fusée, mais elle n'est pas le seul moyen de transport disponible! Quant au trajet, il dépend du but recherché, mais aussi du prix que l'on est prêt à payer: on a le choix entre autoroute et petite route de campagne.

Qu'emporter dans l'espace? Faire ses valises n'est jamais simple, il ne faut surtout rien oublier... C'est pareil pour une mission spatiale, sauf qu'on risque la mort en cas d'oubli.

Quels sont les risques? Voyager comporte toujours des risques, que ce soit sous les tropiques ou dans l'espace. Le danger le plus grave: les poubelles... Eh, oui, les problèmes environnementaux existent aussi dans l'espace!

Et puis, bien sûr, combien ça coûte? Plus cher qu'un aller-retour Paris-Nice en grosse cylindrée, c'est sûr, mais comparé à d'autres secteurs, est-ce vraiment hors de prix? L'espace européen, c'est l'équivalent d'un ticket de cinéma par an pour chaque habitant: pas très cher payé pour une telle aventure...

Ce livre tente de dévoiler toutes les facettes du voyage spatial, sans oublier que les principaux explorateurs restent, encore aujourd'hui, des robots et non des humains...

Quel que soit le passager, une chose est sûre, cependant: le voyage spatial est une aventure trépidante et passionnante, un défi de chaque instant!



■ 24 juillet 1950, Bumper-V2, premier missile lancé depuis Cap Canaveral. © Nasa.

## 2. Du rêve à la réalité

*Mon enfant, ma sœur, songe à la douceur  
d'aller là-bas vivre ensemble. (Ch. Baudelaire)*

Qui dit voyage dans l'espace dit fusée. Dans ce domaine, l'image d'Épinal est high-tech, avec une grosse machinerie sur fond de décompte «3-2-1, décollage». Oui, c'est vrai, il faut une impressionnante technologie pour explorer l'espace. Cependant, les humains rêvent d'arpenter le ciel depuis des millénaires, et ils ont multiplié les essais pour atteindre ce Graal. Les origines de l'aventure spatiale sont donc

anciennes, avec des accents tantôt mythiques, tantôt guerriers... En fait, tout commence par un pigeon et se termine par un missile!

### DU PIGEON AU MISSILE

#### *Débuts traditionnels*

Quel que soit le domaine, il y a toujours un «Grec» qui y a pensé. Les mauvaises langues ajouteront qu'on peut tout aussi sûrement en trouver un autre qui pensait exactement le contraire, mais soit: commençons par les Grecs. Pour la propulsion de type «fusée», on connaît deux gagnants à ce petit jeu.

Le premier s'appelle Archytas (428-347 av. J.-C.). D'après les écrits d'un Romain, Aulus Gellius, ce brave homme aurait réussi le prodige de faire voler... un pigeon. Bon, dit comme ça, cela semble ridicule, mais entrons un peu dans les détails. Ce pigeon n'était évidemment pas le volatile habituel – il n'y aurait eu aucune surprise à le voir voler: il s'agissait d'une petite statue à son effigie, en bois ou en argile. L'animal était creux, contenait

de l'eau, et possédait une évacuation à l'arrière, à l'endroit habituel. Suspendu à un fil, il était placé au-dessus d'un feu. Le miracle se produisait alors: le pigeon se déplaçait vers l'avant... Magie? Non, science des fusées! L'explication est très simple: le feu chauffe l'eau, qui se transforme en vapeur et ce gaz chaud sort ensuite par le trou arrière, propulsant «par réaction» le pigeon vers l'avant (pour le principe de base de la propulsion «par réaction», voir au chapitre 5)...

Le second «Grec» qu'il faut citer est Héron d'Alexandrie (10-70). Ce philosophe et bibliothécaire a un jour créé un *éolipyle* («boule d'Éole») qui amusait la galerie. Ce mécanisme au nom barbare s'avère être une sphère creuse placée sur une casserole d'eau chauffée. Elle possède deux événements recourbés par lesquels la vapeur sort: là aussi, il y a propulsion, mais à cause de la courbure des événements, la sphère tourne au lieu d'avancer. Ce stratagème est utilisé par certains feux d'artifice pour tourner et émerveiller petits et grands avec leurs étincelles rotatives...



■ Éolipyle, in *Knight's American Mechanical Dictionary*, 1876.

Dans un cas comme dans l'autre, ces appareils furent de simples curiosités, amusantes mais restées sans suite et finalement tombées dans l'oubli. Heureusement, ce ne fut pas partout comme ça.

### Le bond en avant

S'il y a bien un pays connaisseur en matière de fusées, c'est la Chine. Déclinées de mille façons, les fusées n'ont jamais quitté la scène... Pourtant, leur histoire commence un peu par hasard. Vers l'an 850, des alchimistes d'Extrême-Orient sont à la recherche de l'élixir d'immortalité. Leur quête sera vaine, mais au cours de leurs travaux, ils découvrent un composé extraordinaire : la poudre noire. Mélange de soufre, de salpêtre et de charbon de bois, cette poudre brûle de manière spectacu-

laire en produisant du gaz chaud, très chaud – presque 4000 °C – en grandes quantités (le volume initial est multiplié par 3000). En plaçant cette poudre dans une boîte fermée de toute part, à l'exception d'une petite ouverture, on obtient le cœur d'une fusée classique (voir chapitre 5). Il ne reste plus qu'à allumer la mèche pour voir la fusée s'élancer.

Les Chinois multiplièrent les utilisations de leur invention. Nous en connaissons surtout le côté pacifique, les feux d'artifice. On ignore souvent que leur utilisation guerrière était tout aussi ancrée ! On les trouve non seulement dans l'arsenal offensif, bombes incendiaires ou fumigènes, mais aussi dans les armes de défense, fusées éclairantes ou bombe-signal.

