

TIPE de sciences industrielles

Les voiliers
solaires

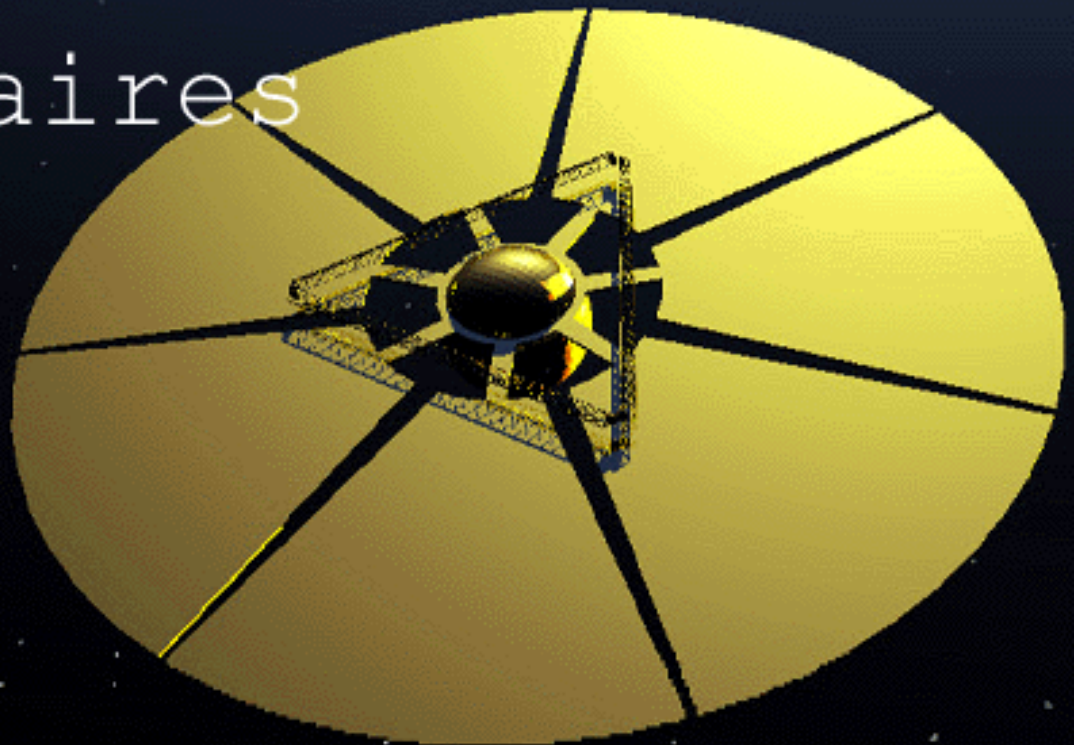


Table des matières

Introduction	3
Présentation	4
Historique	4
La propulsion photonique	5
Pratique	5
Théorie	6
Les intérêts	7
Stabilisation des satellites et des sondes	7
Prévention des vents solaires	7
Interception de comètes et de météorites	9
Fonctionnement	10
Les différents structures des voiles	10
Stabilisation selon trois axes	10
Stabilisation par rotation	13
Les techniques de pilotage	15
Le projet Znamya	18
Introduction	18
Znamya 2.0	18
Znamya 2.5	20
Znamya 3.0	21
Les vaisseaux solaires	21
Conclusion	23
Annexe	24

Introduction

C'est en surfant sur le WEB que nous sommes arrivés sur un site dont le sujet portait apparemment sur des vaisseaux de science fiction. Après avoir approfondi notre recherche, nous nous sommes aperçus que ces engins, qui s'appelaient voiliers solaires n'étaient pas si futuriste que cela pouvait laisser paraître au premier abord. Nous avons donc décidé de faire profiter de notre découverte à travers notre TIPE et en élaborant un site WEB.

Nous avons donc rassemblé toutes les informations que nous avons pu trouver à travers le WEB où nous avons réussi à prendre contact avec certaines personnes compétentes qui nous ont fait parvenir par la poste des documents écrits.

Le dossier qui va suivre est donc un rassemblement des informations concernant les voiliers solaires. Malheureusement, vous n'y retrouverez que peu d'information sur des réalisations, le seul projet ayant une réelle existence, Znamya, est assez avare en renseignement.

Nous espérons tout de même vous faire rêver par le côté tout à fait réalisable de ses vaisseaux spatiaux.

It is while surfing on the WEB that we arrived on a site whose subject related apparently to vessels of science fiction. After having looked further into our search, we realized that these machines, which were called solar sail were not so futuristic that that could let appear with the first access.

We thus decided to make benefit from our discovery through our TIPE and by working out a Web site. We thus gathered all information which we could find through the WEB where we succeeded in contacting some qualified people who sent us by the post office written documents.

The file which will follow is thus a gathering of information concerning the solar sails. Unfortunately, you will find there only little information on achievements, the only project having a real existence, Znamya, is rather sparing of information.

All the same, we hope to make you dream by the completely realizable side of those spaceships.

Présentation

Historique

En 1616 **Kepler** observe que les traînées de poussières produites par les météorites ne suivent pas la trajectoire de ces dernières mais sont légèrement décalées. Il en tire la conclusion que les rayons lumineux sont susceptibles de produire une force sur les corps célestes.

