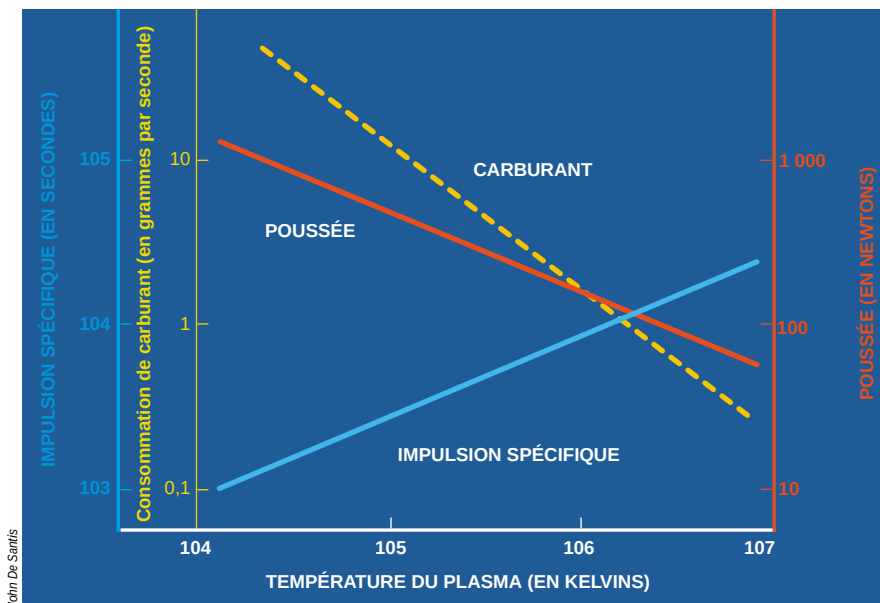




6. VASIMR contient l'équivalent d'une boîte de vitesse. Ce moteur est conçu de façon à ce que la température du plasma éjecté soit ajustable, ce qui accroît la vitesse d'éjection (donc l'impulsion spécifique, en bleu) et réduit la consommation de carburant (en jaune). Dans ce cas, la poussée produite diminue (en rouge). La puissance du moteur VASIMR, constante, est égale à dix mégawatts.

L'énergie vitale

Dans l'espace, l'énergie est vitale. Une vérité que l'aventure vécue par l'équipage d'Apollo XIII au printemps 1970 illustre. Les astronautes n'ont dû leur salut qu'à l'utilisation judicieuse du peu d'énergie qui restait dans les batteries. Le sauvetage aurait été impossible si le vol avait duré plus longtemps.

La rapidité de la propulsion et la fiabilité des équipements qui assurent la survie imposent une énergie minimale. La navette spatiale, par exemple, consomme environ 15 kilowatts en orbite, tandis que la future station orbitale internationale consommera 75 kilowatts. Une mission vers Mars nécessiterait entre 20 et 60 kilowatts, sans compter l'énergie de propulsion. Avec une puissance supérieure, le voyage serait plus rapide : une fusée équipée d'un moteur VASIMR de 200 mégawatts atteindrait Mars en 39 jours.

Lors des expéditions dans l'espace proche de la Terre, l'énergie provient en général de combustibles chimiques et de panneaux solaires. La station orbitale tirera, par exemple, son énergie de 2 500 mètres carrés de panneaux. Toutefois, aussi bien les carburants chimiques que les panneaux solaires sont insuffisants, dès que l'on s'éloigne du Soleil. Ainsi, un «panneau» solaire de dix mégawatts, par exemple, mesurerait environ 68 000 mètres carrés sur Mars et 760 000 mètres carrés sur Jupiter ! Des tailles qui les rendent inviables.

Les seules sources d'énergie compactes et suffisamment puissantes sont nucléaires. L'électricité de bord de certains satellites a déjà été fournie par des générateurs thermo-électriques alimentés par la chaleur naturellement libérée lors de la désintégration du plutonium. Pour un vol habité, un tel système ne serait pas assez efficace. En revanche, un réacteur nucléaire embarqué, tirant son énergie de la fission de l'uranium, produirait dix millions de fois plus d'énergie que les «générateurs radio isotopiques à plutonium 238» du passé. Notons que les ingénieurs comparent les performances des sources d'énergie embarquées à l'aide du paramètre alpha, défini par le rapport de la masse de la «centrale» d'énergie en kilogrammes sur sa puissance exprimée en kilowatts. Plus alpha est petit, plus son rendement et sa puissance sont élevés. Aujourd'hui, les paramètres alpha des panneaux solaires embarqués sont compris entre 10 et 100. Ceux des piles à plutonium sont de 200. Celui d'un réacteur à uranium ne dépasse pas 0,5.

Enfin, les réacteurs nucléaires sont plus sûrs que les «générateurs radio isotopiques à plutonium, car le réacteur et son combustible peuvent être lancés séparément et assemblés sur une orbite éloignée de la Terre. Même ceux qui voudraient interdire l'utilisation de l'énergie nucléaire en orbite terrestre reconnaissent qu'elle pourrait servir lors des missions lointaines.

par résonance cyclotron confère à la fusée son impulsion spécifique élevée.

Après la création du plasma et son chauffage, le moteur doit encore fournir une poussée. Comment l'augmentation de la composante normale de la vitesse des ions peut conférer aux gaz d'échappement la puissance nécessaire ? L'efficacité du système provient en fait de la forme des lignes de champs dans la tuyère magnétique. Leur divergence transfère de l'énergie de rotation en énergie cinétique longitudinale. Les ions massifs entraînent avec eux les électrons, de sorte que c'est un fluide neutre qui s'échappe de la fusée. Dans le cas de VASIMR, cette expansion du plasma dans la tuyère se produit sur environ 50 centimètres.

Une fois l'expansion achevée, le plasma se détache de la fusée. Les études menées récemment par Roald Sagdeev, de l'Université du Maryland, et Boris Breizman, de l'Université du Texas, ont mis en évidence les mécanismes sous-jacents. La «vitesse d'Alfvén», d'après le nom du physicien suédois Hannes Alfvén qui l'a décrite le premier, y joue un rôle central. Alfvén montra que les perturbations d'un plasma se propagent le long des lignes de champ à cette vitesse précise. Dans une tuyère magnétique, la vitesse d'Alfvén joue un rôle semblable à celui de la vitesse du son dans une tuyère classique.

Le plasma se détache

Comme dans le cas du son, il existe donc un régime «subalfvénique» et un régime «superalfvénique». Ce «mur d'Alfvén» (par analogie au «mur du son») est une frontière au-delà de laquelle le flux aval ne rétroagit plus sur le flux amont, de sorte que l'éjection ne crée pas de résistance à l'avancement de la fusée. La tuyère de VASIMR est conçue pour dilater le plasma au-delà de cette frontière, en un point où l'énergie du champ est faible par rapport à celle du flux de plasma. Quand le plasma se détache, il emporte avec lui une petite quantité du champ. On pense qu'un phénomène semblable se produit dans la nature lorsque des protubérances de la couronne solaire échappent au champ magnétique du Soleil. La dépense d'énergie dans la partie où le champ est distordu diminue peu les performances de la fusée. Nos études montrent que le détachement