Très rapidement, ces fusées militaires furent améliorées. Aux XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles, les Chinois leur ajoutent une tige en bambou, avec empennage et petit contrepoids, pour augmenter leur portée. Ces flèches-fusées atteignaient ainsi des cibles éloignées de 50 à 1000 m. On créa alors de véritables bataillons dédiés, avec des lanceurs portatifs. Ces batteries individuelles pouvaient compter jusqu'à 300 fusées, de manière à multiplier les dégâts par leur nombre. Grâce aux comptes-rendus officiels, on sait que des dizaines de milliers de ces engins étaient lancés lors des batailles importantes. Si leur efficacité réelle n'est pas prouvée, leur effet psychologique semble en revanche avéré : bruit assourdissant, lumière aveuglante, fumigènes empoisonnés répandaient l'effroi parmi les rangs ennemis.

Ces ingénieurs Asiatiques ne se contentèrent pas de leurs simples fusées. Ils perfectionnèrent leur invention à l'extrême, au point de leur donner des accents modernes. Ainsi, ils creusaient délicatement un trou au centre de la poudre pour en améliorer l'efficacité et la portée... comme dans nos *boosters* actuels (voir 67). Ils ajoutèrent également des ailerons, comme pour le « corbeau volant avec feu magique », un dangereux oiseau emportant des fusées sous chacune de ses ailes... un ancêtre de nos avions Mirage ou F-16, voire de nos drones puisqu'ils n'étaient pas pilotés. Enfin, tout comme les ingénieurs modernes (voir 66), ils multiplièrent les étages (dès le XIV<sup>e</sup> siècle !) en superposant des fusées de manière à amé-



■ La première trace écrite de la formule de la poudre noire. Manuscrit chinois Wujing Zongyao, 1044.



■ Wan Hu prend son envol.

liorer leur portée, comme pour le «dragon de feu sortant de l'eau», précurseur des missiles Exocet...

On raconte même qu'ils pensèrent au transport vers l'espace. Un officiel appelé Wan-Hu aurait ainsi attaché 47 fusées à l'une de ses chaises. Ses assistants devaient les allumer toutes en même temps, pour propulser l'auguste dignitaire vers les cieux. On ne sait s'il les atteignit, mais il y eut beaucoup de fumée et beaucoup de bruit à l'allumage, et quand le brouillard se dissipa, Wan-Hu et sa chaise avaient disparu...

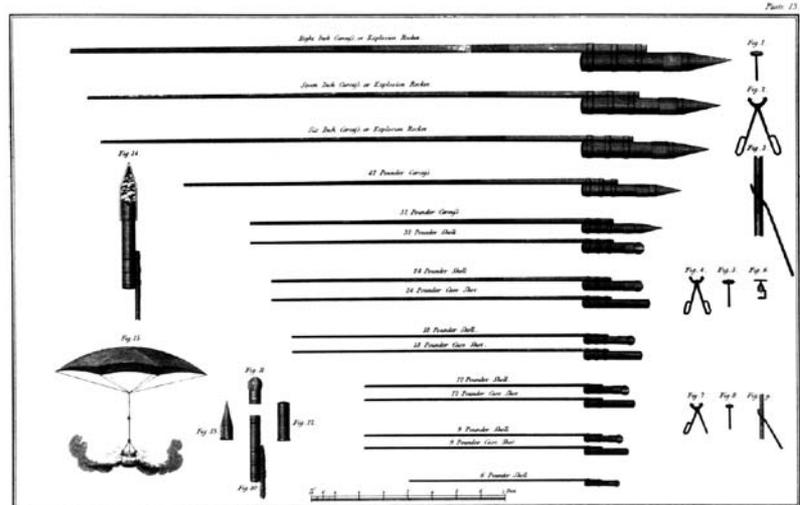
### L'Occident découvre

Au fil des échanges, en général peu amicaux, la connaissance des fusées se répandit hors de Chine. D'abord en Mongolie et en Inde, puis chez les Arabo-musulmans du Moyen Âge, et enfin dans nos contrées, en particulier en France aux  $xiv^e$  et  $xv^e$  siècles : Jean Froissart (1337-1405) parle de ces armes nouvelles dans ses fameuses chroniques, et les troupes de Jeanne d'Arc (1412-1431) en raffolaient, dit-on – Orléans s'en souvient encore !

Toutefois, l'utilisation des fusées comme arme de guerre diminue aux siècles suivants, pour ne revenir sous les feux de la rampe qu'à la fin du  $xviii^e$  siècle. À cette époque, les troupes du prince indien de Mysore les utilisent contre l'occupant anglais, qui réussira à en capturer quelques-unes, aujourd'hui exposées au musée d'artillerie de Londres : d'une vingtaine de centimètres de long pour quelques centimètres de large, ces fusées étaient attachées soit à des bambous de plusieurs mètres soit à des lames de sabre d'un mètre de long... Là encore, les dégâts sont avant tout psychologiques : s'il se raconte qu'une de ces fusées a tué trois hommes et blessé quatre autres, c'est surtout la confusion due à leur arrivée bruyante que soulignent les rapports de l'époque. Petit détail piquant : une fois ramenées en Angleterre, ces fusées furent

parquées dans un arsenal. Le fils du contrôleur de l'arsenal, un certain William Congreve (1772-1828), se prit de passion pour ces engins et tenta de les améliorer. Ses idées le conduisirent à imaginer des fusées de secours... ainsi que les 2 000 engins qui bombardèrent Boulogne en 1805. Son rêve d'enfant, toutefois, était de les utiliser pour propulser un ballon qui atteindrait la Lune...

En Occident aussi, l'imagination va donc bon train : dès le  $xv^e$  siècle, l'Italien Joanes de Fontana (1395-1455) transforme les fusées en torpilles, tandis que la fusée multi-étages est de nouveau imaginée par deux experts en artillerie, l'Autrichien Conrad Haas (1509-1576) et le Polono-lituanien Casimir Siemionowicz (1600-1651). Ce dispositif est aussi mis en pratique par l'Allemand Johann Schmidlap ( $xvi^e$  siècle) pour ses feux d'artifice.



■ Fusée Congrève, d'après un dessin de sir William Congreve, 1814.