Mais, il faut attendre 1873 pour que les travaux de **Maxwell** sur l'électromagnétisme permettent d'expliquer ce phénomène.

Puis en 1889, deux romanciers de science-fiction français (**Faure** et **Grafini**) ont l'idée d'un vaisseau spatial utilisant un immense miroir pour se déplacer.

La suite des travaux se passe principalement en Russie :

- En 1901, **Pietr Lebedev** met en évidence la pression des radiations lumineuses.
- Ces travaux sont repris en 1915 par **Yakov Pereelman**.



J.C. Maxwell

Les véritables travaux scientifiques sur les voiles solaires commencent dès 1924 avec **Fridrikh Tsander** qui annonce déjà :

« *Pour les vols dans l'espace interplanétaire, je travaille sur l'idée d'utiliser de formidables miroirs faits de feuilles extrêmement minces et capables d'obtenir des résultats intéressants* ».

Puis viennent les travaux de **Konstantin Tsiolkovski** (fondateur de la recherche aérospatiale soviétique puis mondiale à partir de 1924) :

« *La Terre est le berceau de l'Humanité, l'Homme n'est pas fait pour vivre dans un berceau* »

Et c'est seulement en 1951 qu'est publié le premier article scientifique traitant des voiles solaires : « *Clipper Ships of Space* » de **Carl Wiley**, dans la revue *Astounding Science Fiction*.

C'est en 1958 qu'apparaît pour la première fois le terme *Voile solaires* (*solar sail*) inventé par l'ingénieur américain **Garwin** dans une étude détaillée sur le sujet publiée dans « *Jet Propulsion* ».

Et cet événement marque le début d'une folle course dans ce domaine entre l'URSS, les Etats Unis et l'Europe.

En 1963, paraît la nouvelle d'Arthur Clarke « *The wind from the sun* » contant une course de voiliers solaires entre la Terre et la Lune.

Durant la même année Pierre Boulle publie «*La planète des singes*», roman dans lequel il met en scène des voiliers solaires. Mais malheureusement, ils seront absents du film du même nom.

En 1970 les voiles solaires deviennent réalité avec la sonde Mariner 10 qui utilise la propulsion photonique pour se stabiliser durant son vol vers Mercure.

En 1973, la NASA et ESA engagent des travaux sur les voiliers solaires afin de rejoindre la comète de Halley en 1986. Ce projet sera abandonné en 1977.



Pierre Boulle

Depuis de nombreuses associations sont créées et ont pour but de construire un voilier afin de participer à la course Terre Lune appelée la Luna Cup.

- WSF (World Space Foundation) en 1979
- En France création en 1981 de l'U3P (Union pour la Promotion de la Propulsion Photonique)
- Au Japon la SSUJ (Solar Sail Union of Japan) en 1982
- En 1990 en Espagne la CVS (Comicion Vela Solar) qui s'associe à l'U3P
- Toujours en 1990 création du SRC (Space Regatta Consortium)
- En 1992 création du VSE (le Voilier Solaire européen) chargé de concevoir le voilier solaire européen

Enfin le 4 février 1992 déploiement par les Russes du miroir solaire Znamia, qui préfigure les futures voiles solaires.

La propulsion photonique

Pratique

Le Soleil émet des photons, c'est-à-dire une onde électromagnétique assimilable à des grains de lumière; il émet aussi entre autres éléments, des noyaux lourds, des électrons et des protons, qui constituent le vent solaire.

Une erreur courante est d'associer vent solaire et propulsion photonique. Ils n'ont aucun lien. Ce sont les photons qui, par leur réflexion sur la surface d'une voile, lui communiquent une partie, faible mais constante, de leur énergie. Les noyaux lourds du vent solaire se propagent à des vitesses de quelques centaines à quelques milliers de kilomètres par seconde le long des lignes des champs magnétiques interplanétaires alors que les photons solaires se déplacent, eux, en ligne directe à la vitesse de 300.000 km par seconde.

Dans l'ensemble de notre système solaire, un véhicule spatial est soumis à l'attraction gravitationnelle du Soleil et des planètes. S'il est à proximité d'une planète, c'est l'attraction gravitationnelle de cette planète qui sera prépondérante. Qu'elle soit en orbite autour du Soleil

(comme le sont les planètes elles mêmes) ou autour d'une planète, une voile solaire est un véhicule spatial qui possède une caractéristique originale par rapport aux satellites habituels : aux différentes forces d'attraction qui s'exercent sur elle et qui déterminent sa trajectoire vient s'ajouter en permanence une force d'origine photonique qui peut être utilisée pour modifier la trajectoire initiale.

Une voile solaire est un miroir qui réfléchit le faisceau lumineux incident. L'action engendre la réaction. La pression photonique exercée par la lumière solaire s'exerce dans une direction perpendiculaire à la surface de la voile. En orientant cette voile, il est donc possible de choisir la direction dans laquelle l'accélération va agir et donc de quelle manière l'orbite sera modifiée.

Théorie

Le soleil, source infinie, rayonne son énergie dans tout l'espace grâce à sa symétrie sphérique.

