

- 3 Les *StarChips* communiqueront avec la Terre en renvoyant des signaux au réseau laser qui les a accélérées. Une fois parvenues à destination, les *StarChips* devront diriger avec une grande précision leurs émissions afin que les données et images recueillies atteignent bien les récepteurs sur Terre.

StarChip

Les vaisseaux qui entreprendront ce voyage sont conçus sur le modèle des petites puces des smartphones, et pèseront environ un gramme chacun. Les puces, de 15 millimètres de côté, seront munies de caméras, de piles, d'un dispositif d'émission de signaux, éventuellement de spectrographes pour étudier la chimie stellaire et planétaire, et de magnétomètres pour mesurer les champs magnétiques.

Voile

Mesurant environ quatre mètres carrés, les voiles de *Starshot* s'inspirent des voiles solaires, mais seront propulsées par le recul provoqué par le faisceau laser. Afin d'accélérer les *StarChips*, elles devront être extrêmement légères, solides et réfléchissantes à 99,999 %. Le système de fixation à la puce n'est pas encore décidé.

> autant de puces, la perte de quelques-unes ne serait pas un problème. Ensuite, chaque puce serait accélérée par le laser et atteindrait 20 % de la vitesse de la lumière en quelques minutes. Le laser s'éteindrait alors et le long vol de croisière de la puce avec sa voile commencerait. Parvenue à proximité de son objectif, la puce renverrait un signal vers la Terre. « Il y a dix ans, nous n'aurions pas pu envisager cela sérieusement », explique Youri Milner. Mais maintenant, avec les progrès des lasers, des puces et des nouveaux matériaux, « la perspective de réussite d'un tel projet ne se compte plus en siècles, mais en décennies ».

La direction de *Starshot* a soumis le plan à l'évaluation de scientifiques indépendants, leur demandant de chercher des failles insurmontables. Aucun n'en a trouvé. « Je peux vous dire pourquoi ce projet est difficile et pourquoi il est cher, dit Philip Lubin, mais je suis incapable de trouver une raison pour laquelle il serait impossible. » En avril 2016, l'équipe s'est mise d'accord sur le principe de base de la mission, et le 12 avril, Philip Lubin a organisé une conférence de presse au sommet de la nouvelle Freedom Tower de New York, avec des vidéos, des animations et plusieurs membres du comité consultatif. Il a annoncé le projet d'un « voilier interstellaire » poussé par un vent de lumière. Les chercheurs ont passé l'été suivant à développer les grandes lignes de la mission.

STARCHIPS ET VOILES SOLAIRES

L'équipe a rapidement compris que les défis techniques allaient être difficiles à surmonter, à commencer par la conception de la *StarChip* (la puce stellaire). Elle doit être minuscule (avec une masse de l'ordre du gramme) et néanmoins capable de recueillir et d'envoyer des données, de transporter sa propre alimentation et de survivre au long voyage.

Il y a plusieurs années, le groupe d'ingénieurs dirigé par Mason Peck, à l'université Cornell, a construit ce qu'ils nomment des *sprites*, des puces semblables à celles des smartphones. Chacune de ces puces comportait un détecteur de lumière, des panneaux solaires et une radio, le tout pesant quatre grammes.

Les puces *StarChips* seraient conçues sur le modèle des *sprites*, tout en étant quatre fois plus légères, et porteraient quatre caméras chacune. Au lieu de lourdes lentilles pour la mise au point, une option consiste à utiliser un minuscule réseau de diffraction (*planar Fourier capture array* ou matrice d'acquisition plane de Fourier) installé sur le capteur lumineux. Il décompose la lumière incidente en fonction de la longueur d'onde et les données sont traitées numériquement plus tard pour obtenir une image avec n'importe quelle profondeur focale.

Parmi les autres équipements suggérés pour les puces, on peut citer un spectrographe pour >

> étudier la chimie des atmosphères planétaires et un magnétomètre pour mesurer le champ magnétique de l'étoile.

Pour que ces données soient exploitables, les puces doivent pouvoir les renvoyer vers la Terre sur des distances interstellaires. Les satellites utilisent actuellement des diodes laser de un watt pour envoyer de l'information, mais sur des distances plus courtes. Jusqu'à présent, la plus longue distance ainsi couverte a été celle qui nous sépare de la Lune, 100 millions de fois plus proche qu'Alpha du Centaure. Afin de cibler la Terre depuis notre voisine stellaire, le pointage des signaux laser émis devra être extraordinairement précis. Et même ainsi, pendant les quatre années du voyage, le signal s'étalera et se diluera à tel point que quand il nous parviendra, il sera réduit à quelques centaines de photons. En arrivant sur Terre, le signal sera-t-il alors trop faible pour être détecté? Une solution serait d'utiliser des relais, d'envoyer le signal d'une *StarChip* à toute une série d'autres dispersées à intervalles réguliers tout le long du parcours.