## C'est parti pour la Lune... et la guerre!

Après leurs divers succès, les fusées retombèrent dans l'oubli dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Il n'y eut plus que quelques inventeurs farfelus, penseurs ingénieux ou écrivains d'avant-garde pour les garder en tête. Parmi ceux-ci, quelques figures marquantes : Fritz von Opel (1899-1971), Constantin Tsiolkovsky (1857-1935), Jules Verne (1828-1905).

Leur imagination débordante met la fusée à toutes les sauces, y compris pour la propulsion verticale, avec ou sans pilote : en 1841, Charles Golyghtly reçoit ainsi un brevet pour une machine volante propulsée par réaction, tandis qu'en 1881 Nikolai Kibalchich (1853-1881) propose, sans succès, une plate-forme habitée soulevée par des fusées, un peu à la Wan-Hu.

En 1933, les premiers plans d'une fusée habitée sont dessinés dans le cadre du projet Magdebourg de Rudolf Nebel (1894-1978) et Herbert Schaefer. Des individus enthousiastes, quoiqu'esseulés, imaginent même se passer de poudre noire, en la remplaçant par des carburants liquides, comme le Péruvien Pedro Paulet (1874-1945) ou l'Américain Robert Goddard (1882-1945), tandis que d'autres proposent d'utiliser les fusées dans un but scientifique, comme l'Allemand Alfred Maul (1864-1941), qui attache un appareil photo à une fusée en 1906 à des fins de repérage.

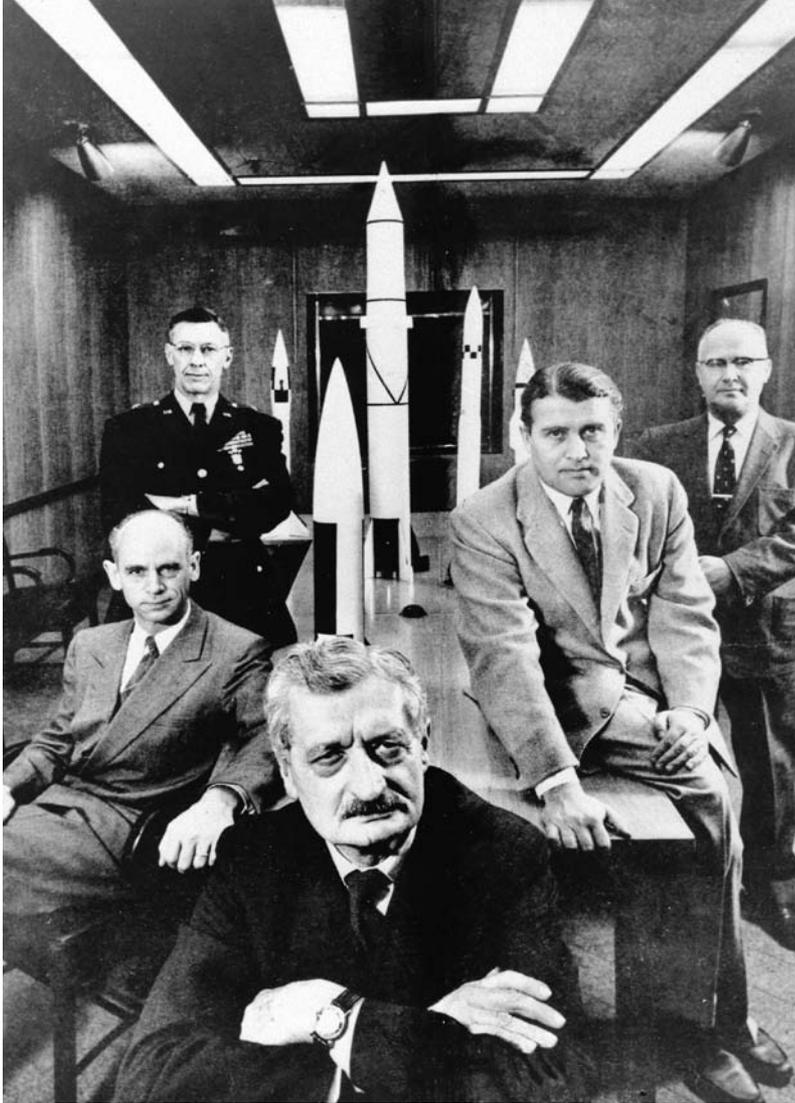
Hélas, ces esprits habiles sont généralement peu suivis par l'*establishment*, et même ridiculisés par ce dernier, ainsi que par la presse. En revanche, divers groupes de « fans de fusées », apparus dès la fin

du XIX<sup>e</sup> siècle et particulièrement nombreux dans les années 1920, suivent tous les rebondissements dans ce domaine. Ainsi la *Verein für Raumschiffahrt* (VfR, « Société pour le voyage spatial ») procéda à plusieurs essais de fusées durant sa courte vie (1927-1933). Parmi ses 500 membres, deux étoiles (teintées de noir...) du firmament spatial : Wernher von Braun (1912-1977) et Hermann Oberth (1894-1989). À la dissolution de la société, ces deux-là emmènent quelques autres membres et lancent le premier projet spatial d'envergure, financé par le gouvernement nazi. Après dix ans de travail, ils ouvrent l'ère spatiale avec l'envol du mortel V2 le 3 octobre 1942.

Récupérés tant par les Russes que par les Américains après la guerre, les équipes nazies et leurs V2 ne s'arrêteront pas en si « bon » chemin. Les performances de ces fusées galvanisent les ingénieurs et fascinent les jeunes des pays développés : beaucoup se tournent donc vers l'industrie spatiale naissante. Cette frénésie d'activité donnera naissance à divers missiles, mais aussi... aux premiers satellites : *Sputnik 1* est lancé par les Soviétiques le 4 octobre 1957, quinze ans seulement après l'ancêtre V2, suivi quatre mois plus tard par *Explorer 1*, lancé par les Américains le 31 janvier 1958. La course débute alors, en pleine Guerre froide, dont l'exploration spatiale bénéficie au-delà de toute espérance – et pour une fois, pour un projet largement pacifique ! Le public médusé assiste donc à l'envol d'animaux (la chienne soviétique Laïka le 3 novembre 1957, le singe américain Ham le



■ L'Allemand von Opel construisit des voitures, avions, et trains propulsés à l'aide de fusées. Grâce à eux, il dépassa les 200 km/h !