Malheureusement, son énergie rayonnée est ainsi proportionnelle au carré de la distance qui sépare le point émetteur du récepteur.

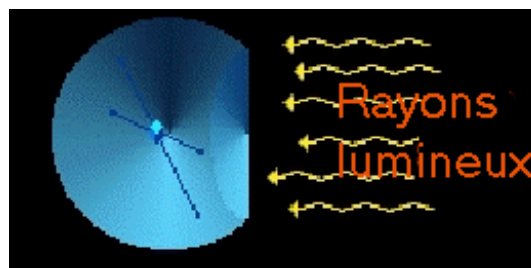
Ce qui nous donne la formule :

$$S=3*10^{25}/R^2$$

- S est la puissance rayonnée par unité de surface en W/m²
- R est la distance au soleil (en mètre)

La terre est située à une distance de $R=1.5*10^{11}$ m, ce qui nous donne $S=1358$ W/m².

Si nous utilisons une voile solaire pour aller sur Mars qui est a une distance d'environ 1.5 fois celle de la Terre, la puissance passe a 43% de celle au départ de la Terre. Et si nous décidons de prolonger le voyage jusqu'à Jupiter, qui est, elle, située 5.2 fois plus loin que nous du soleil, nous ne recevrons plus que 3.7% de l'énergie initiale.



Donc cela explique en partie pourquoi l'exploration à l'aide de voiliers solaire ne se fera que dans notre système solaire : plus l'on va loin moins l'énergie reçue est importante.

Nous pouvons calculer, grâce a la formule qui suit la force exercée sur le voilier solaire :

$$F_{\text{voile}}=P_{\text{radiation}} * A_{\text{voile}}$$

- F_{voile} est la force exercée sur la voile (en N)
- $P_{\text{radiation}}$ est la pression de radiation qui dépend de S (en N/m²)
- A_{voile} est la surface de la voile

On en déduit par le principe fondamental de la dynamique :

$$M*a=P_{\text{radiation}} * A_{\text{voile}}$$

$$a=(P_{\text{radiation}} * A_{\text{voile}})/M$$

Où «a » est l'accélération du voilier solaire.

On en déduit que si l'on désire une accélération importante il faut :

- Une grande surface d'exposition (voile),
- Une masse embarquée faible,
- Une grande pression de radiation.

Cela fut un problème pour la conception pendant longtemps, mais, de nos jours, les matériaux employés permettent de réaliser des voiles très légères (données de l'U3P) :

- 30 kg pour une voile de 2000 mètres carrés
- voile métallique ultra-fine de type Aurora de 200 000 mètres carrés pour les mêmes 30 kg

Les intérêts

Stabilisation des satellites et des sondes

Actuellement, la technologie impose des rectifications de trajectoires limitées sur les satellites et sondes et cela uniquement à cause de la nécessité de consommer le minimum d'énergie.

Cette énergie est pourtant nécessaire pour, par exemple, l'optimisation des trajectoires des satellites géostationnaires.

Et l'énergie revient cher dans l'espace. En effet, plus un satellite est lourd et grand, plus son coût de lancement est important.

Pour palier à cela, les satellites sont conçus avec les réservoirs les plus légers et petits possibles, ils ont donc une énergie embarquée faible permettant uniquement de petites corrections de trajectoires et limitant la durée de vie de ces satellites.

Mais cela pourra être résolu grâce à l'utilisation de la propulsion photonique. Celle-ci utilise l'énergie délivrée par le soleil, qui est intarissable. La seule modification à effectuer sur les satellites est l'ajout d'une voile capable de transformer cette énergie en moyen de propulsion.

Cette technologie a été étudiée par la NASA pour modifier la trajectoire de la sonde Mariner 10 et utilisée en 1970 durant son vol vers la planète Mercure.

Prévention des vents solaires

Le soleil émet régulièrement des rayons tels que les rayons lumineux, rayons X et rayons gamma mais aussi des jets de protons, ions et électrons. Ce sont ces derniers qui forment ce que l'on appelle couramment les vents solaires. Ils se déplacent à grande vitesse : 400 km par seconde et interagissent avec la magnétosphère de la Terre, à la manière d'un générateur qui convertit l'énergie cinétique du vent solaire en énergie électromagnétique, transmise ensuite à la magnétosphère. Ce transfert d'énergie peut aller jusqu'à une puissance de 10^{13} watts, soit la consommation mondiale d'énergie.

L'effet le plus connu du grand public est l'aurore boréale mais de nombreux autres phénomènes existent comme :

- La perturbation du transport d'électricité (ils provoquent des surcharges d'énergie),

- La perturbation des transmissions des satellites (notamment pour le système GPS),
- La destruction de l'ADN.

Ces effets, heureusement, sont faibles sur Terre car la magnétosphère nous protège.

Mais, dans l'espace, cette barrière naturelle n'existe pas et les vaisseaux et stations spatiales sont énormément exposés ainsi que les spationautes embarqués.

Il n'y a aucun moyen de protéger de manière permanente les vaisseaux contre ces vents solaires.

La seule action possible est l'observation des vents solaires et l'émission de contre-mesures.

Ce principe est simple mais le problème réside dans sa réalisation.