LE DÉFI DE LA BATTERIE

L'alimentation des puces est aussi un défi. Des batteries devront alimenter les caméras et les processeurs informatiques qui transmettront les données tout au long du voyage. À ce jour, aucune source d'énergie assez puissante ne fonctionne à la fois dans l'obscurité et dans le froid tout en pesant moins d'un gramme. Une solution serait d'adapter les minuscules piles nucléaires utilisées dans certains implants médicaux. Une autre consisterait à exploiter la chaleur produite par le frottement de la voile contre le gaz et la poussière du milieu interstellaire.

Ce même milieu interstellaire présente aussi des risques pour les puces de *Starshot*. Le milieu est comme une fumée de cigarette très diluée, explique Bruce Draine, astronome à l'université de Princeton et membre du comité. Mais personne ne connaît exactement la densité du milieu ni la taille des grains de poussière. Et avec des collisions à une vitesse proche de celle de la lumière entre les puces et ces grains, le potentiel de destruction est difficile à estimer. Les dégâts pourraient aller de cratères mineurs à la destruction totale.

Un revêtement de quelques millimètres de cuprobéryllium (qui alourdirait la puce) offrirait une protection contre les particules les plus petites, mais des grains de poussière plus gros pourraient entraîner des dégâts catastrophiques. Quelles seront les chances de survie des puces dans ces conditions? D'après les membres de l'équipe, en envoyant des centaines voire des milliers de puces vers notre voisine stellaire, quelques-unes devraient arriver à bon port.

Par ordre de difficulté croissante, la conception de la voile vient après celle de la

puce. Les *StarChips* seraient propulsées par le recul imprimé à la voile lorsque les photons, les particules de lumière, se réfléchissent à sa surface, de la même manière que le rebond d'une balle de tennis sur les cordes pousse une raquette. C'est le principe des voiles solaires propulsées par la lumière du Soleil, mais le flux de photons de ce dernier est trop faible pour amener les *StarChips* aux vitesses voulues.

Plus la quantité de lumière réfléchie est importante, plus la poussée sera importante et plus la voile avancera vite; pour atteindre 20 % de la vitesse de la lumière, les voiles de *Starshot* devront être réfléchissantes à 99,999 %. D'où l'idée d'utiliser un laser puissant, mais «toute lumière qui n'est pas réfléchie chauffe la voile», explique Geoffrey Landis, scientifique au centre de recherche Glenn de la Nasa et membre du comité consultatif; «même si une petite fraction de la puissance du laser venait à chauffer la voile, ce serait désastreux».

Comparée aux voiles solaires déjà testées, qui utilisent le rayonnement du Soleil pour propulser des vaisseaux expérimentaux dans le Système solaire, la voile de *Starshot* devra aussi être beaucoup plus légère, avec à peu près «l'épaisseur d'une bulle de savon», dit Geoffrey Landis. En 2000, dans l'expérience qui s'approche le plus des spécifications requises pour *Starshot*, James Benford a utilisé un faisceau micro-onde pour accélérer une voile constituée d'un feuillet de carbone. Son essai est parvenu à produire une accélération de 13 g (13 fois l'accélération de la pesanteur sur Terre), alors que la voile de *Starshot* devra supporter une accélération de 60 000 g.

La voile, comme la puce, devra aussi résister à la poussière du milieu interstellaire qui risque de la cribler de trous. Jusqu'à présent, il n'existe aucun matériau qui soit à la fois léger, solide, réfléchissant et qui ne coûte pas des millions de dollars. «Un des nombreux miracles que nous devons inventer, c'est le matériau de la voile», conclut Pete Klupar.

D'autres décisions liées à la voile restent à prendre. La voile, de quatre mètres carrés, pourrait être fixée à la puce par des câbles, ou bien la puce pourrait être montée directement sur la voile. Celle-ci pourrait tourner, ce qui lui permettrait de rester centrée sur le faisceau laser de propulsion. Après l'accélération initiale, la voile pourrait se replier comme un parapluie, ce qui la rendrait moins vulnérable au voyage. Et une fois parvenue au niveau d'Alpha du Centaure, elle pourrait se redéployer et ajuster sa courbure afin de servir de miroir de télescope ou d'antenne pour renvoyer les messages de la puce vers la Terre. «Cela paraît bien compliqué, admet Geoffrey Landis, mais nous avons déjà résolu des problèmes plus difficiles.»

Tous ces défis ne sont rien comparés à celui que présente le laser qui poussera la voile. Le



L'entrepreneur et milliardaire russe Yuri Milner a dévoilé la mission *Breakthrough Starshot* lors d'une conférence de presse à New York le 12 avril 2016. Il tient un prototype de la puce *StarChip* qui devrait faire le voyage jusqu'à Alpha du Centaure. Les physiciens Stephen Hawking (au centre) et Freeman Dyson (à droite) participent au projet en tant que conseillers, parmi un groupe rassemblant de nombreux experts de divers horizons.