31 janvier 1961), puis d'hommes (le pilote soviétique Yuri Gagarine le 13 avril 1961, le pilote américain Alan Shepard le 5 mai 1961 pour un court vol suborbital, type «saut de puce», et l'Américain John Glenn le 20 février 1962 pour un véritable tour de la Terre, le pilote chinois

Yang Liwei en 2003), et enfin de femmes (la Soviétique Valentina Terechkova en juin 1963, l'Américaine Sally Ride en juin 1983, et la Chinoise Liu Yang en juin 2012).

Si les Soviétiques tiennent le haut du pavé au début de cette course, les Américains raflent ensuite la pre-

■ Inspiré par Jules Verne, Hermann Oberth (au premier plan) construit sa première fusée à l'âge de 14 ans. Ses réflexions sur le sujet l'amènent à considérer des fusées multi-étages à carburant liquide... Après des études de médecine, il multiplie les propositions, notamment de missiles durant la Première Guerre mondiale mais tout est jugé irréaliste. Sa thèse concernant les fusées explorant l'espace interplanétaire, jugée peu orthodoxe, est rejetée en 1922. Publiée l'année suivante dans un livre grand public, elle fera fureur auprès de nombreux jeunes Allemands... dont von Braun (juste derrière Oberth, à droite). Oberth servira de conseiller à Fritz Lang pour son film *La Femme dans la Lune*, de mentor au sein de la VfR, et d'associé à von Braun, y compris aux États-Unis. Revenu en Europe, il terminera sa carrière en militant dans un parti d'extrême droite. Photo Hank Walker, © Nasa/MSFC.

mière place, grâce à leur superbe atterrissage sur la Lune en 1969. Le soufflé retombe un peu après cet exploit, mais l'aventure spatiale continue de manière durable, s'ouvrant même à d'autres opérateurs : la France en 1965, le Japon et la Chine en 1970, le Royaume-Uni en 1971, l'Europe en 1979, l'Inde en 1980, Israël en 1988, l'Iran en 2009, la Corée du Nord en 2012, et la Corée du Sud en 2013 – le Brésil et l'Irak ont également fait quelques essais, infructueux jusqu'ici. Les autres pays s'associent souvent à l'une ou à l'autre de ces nations spatiales pour lancer leurs propres projets.

Entre-temps, les robots spatiaux ont eux aussi gagné leurs galons. En cinquante ans de conquête de l'espace, ils se sont posés sur la Lune

(dès la sonde soviétique *Luna 9* en 1966), sur Mars (dès les sondes américaines *Viking* en 1976), sur Vénus (avec les sondes soviétiques *Venera* dès 1970), et sur Titan (avec la sonde européenne *Huygens* en 2005) – sans oublier l'atterrissage final (quoiqu'inutile scientifiquement) de la sonde américaine *Near* sur l'astéroïde Éros en 2001. Des robots ont aussi exploré l'atmosphère de Jupiter (avec la mini-sonde américaine de *Galileo* en 1995), et ramené sur Terre des échantillons de la Lune (grâce aux missions américaines habitées *Apollo* en 1969-1972 et aux missions soviétiques robotiques *Luna* entre 1970 et 1976), du vent solaire (mission américaine *Genesis*, début du XXI<sup>e</sup> siècle), d'une comète (Wild-2 par la mission américaine *Stardust* en 2004) ainsi que d'un astéroïde (Itokawa, par la mission japonaise *Hayabusa* en 2007). Ils ont même bombardé une comète (Tempel-1 par la mission américaine *Deep Impact* en 2005)!

### Bilan actuel

À l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, où en est l'exploration spatiale? Côté vols habités, l'élan enthousiaste s'est émoussé, car on n'est finalement pas allé bien loin – 384 000 km au mieux (la Lune en 1969). En attendant de rejoindre Mars, les astronautes végètent depuis plus de quarante ans à quelques centaines de kilomètres d'altitude seulement. Ils devraient bientôt y être rejoints par de nombreux touristes. Scientifiquement, la moisson s'avère bien plus fructueuse: toutes les planètes, ainsi que quelques petits corps (lunes,

astéroïdes ou comètes), ont eu droit à une visite de l'un de nos robots, et toutes les lumières invisibles (des rayons gamma aux ondes radio, en passant par les rayons X, l'ultraviolet et l'infrarouge) ont été explorées au moins une fois, révélant un Univers violent et dynamique. Jamais notre Univers, proche ou lointain, n'a été mieux connu qu'aujourd'hui, et cela en grande partie grâce aux vaisseaux spatiaux qui ont véritablement révolutionné notre vision du cosmos. Côté commercial, c'est également un succès. Le spatial est ainsi entré dans les mœurs non seulement grâce aux cartes météo montrées chaque soir à la télévision, mais aussi *via* les télécommunications, la télévision par satellite, et les divers systèmes de positionnement (GPS et autres).

Aujourd'hui, les défis sont plus grands que jamais, quel que soit le domaine. Les rêves se multiplient: aller se balader sur Mars ou quitter enfin le Système solaire; percer les mystères du côté sombre de notre cosmos ou «voir» en détails les planètes tournant autour d'autres soleils; prospector les astéroïdes ou imaginer un futur où le spatial est encore davantage partie prenante de notre vie quotidienne... Toutefois, les problèmes ne sont pas minces: budgets publics en berne, débris spatiaux encombrants... Mais l'exploration spatiale n'a pas dit son dernier mot!

### QUELQUES FIGURES MARQUANTES

L'histoire avance grâce à des milliers de «petites mains» dont on

relate, hélas, rarement les multiples contributions. L'esprit humain aime les héros, et il faut avouer que l'exploration spatiale ne manque pas de personnages remarquables, généralement incompris, certains solaires, d'autres possédant le côté obscur nécessaire à tout bon roman!