En effet, il faut d'abord effectuer les mesures nécessaires avec un temps d'avance sur leur arrivée sur les vaisseaux. Etant donné la vitesse de ces vents, une mesure de quelques minutes d'avance nécessite une mesure au point L1 de libration, situé à une distance de 1,5 millions de kilomètres entre la Terre et le soleil, orbite déjà utilisée de nos jours (par le satellite SOHO) .

Mais ce délai pourrait être amélioré en plaçant un satellite plus proche du soleil.

Malheureusement, d'après les lois de Kepler, ces orbites donneraient au satellite des vitesses angulaires trop importantes pour le maintenir entre la Terre et nous.

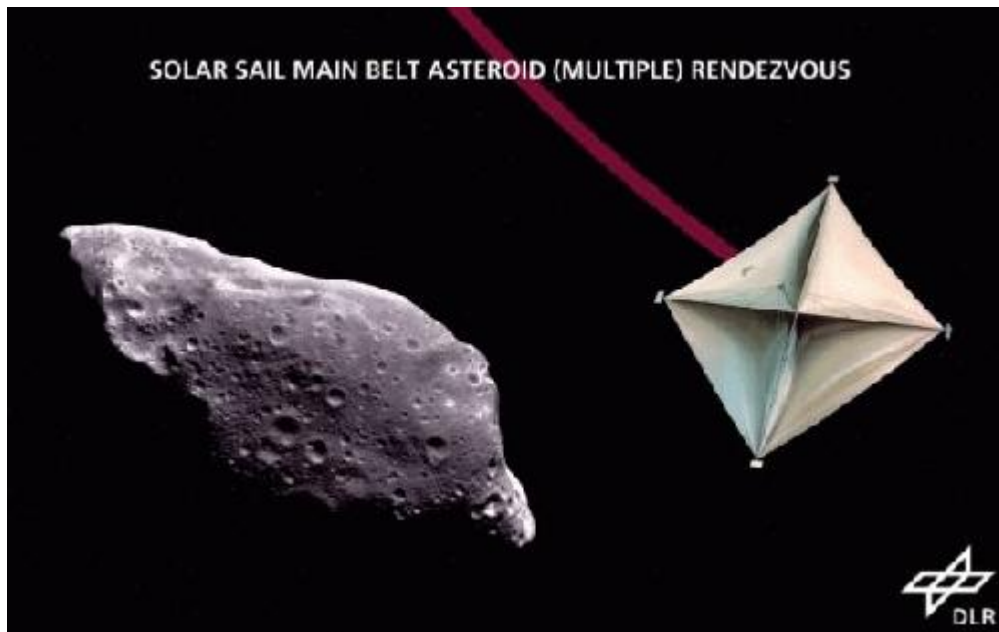
La solution pour réaliser cela est de fournir à ce dernier une force compensatrice constante mais cela est irréalisable avec des satellites classiques. Cela nécessiterait de remplacer ce dernier de manière régulière. Sa consommation d'énergie serait trop grande. Enfin ce projet serait irréalisable car trop coûteux.

Et c'est à ce niveau que les voiliers solaires interviennent : la voile serait alors située près du soleil et permettrait de fournir cette force. De plus, les coûts de production des voiliers sont moins importants et la voile solaire pourrait faire double emploi : elle permettrait le maintien de l'orbite voulue mais aussi pourrait être utilisée pour placer le véhicule sur cette orbite.

Ce projet est actuellement étudié par le Jet Propulsion Laboratory, la NOAA et la USAF.

Interception de comètes et de météorites

Les voiliers solaires, libérés des contraintes de trajectoires rencontrées par les sondes classiques, peuvent prendre les mêmes trajectoires que celles empruntées par les comètes, les suivre et ainsi pourraient permettre d'étudier leurs différents composants, données qui sont nécessaires à certains chercheurs et qui ne sont accessibles que par une observation de proximité.



Les voiliers solaires pourraient très bien remplir cette tâche et même permettre d'étudier la nature des poussières présentes derrière les météorites fournissant ainsi de grandes informations sur les différents astres croisés par une comète.

Un autre objectif réalisable est le dépôt sur cette comète d'un robot qui pourra ainsi effectuer des prélèvements intéressants pour la science.

Cette idée n'est pas nouvelle. Elle a déjà été étudiée par les chercheurs de la NASA pour s'approcher de la comète de Halley en 1986. A l'époque, le projet a été jugé trop complexe. Cela aurait pu être la première mission effectuée par un voilier solaire.

Fonctionnement

Les différents structures des voiles

Les voiles solaires, quelles qu'elles soient, consistent en une large et très mince voile et en un chargement constitué de divers matériel comme des antennes, des ordinateurs des panneau solaires, des détecteurs pour le guidage, des instruments scientifiques, des containers et même, éventuellement une cabine d'équipage. Pour la majeure partie des voiles solaires, ceci se ramène à une petite masse dense attachée au milieu d'une immense voile extrêmement légère.

Stabilisation selon trois axes

Beaucoup de conceptions de voiles solaires utilisent une structure rigide, tout comme un cerf-volant, pour maintenir la voile dans la direction souhaitée afin de capter la lumière solaire. Cette technique s'appelle stabilisation selon trois axes car la structure supporte la voile dans chacune des trois dimensions, ou trois axes, sans mouvement de rotation. Les trois dimensions proviennent des deux dimensions qui constituent la surface de la voile et la troisième est celle perpendiculaire à la voile.

