

Voyages interstellaires

Dominique Valentian

Propulsion photonique laser

La presse a récemment fait état du projet commun de Yuri Milner et de Stephen Hawking de lancer une série de microsondes vers Alpha du Centaure.

La propulsion photonique laser (proposée par les auteurs) n'est pas le seul moyen d'atteindre Alpha du Centaure (ou autre étoile proche).

Le N° d'avril de la revue de l'AIAA (Aerospace America) consacre un article au sujet : pouvons-nous atteindre Proxima du Centaure à partir de 2099 ?

Le concept de voile solaire propulsée par Laser a été proposé par Robert Forward (ancien responsable des études avancées chez Hughes) en 1975. Il l'a amélioré, voir l'article publié en 1984 (Roundtrip Interstellar Travel Using laser Pushed Lightsail. journal of Spacecraft and Rockets, vol 21 N°2, March April 1984).

La voile de 3,2 km de diamètre devait être propulsée par un laser de 65 GW fonctionnant pendant plusieurs années. Le flux thermique devait être suffisamment bas pour assurer la tenue de matériaux conventionnels (ce qui n'est pas le cas des nouveaux projets).

Une variante de propulsion photonique type Hawking est proposée par L'Université technique de Munich : Un microsatellite est propulsé par une voile en graphène (projet Dragonfly).

Le projet Wafersat (NASA et Université de Californie) part du même principe pour accélérer des nano-satellites de 1 g chacun à 20 % de la vitesse de la lumière. La puissance laser requise serait de 50 GW et le laser situé dans l'espace.

Dans le projet Milner / Hawking, les lasers seraient situés au sol.

D'après le site AIAA daily launch du 13 avril 2016, l'accélération prévue serait considérable : 1 million de km parcourus en 2 minutes. Cela correspond à une accélération de 14000 g ! (51 000 G selon d'autres sources)

On peut se demander comment la voile solaire pourrait tenir un tel flux lumineux.

Le but semble de minimiser la durée de fonctionnement des lasers ce qui suppose que l'on puisse utiliser de l'énergie stockée et de recourir à un accumulateur thermique pour le refroidissement. Les auteurs sont aussi conscients du risque de divergence excessive du faisceau laser à partir de quelques heures lumière. Le projet de Robert Forward faisait appel à une gigantesque lentille de Fresnel ultra-mince de 1000 km de diamètre pour éliminer ce problème.

Autre problème intéressant : la source d'énergie de bord.

Les auteurs parlent de radio-isotope mais on voit mal comment faire tenir un générateur radio-isotopique dans un devis de masse de 1 gramme avec l'électronique et les capteurs.

Deuxième possibilité : utiliser de classiques cellules solaires.

Le véhicule serait totalement inerte pendant le voyage balistique et probablement « gelé » à 6 K. Il faudrait donc qu'il se « réveille » spontanément à proximité du Centaure sous l'effet du rayonnement de l'étoile.

Le problème des télécommunications.

Les auteurs parlent d'un laser utilisant la voile photonique comme miroir parabolique. La précision de forme de la voile sera très probablement insuffisante. Autre point à ne pas oublier : le décalage doppler du laser sera considérable. Il faudra donc un filtre monochromatique ajustable pour recevoir le message sur Terre (ou dans l'espace).

Les autres techniques de propulsion

L'article d'Aerospace America décrit cinq types différents de propulsion par fusion issus du projet Icarus.

- Firefly : deutérium injecté dans un « Z pinch », machine de fusion abandonnée aujourd'hui.
- Ghost ship : billes de deutérium allumées par focalisation de lasers (comme dans le cas du laser Mégajoule).
- Resolution : même concept que Ghost ship mais avec un mélange deutérium / hélium 3.

- Ultradense deutérium : allumage laser simplifié mais personne ne sait comment densifier le deutérium. Ce concept est remplacé par :
- Zeus : confinement magnétique de la bille de deutérium et allumage laser.

Il faut rappeler que le seul mélange capable de fusion à ce jour est le deutérium / tritium. Le mélange deutérium / He3 requiert un couple densité x énergie 10 fois plus important et encore supérieur pour la réaction D-D.

On va se heurter à un problème de tenue des parois aux neutrons (le problème est moins important dans le cas D – He3 mais pas nul !)

Pour un voyage de 20 à 100 ans dans l'espace, il faudra produire le tritium à bord (à partir du lithium) car la période du tritium (12,3 ans) ne permet pas en effet de le stocker à bord (sans parler des risques au lancement).

Il faudra donc faire des années d'essai avec ITER avant de se lancer dans cette voie.

Cependant, c'est actuellement le seul moyen d'envoyer une sonde vers une étoile proche avec un retour scientifique important. Il faudra éventuellement deux étages de propulsion pour atteindre la vitesse visée.

En effet, la propulsion par fusion devrait permettre de se mettre en orbite dans le système solaire visé et il permet une puissance de transmission importante vers la Terre avec un décalage Doppler minimum.

Même en mission automatique, les spécialistes parlent de charges utiles de quelques dizaines de tonnes, permettant d'envoyer des sondes vers les planètes détectées et de pointer le faisceau laser de transmission vers la Terre à l'aide d'un télescope de grand diamètre.

Risques de collisions :

Le milieu interstellaire n'est pas totalement vide et une collision avec une microparticule pourrait avoir des conséquences catastrophiques. Giotto disposait d'un bouclier de protection pour limiter les conséquences d'impacts lors du survol de la comète de Halley mais la vitesse n'était que de 65 km/s. On parle ici de vitesses 1000 fois plus grandes.

Il faudra explorer des solutions passives : un bouclier en « vol de formation » précédant la sonde de quelques km ou actives : laser à impulsions pour dévier les particules pouvant impacter la sonde.

Choisir la bonne destination :

L'article d'Aerospace America aborde un dernier point : Alpha du centaure n'abrite peut-être pas de planète intéressante. Il vaut sans doute mieux viser une étoile un peu plus lointaine (jusqu'à 100 ans de voyage, soit 10 à 15 années-lumières) mais avec une planète dans la zone habitable. Cette durée implique que des projets scientifiques puissent être poursuivis sur plusieurs générations ce qui serait une nouveauté.