### Jules Verne (1828–1905) et la Lune

S'il ne fallait citer qu'un seul écrivain de science-fiction – ou plutôt d'anticipation – du XIX<sup>e</sup> siècle, c'est certainement le Français Jules Verne qui viendrait à l'esprit. Ses romans ont ceci de novateur qu'ils s'appuient sur les découvertes, scientifiques et techniques, de l'époque et les transcendent pour offrir une vision *probable* d'un futur proche.

Parmi ses ouvrages, on compte une paire spatiale: *De la Terre à la Lune* (1865) et *Autour de la Lune* (1870). Verne, impressionné par les énormes canons mis en œuvre durant la guerre de Sécession américaine, leur imagine ici une utilisation pacifique: rejoindre la Lune, grâce à un obus habité. Il ne s'agit certes pas du premier roman racontant un voyage vers notre compagne cosmique – songeons à l'épopée de Cyrano au siècle précédent. Sa particularité est ailleurs: l'histoire, quoiqu'épique, est *réaliste*.

Réaliste ne veut toutefois pas dire réalisable: un obus de huit tonnes, propulsé par 180 000 kg de poudre fulmicoton, n'atteindrait pas grand-chose... Il n'y a tout simplement pas assez de poudre, et la vitesse d'éjection des gaz est trop faible, pour atteindre la vitesse nécessaire au voyage spatial (voir à ce sujet le

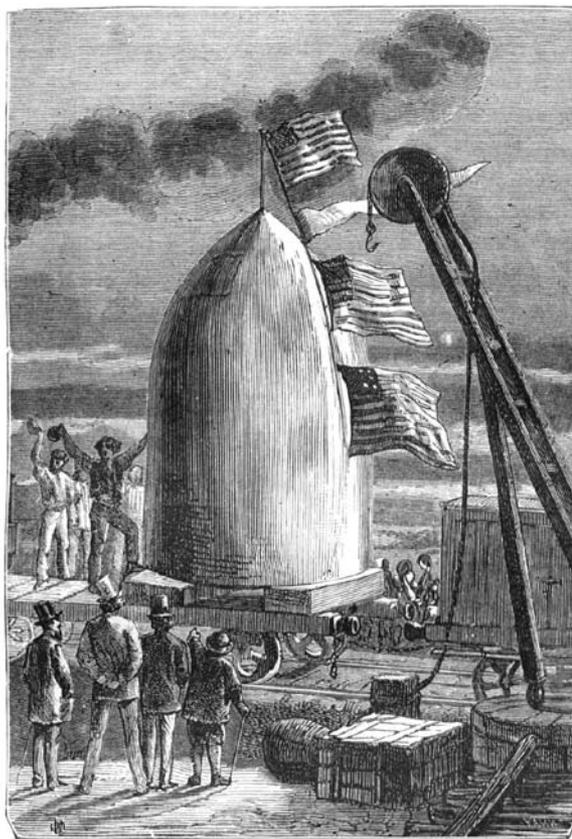
chapitre 5). En outre, même si l'on ignore à l'époque ce problème, l'accélération serait énorme: humain et instruments ne survivraient pas au lancement, et l'obus lui-même risquerait de fondre!

Malgré tout, ces livres ont de nombreux mérites, qui font quasiment oublier ces petites erreurs. D'abord, ils ont popularisé l'idée de ces voyages, en laissant entendre que la technologie nécessaire était à portée. Ensuite, ils abordent des

questions que les ingénieurs rencontrent encore aujourd'hui: quand lancer (fenêtre de lancement, voir 58)? où aller (choix du site d'atterrissage)? comment financer le projet (voir chapitre 3)? Signalons que Verne fait appel à des solutions modernes, comme l'emploi de matériaux légers, de régénérateurs d'oxygène, et même de rétrofusées... Bref, il montre que le voyage spatial ne s'improvise pas mais qu'avec un peu de volonté, il est

envisageable. Enfin, ces livres ont enthousiasmé un nombre incalculable de jeunes (et de moins jeunes), au rang desquels on compte notamment les pionniers Tsiolkovsky, Goddard, Glouchko, Oberth, et von Braun! C'est à ce titre que l'on peut qualifier Verne de véritable « père » de l'ère spatiale...

Toutefois, le rêve du canon-lanceur n'est pas mort avec lui; il a fait quelques émules, dont Goddard et von Braun (voir 81)...



■ À gauche, portrait de Jules Verne par Félix Nadar. À droite, *De la Terre à la Lune*. L'arrivée du projectile à Stone-Hill, gravure de François Pannemaker, dessin de Henri de Montaut.

## MISSIONS DANS NOTRE SYSTÈME SOLAIRE (AU MOINS EN PARTIE RÉUSSIES) :

**Mercure :** Mariner 10 (USA, 3 survols en 1974-5), Messenger (USA, 3 survols en 2008-9 puis orbiteur depuis 2011), Bepi Colombo (ESA-Japon, orbiteur, lancement prévu en 2014)

**Vénus :** Mariner 2 (USA, survol en 1962), Mariner 5 (USA, survol en 1967), Venera 4 à 6 (URSS, sondes atmosphériques, 1967 et 1969), Venera 7 et 8 (URSS, atterrissages en 1970 et 1972), Mariner 10 (USA, survol en 1974), Venera 9 et 10 (URSS, orbiteurs et atterrisseurs, 1975), Venera 11 à 14 (URSS, survols et atterrisseurs, 1978, 1982), Venera 15 et 16 (URSS, orbiteurs, 1983-4), Vega 1 et 2 (URSS, survols + atterrisseurs + ballons, 1985), Pioneer Venus (USA, orbiteur + 4 sondes atmosphériques, 1978-92), Galileo (USA, survol en 1990), Magellan (USA, orbiteur, 1990-94), Cassini (USA/ESA, survols en 1998 et 1999), Messenger (USA, survols en 2006 et 2007), Venus Express (ESA, orbiteur depuis 2006), Akatsuki (Japon, orbiteur lancé en 2010), Ikaros (Japon, survol en 2010)