Les extrémités de la voile sont fixées à des baumes rigides qui se réunissent au centre de la voile, ce qui permet d'empêcher l'effondrement de la voile dans son plan. Le second problème est d'empêcher ces baumes de s'effondrer dans la troisième dimension, comme un parapluie qui se replierait.

Les deux techniques suivantes permettent de réaliser ceci :

- Baumes
- Baumes, mâts et haubans

Mais n'importe quelle autre structure qui empêcherait la voile de s'effondrer pourrait fonctionner tout aussi bien.

Baumes

Si seules les baumes doivent supporter une voile solaire, elles doivent agir en tant que colonnes et comme barrots. Comme colonnes, les baumes empêchent la voile de s'effondrer vers l'intérieur, vers le centre. Comme barrots, les baumes sont rigides et fixées au centre, comme un plongeur, pour empêcher la voile de se replier comme un parapluie.

Voici quelques exemples de voiles solaires stabilisées de cette manière.

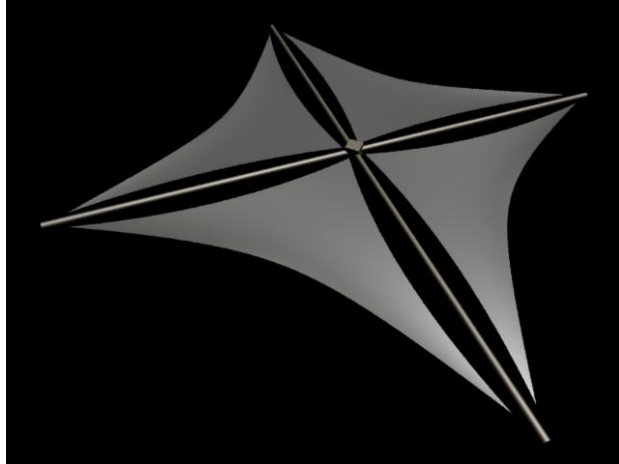
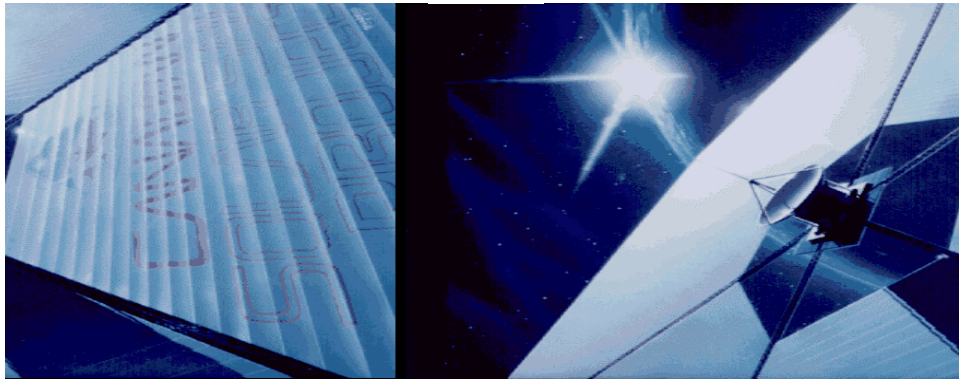


Image 2

Image 1



L'image 1 est une voile carrée simple qui utilise quatre baumes fixées au centre pour supporter les quatre sections triangulaires de la voile.

L'image 2 est la conception initiale du projet canadien de voile : Canadian Solar Sail Project, qui proposait une course à la lune en 1992 en l'honneur du 500^{ième} anniversaire de la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb. Cette voile a six sections et s'oriente en inclinant les segments de la voile comme store vénitien afin de changer la direction de la poussée de la lumière du soleil sur la voile. Cette image est de Paul Fjeld, un artiste/ingénieur qui fait beaucoup d'illustrations pour la Canadian Space Agency.

Baumes, mâts et haubans

En utilisant une combinaison de baumes, mâts et haubans, une voile solaire stabilisée triaxialement peut être réalisée afin de gagner du poids, au prix d'une complexité accrue. En supportant les baumes avec des mâts et des haubans, elles ne doivent seulement agir en tant que colonnes et non plus en tant que barrots. Les mâts sont placés perpendiculairement aux baumes et les haubans relient les baumes entre elles et aux mâts. Les baumes peuvent être rendues beaucoup plus légères car les haubans et les mâts empêchent la voile de se plier. Ce genre de structure est semblable à une antenne radio très grande supportée par des câbles. Les images suivantes donnent quelques exemples de voiles solaires de ce types.

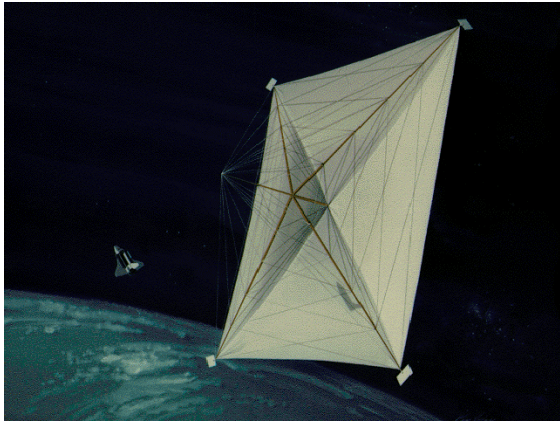


Image 3

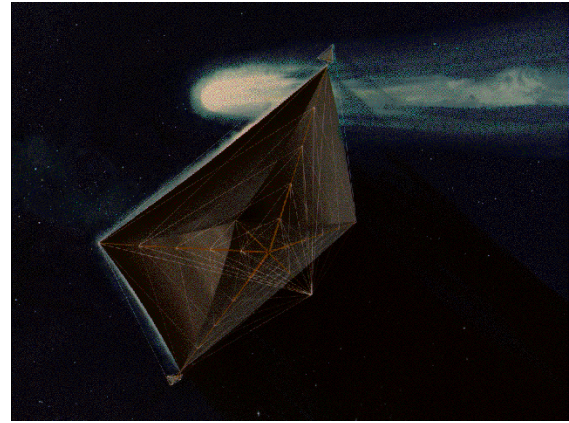


Image 4

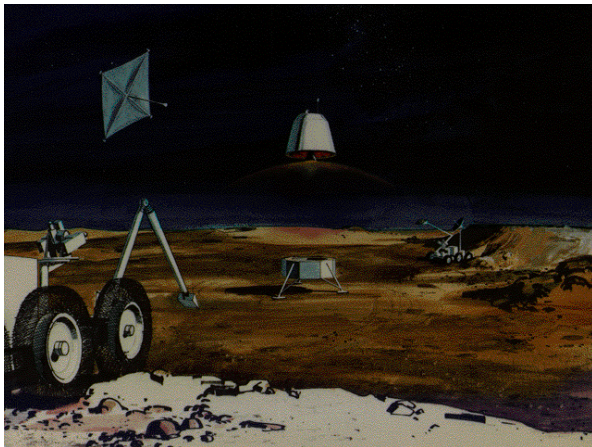


Image 5

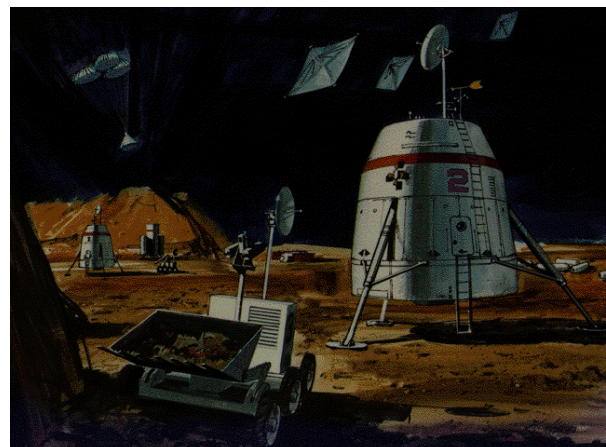


Image 6

L'image 3 est une voile solaire carré en orbite autour de la Terre. Des voiles utilisant à la fois la propulsion ionique et la propulsion photonique ont été beaucoup étudiées pour le projet « rendez-vous to Halley's Comet » des années 70 parce que ces méthodes de propulsion étaient le seul moyen de faire aboutir le projet en un temps restreint. Malheureusement, les fonds furent retirés aussi bien pour les voiles solaires que pour la recherche sur la propulsion ionique. Cette voile utilise des palettes à chaque coin de la voile qui peuvent être tournées afin de guider le vaisseau spatial et réorienter la lumière du soleil.

L'image 4 dépeint une autre voile carrée rencontrant une comète. Cette conception a seulement deux palettes aux coins opposés, mais permet aussi de fournir un contrôle total de l'engin.

L'image 5 montre une mission robotique dont le retour des échantillons de Mars sur Terre se ferait grâce à une voile solaire, alors que l'image 6 montre une mission d'humain sur Mars supporté par les voiles solaires. Utilisant une voile semblable à celle conçu pour la mission de la Comète de Halley, une unique voile solaire pourrait transporter une grande charge utile de la Terre vers Mars en 4 à 6 mois tous les deux ans.