**Lune :** Luna 1 et 3 (URSS, survols en 1959), Luna 2 (URSS, impact en 1959), Pioneer 4 (USA, survol en 1959), Ranger 6 à 9 (USA, impacts en 1964), Zond 3, et 5 à 8 (URSS, survols en 1965, 1968, 1969 et 1970), Luna 10 à 12, 14, 19, et 22 (URSS, orbiteurs, 1966 à 1974), Luna 9, 13, 17 et 21 (URSS, atterrisseurs, 1966, 1970-1 et 1973), Surveyor 1, 3, et 5 à 7 (USA, atterrisseurs, 1966 à 1968), Lunar Orbiter 1 à 5 (USA, orbiteurs, 1966 à 1968), Explorer 35 et 49 (USA, orbiteurs, 1967-73 et 1973-5), missions Apollo (USA, survols puis orbiteur + atterrisseur, 1968 à 1972), Luna 16, 20 et 24 (URSS, retour d'échantillon, 1970, 1972, et 1976), Mariner 10 (USA, survol en 1973), ISEE-3/ICE (USA, survol en 1983), Geotail (USA/Japon, survols en 1992-4), Hiten (Japon, survol en 1990-1 et orbiteur en 1992-3), Clémentine (USA, orbiteur, 1994), Asiasat3/HGS1 (privé, survol en 1998), Lunar Prospector (USA, orbiteur, 1998-9), Nozomi (Japon, survols en 1998), SMART-1 (ESA, orbiteur, 2004-6), Kaguya-Selene (Japon, orbiteur, 2007-2009), Chang'e 1 et 2 (Chine, orbiteurs, 2007-9 et 2010-1), Chandrayaan-1 (Inde, orbiteur + impacteur, 2008-9), Lunar Reconnaissance Orbiter (USA, orbiteur + impacteur, 2009), Artemis P1 et P2 (USA, orbiteur, 2011), GRAIL A et B (USA, orbiteurs, lancés en 2011-2)

**Mars :** Mariner 4, 6 et 7 (USA, survols en 1965 et 1969), Mars 2 et 3 (URSS, orbiteurs, 1971-2), Mariner 9 (USA, orbiteur, 1971), Mars 5 (URSS, orbiteur, 1974), Mars 6 et 7 (URSS, survols en 1974), Viking 1 et 2 (USA, orbiteurs + atterrisseurs,

1976-82), Mars Pathfinder (USA, atterrisseur, 1997), Phobos 2 (URSS, orbiteur, 1989), Mars Global Surveyor (USA, orbiteur, 1997-2006), Mars Odyssey (USA, orbiteur depuis 2001), Mars Express (ESA, orbiteur depuis 2003), Mars Exploration Rovers (USA, atterrisseurs, Spirit en 2004-10 et Opportunity depuis 2004), Mars Reconnaissance Orbiter (USA, orbiteur depuis 2006), Rosetta (ESA, survol en 2007), Phoenix (USA, atterrisseur, 2008), Dawn (USA, survol en 2009), Mars Science Laboratory (USA, atterrisseur, depuis 2012),

**Jupiter :** Pioneer 10 et 11 (USA, survols, 1973 et 4), Voyager 1 et 2 (USA, survols en 1979), Ulysses (USA/ESA, survols en 1991-2 et 2003-2004), Galileo (USA, orbiteur et sonde atmosphérique, 1995-2003), Cassini (USA/ESA, survol en 2000), New Horizons (USA, survol en 2007), JUNO (USA, orbiteur lancé en 2011)

**Saturne :** Pioneer 11 (USA, survol en 1979), Voyager 1 et 2 (USA, survols en 1980 et 1981), Cassini (USA/ESA, orbiteur depuis 2004), Huygens (ESA, atterrissage sur Titan en 2005)

**Uranus :** Voyager 2 (USA, survol en 1986)

**Neptune :** Voyager 2 (USA, survol en 1989)

**Astéroïdes et comètes :** ISEE-3/ICE (USA, survol de Giacobini-Zinner en 1985 et Halley en 1986), Giotto (ESA, survol de Halley en 1986 et Grigg-Skjellerup en 1992), Sakigake et Suisei (Japon, survols de Halley, 1986), Vega 1 et 2 (URSS, survols de Halley, 1986), Galileo (USA, survol de Gasptra en 1991 et Ida + Dactyl en 1993), Ulysses (USA, passage dans la queue des comètes Hyakutake en 1996, McNaught-Hartley en 2000, et McNaught en 2007), NEAR (USA, survol de Mathilde en 1997, orbite puis atterrit sur Eros en 2000-1), Deep Space 1 (USA, survols de Braille en 1999 et Borrelly en 2001), Stardust/Next (USA, survol d'AnneFrank en 2002 et de Tempel 1 en 2011, retour d'échantillons de Wild 2 en 2004), Deep Impact/EPOXI (USA, survol et impact de Tempel 1 en 2005 et survol de Hartley 2 en 2010), Hayabusa (Japon, récolte d'échantillon d'Itokawa en 2007), Rosetta (ESA, survols de Steins en 2008 et Lutetia en 2010, orbiteur et atterrisseur pour Churyumov-Gerasimenko – rencontre prévue en 2014), Dawn (USA, orbiteur de Vesta en 2011-2 et de Cérés en 2015), New Horizons (USA, survols de Pluto et autres objets de la ceinture de Kuiper, lancé en 2006).

**Soleil et vent solaire :** Sputnik 2 (URSS, 1957), Vanguard 3 (USA, 1959), Pioneer 5 à 9 (USA, 1960, depuis 1965, depuis

1966, depuis 1967 et 1968-1983), OSO-1 à 4 (USA, 1962-3, 1965, et 1967-9), Solrad 8 (USA, 1965-7), Explorer 33 (USA, orbiteur, 1966-71), Kosmos 166 (URSS, 1967), Explorer 37/Solrad 9 (USA, 1968-74), Kosmos 215 et 230 (URSS, 1968), OSO-5 à 8 (USA, 1969-75, 1969-72, 1971-4, et 1975-8), Interkosmos 1 et 4 (URSS, 1969 et 70), Kosmos 381 (URSS, 1970), Tournesol/D-2A (France, 1971-3), Explorer 44/Solrad 10 (USA, 1971-6), Helios A et B ou 1 et 2 (USA/Allemagne, orbiteurs, 1974-85 et 76-9), Taiyo (Japon, 1975-80), Kosmos 484 et Interkosmos 7 (URSS, 1972), Interkosmos 11 (URSS, 1974-5), Aura/D-2B (France, 1975-6), Interkosmos 16 (URSS, 1976), ISEE-3/ICE (USA, orbiteur, 1978-82), Wind (USA, depuis 1994), SMM (USA, 1980-9), Astro A/