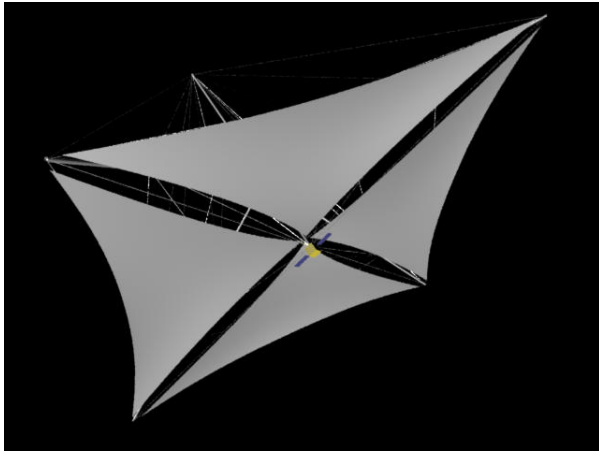


Image 7

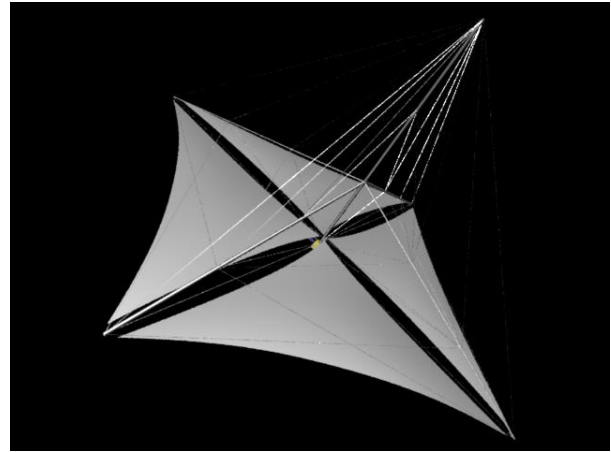


Image 8

Les images 7 et 8 sont des vues avant et arrière de la voile conçue par Jérôme Wright qui a amélioré la conception de la voile de la mission pour la Comète de Halley.

Stabilisation par rotation

La rotation tire sur la voile rigidifiant et aplanissant la voile ce qui permet à la voile de ne pas s'effondrer lorsque la lumière solaire pousse dessus. Ceci s'appelle l'accélération centripète, qui est la même force qui empêche l'eau de sortir d'un seau que l'on fait tourner. Puisque la matière de la voile est très légère, il est utile de la renforcer avec quelques lignes de tensions pour supporter les tensions dues à la rotation. Un des avantages de cette solution technique est que la structure lourde de la voile sera réduite puisque les lignes de tensions sont beaucoup plus légères que les baumes utilisées dans la stabilisation sur trois axes. Ainsi, les voiles à stabilisation par rotation offrent des possibilités intéressantes afin d'obtenir un gain de poids et une vitesse accrue.

Voiles circulaires

Les voiles circulaires sont de grands disques en rotation supportés uniquement par de légères lignes de tension excepté au centre de la structure où on a besoin de soutenir la charge utile, le système de contrôle à la voile.