Hinotori (Japon, 1981-91), Prognoz 9 et 10 (URSS, 1983 et 1985), Solar A/Yohkoh (Japon, 1991-2001), UARS (USA, 1991-2005), Sampex (USA, 1992-2004), Spartan-201 1 à 3 et 5 (USA, 1993, 94, 95 et 98), Coronas-1 (Russie, 1994), Ulysses (USA/ESA, survols des pôles en 1994-5, 2000-1, et 2006-8), SoHO (USA/ESA, depuis 1996), ACE (USA, depuis 1997), TRACE (USA, 1998-2010), Acrimsat (USA, depuis 1999), Coronas F (Russie, 2001), Genesis (USA, retour d'échantillons du vent solaire, 2001-2004), Coronas Foton (Russie, 2009), Hessi (USA, depuis 2002), Solar B/Hinode (Japon, depuis 2006), Stereo A et B (USA, depuis 2006), SDO (USA, depuis 2010), Picard (France, depuis 2010), Solar Orbiter (ESA, lancement prévu en 2017). ■

## TÉLESCOPES (AU SENS LARGE) SPATIAUX :

**Astronomie gamma :** Explorer 11 (USA, 1961), Kosmos 51, 208, 251, 264, et 561 (URSS, 1964-5, 1968 et 1973), Explorer 48/SAS-2 (USA, 1972-3), COS-B (ESA, 1975-82), Signe-3 (France, 1977-8), HEAO-3 (USA, 1979-81), Astro C/Ginga (Japon, 1987-91), Granat (URSS, 1989-98), Gamma-1 (Russie, 1990-2), CGRO (USA, 1991-2000), HETE-2 (USA, 2000-7), Integral (ESA, depuis 2002), Swift (USA, depuis 2004), Agile (Italie, depuis 2007), Glast/Fermi (USA, depuis 2008).

**Astronomie X :** Kosmos 208 (URSS, 1968), Uhuru/SAS-1 (USA, 1970-3), OAO-3 (USA, 1972-81), ANS-1 (Pays-Bas, 1974-7), Ariel-5 et 6 (Royaume-Uni, 1974-80 et 1979-82), SAS-3 (USA, 1975-9), HEAO-1 (USA, 1977-9), HEAO-2/Einstein (USA, 1978-81), Corsa-B/Hakucho (Japon, 1979-85), Astro B/Tenma (Japon, 1983-5), Exosat (ESA, 1983-6), Spartan-1 (USA, 1985), Astro C/Ginga (Japon, 1987-91), Granat (Russie, 1989-98), Rosat (All, Russie, USA, 1990-9), Gamma 1 (Russie, 1990-2), Astro D/Asca (Japon, 1993-2001), RXTE (USA, 1995-2012), BeppoSAX/SAX (Italie, Pays-Bas, 1996-2002), Chandra (USA, depuis 1999), XMM-Newton (ESA, depuis 1999), Swift (USA, depuis 2004), Astro E-2/Suzaku (Japon, depuis 2005), MAXI (Japon, depuis 2009).

**Astronomie UV :** Kosmos 51 (URSS, 1964-5), OAO-1 et 2 (USA, 1966 et 1968-73), Tournesol/D-2A (France, 1971-3), TD-1A (ESA, 1972-4), OAO-3/Copernicus (USA, 1972-81), ANS-1

(Pays-Bas, 1974-7), Aura/D-2B (France, 1975-6), IUE (ESA, USA, Royaume-Uni, 1978-96), Astron-1 (Russie, 1983-9), EUVE (USA, 1992-2001), Orfeus SPAS 1 et 2 (Allemagne, 1993 et 96), Alexis (USA, 1993-2005), Spartan 204 et 201-3 (USA, 1995), FUSE (USA, 1999-2007), HST (USA/ESA, depuis 1990), MSX (USA, 1996-7), Galex (USA, depuis 2003), Minisat-1 (Espagne, 1997-2002), Chips (USA, 2003-5)

**Astronomie visible :** HST (USA/ESA, depuis 1990), Hipparcos (ESA, 1989-93), XMM-Newton (ESA, depuis 1999), Integral (ESA, depuis 2002), MOST (Canada, depuis 2003), Swift (USA, depuis 2004), Corot (France/ESA, 2006-2013), Kepler (USA, 2009-2013), Gaia (ESA, lancement prévu en 2013)

**Astronomie IR :** IRAS (USA, Pays-Bas, Royaume-Uni, 1983), HST (USA/ESA, depuis 1990), ISO (ESA, 1996-8), MSX (USA, 1996-7), Odin (Suède, depuis 2001), Spitzer (USA, depuis 2003), Astro-F/Akari (Japon, 2006-2011), WISE (USA, 2009-2011), Herschel (ESA, 2009-2013), JWST (USA/ESA, lancement prévu en 2018)

**Astronomie radio et submm :** Explorer 38/RAE-A (USA, 1968-72), RAE-B (USA, 1973-7), Prognoz 9 (URSS, 1983), COBE (USA, 1989-93), Sara (France, 1991), HALCA/MusesB/Haruka (Japon, 1997-2005), SWAS (NASA, 1998-2004), WMAP (USA, 2001-10), Planck (ESA, depuis 2009), RadioAstron/Spektr R (Russie, depuis 2011) ■

### Constantin Tsiolkovsky (1857–1935)

Qui pourrait croire que l'un des pères les plus importants de l'astronautique moderne est un simple instituteur venant d'un obscur village russe? Constantin Tsiolkovsky présente un parcours on ne peut plus surprenant. Au départ, peu auraient parié un rouble sur lui. Sourd dès l'âge de neuf ans à cause d'une attaque de scarlatine, il n'a pas été à l'école. Il apprend seul, à la maison, et lit beaucoup. Parmi ses livres de chevet: Jules Verne! Inspiré par l'écrivain français, il se prend de passion pour l'espace. En 1898, il publie *Exploration de l'es-*

*pace au moyen d'appareils à réaction*, et ce livre sera suivi par de nombreux articles – en tout, plus d'une centaine de travaux sur le domaine spatial. Dans ses écrits, on trouve une foule de concepts prémonitoires: l'équation de la fusée, l'utilisation de tuyère à la sortie de la chambre de combustion de la fusée, l'utilisation d'oxygène et d'hydrogène liquides comme carburants (voir chapitre 5), la multiplication des étages (il ira jusqu'à considérer des fusées à 20 étages!). Tsiolkovsky envisage également les communications spatiales par ondes radio, l'utilisation d'énergie solaire, la

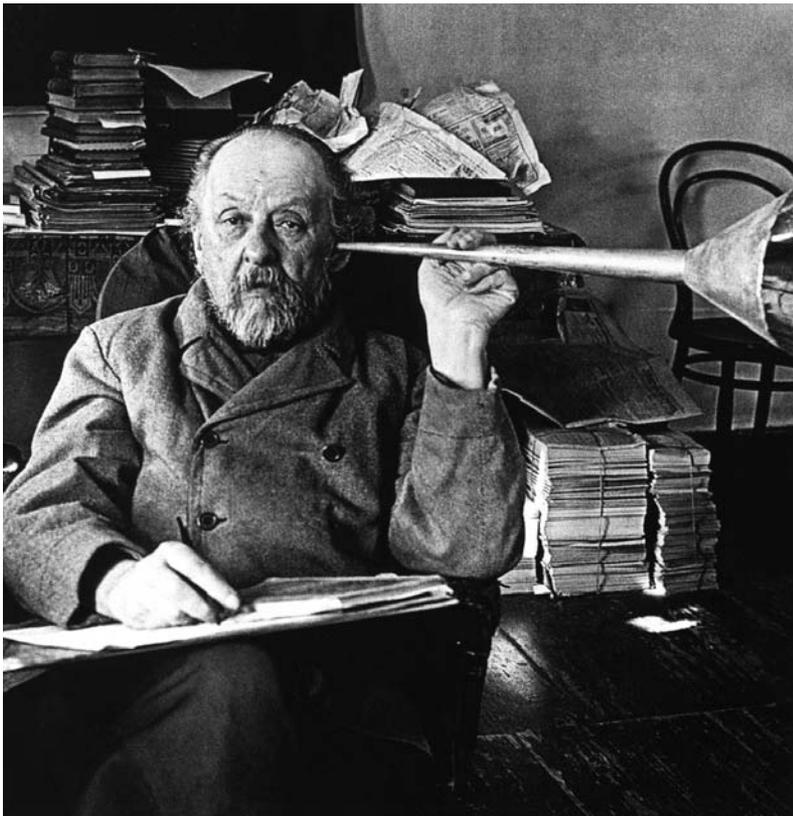
construction de stations spatiales, la nécessité de combinaisons spatiales, l'élaboration de systèmes de recyclage ou l'utilisation de sas pour les engins habités... À côté de ces idées, toutes mises en œuvre depuis, certaines de ses intuitions relèvent, aujourd'hui encore, de la science-fiction, comme la colonisation du Système solaire ou l'ascenseur spatial, mais pour combien de temps encore?

Le travail de Tsiolkovsky resta hélas peu connu hors de Russie jusque dans les années 1930. Son génie ne fut pas reconnu par la Russie des tsars, mais la Russie soviétique lui rendit enfin hommage dès 1921. Il aura une grande influence sur les pionniers du spatial soviétique, Glouchko et Korolev, ainsi que sur von Braun – on a en effet retrouvé à Peenemünde un exemplaire d'un des livres de Tsiolkovsky annoté par l'Allemand.

### Robert Goddard (1882–1945)

Influencé par les romans de Wells et de Verne, le jeune Goddard préfère rêver aux voyages interplanétaires que d'effectuer les tâches quotidiennes, comme élaguer le cerisier familial. Bien décidé à étudier le problème de manière scientifique, il entame des études de physique et obtient un doctorat de l'université Clark de Worcester (Massachusetts, États-Unis) en 1911, où il enseigne par la suite. Cette activité ne le détourne pas de sa passion première, les fusées.

En fait, il travaille sur le sujet dès 1909, et exécute ses premières expériences en 1915. Au début, il utilise des carburants solides, qu'il remplace



■ Constantin Tsiolkovsky et son cornet acoustique.

# Remerciements

Comme toujours, les remerciements sont de rigueur. Pour Gregor Rauw, l'explorateur spatial, qui fut l'inspiration de cet ouvrage. Pour ma mère, dont la relecture m'est indispensable pour savoir si je suis sur la « bonne » voie. Pour une petite pupuce, qui a ralenti le travail mais ne l'a néanmoins jamais stoppé.

## Du même auteur

*Les couleurs de l'Univers*, Belin, 2005, prix du livre d'astronomie de Haute-Maurienne 2006 et prix de vulgarisation du Hainaut 2006.

*L'astronomie au féminin*, Vuibert, 2006, plume d'or 2006 et prix verdickt-Rijds 2007.

*L'astronomie des anciens*, Belin, 2009, prix Jean Rostand 2009.

*Histoire du télescope*, Vuibert, 2009.

*Cahier d'Exploration du ciel*, tome I *Découvrir l'Univers*, Réjouissances, 2009.

*Cahier d'exploration du ciel*, tome II *Mesurer l'Univers*, Réjouissances, 2012.

*La cuisine du cosmos*, *Cahier de (g)astronomie*, Réjouissances, 2012.

*Exoplanètes, à la recherche d'autres mondes*, L'académie en poche, Ac. Roy. de Belgique, 2013.

Retrouvez tous les ouvrages de CNRS Éditions  
sur notre site  
[www.cnrseditions.fr](http://www.cnrseditions.fr)