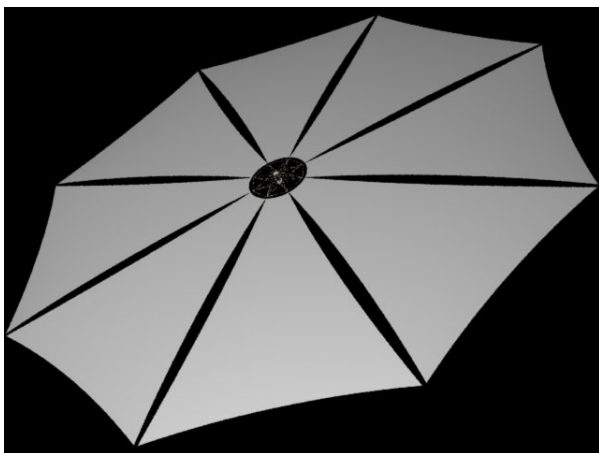


Image 9

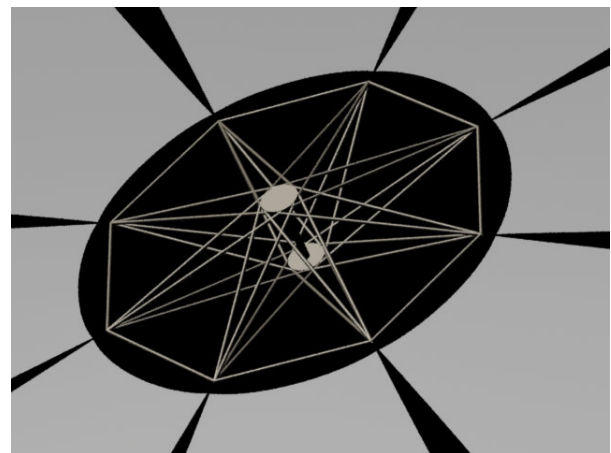


Image 10

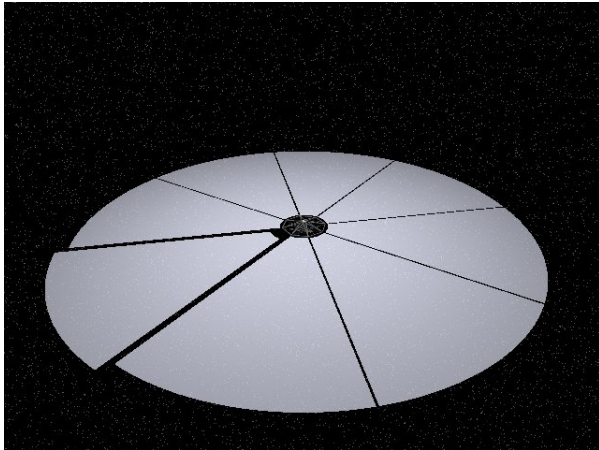


Image 11

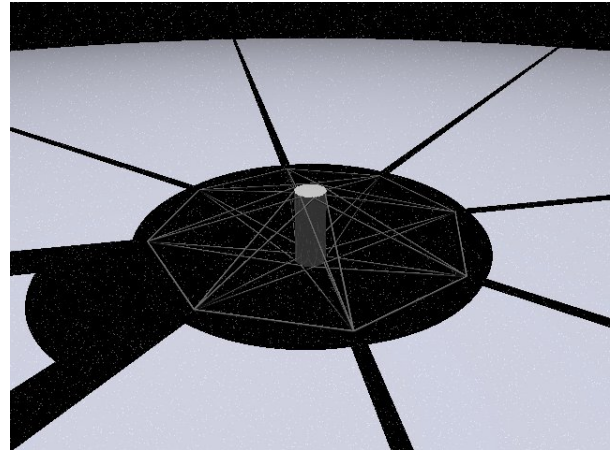


Image 12

L'héliogyro

L'héliogyro fut imaginé par le Jet Propulsion Laboratory pour la mission de la Comète de Halley. La voile est en fait constituée de plusieurs bandes très longue (12 bandes de 7 km de long dans le projet de JPL) se rejoignant en un moyeu central. Les bandes sont déployées à partir de rouleau par rotation du vaisseau. La force centripète tire les voiles vers l'extérieur et les déroule. L'engin continue sa rotation pour maintenir les bandes tendues. Le voilier se dirige en inclinant les bandes, qui redirige la pression photonique.

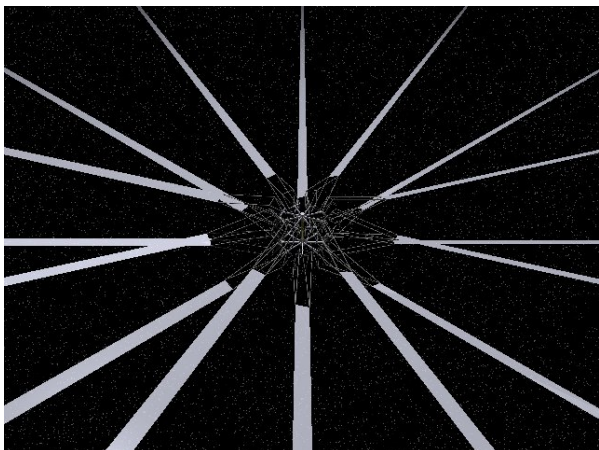


Image 13

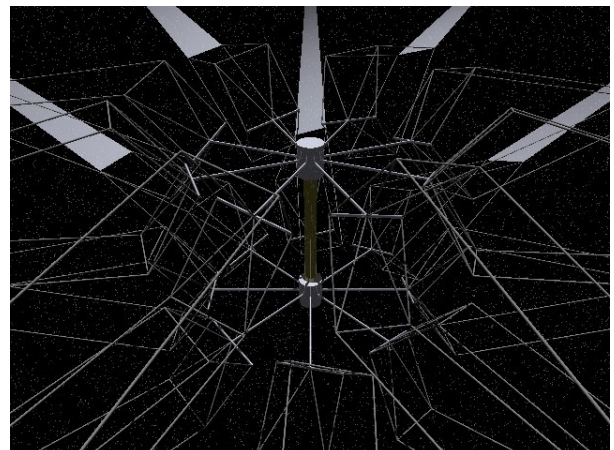


Image 14

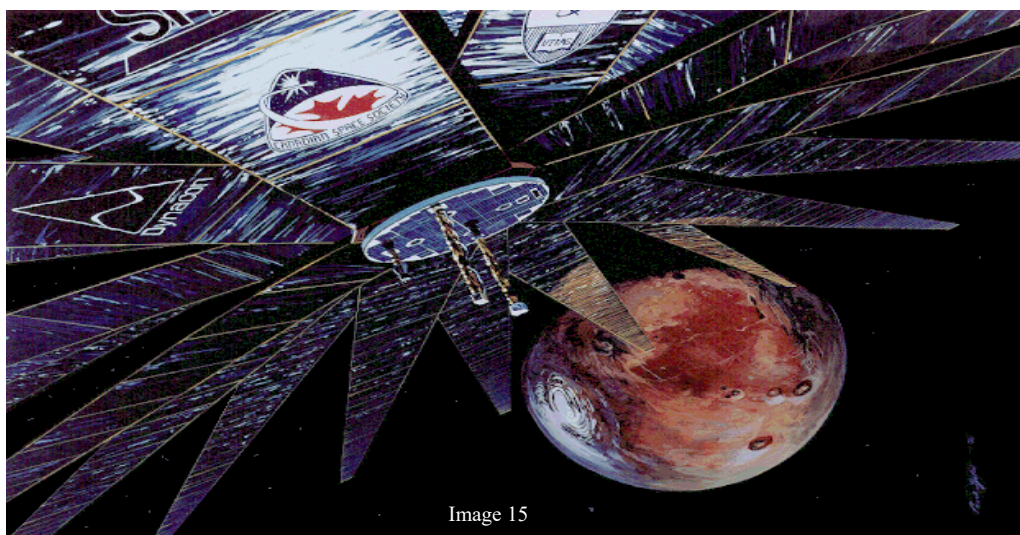


Image 15

Les techniques de pilotage

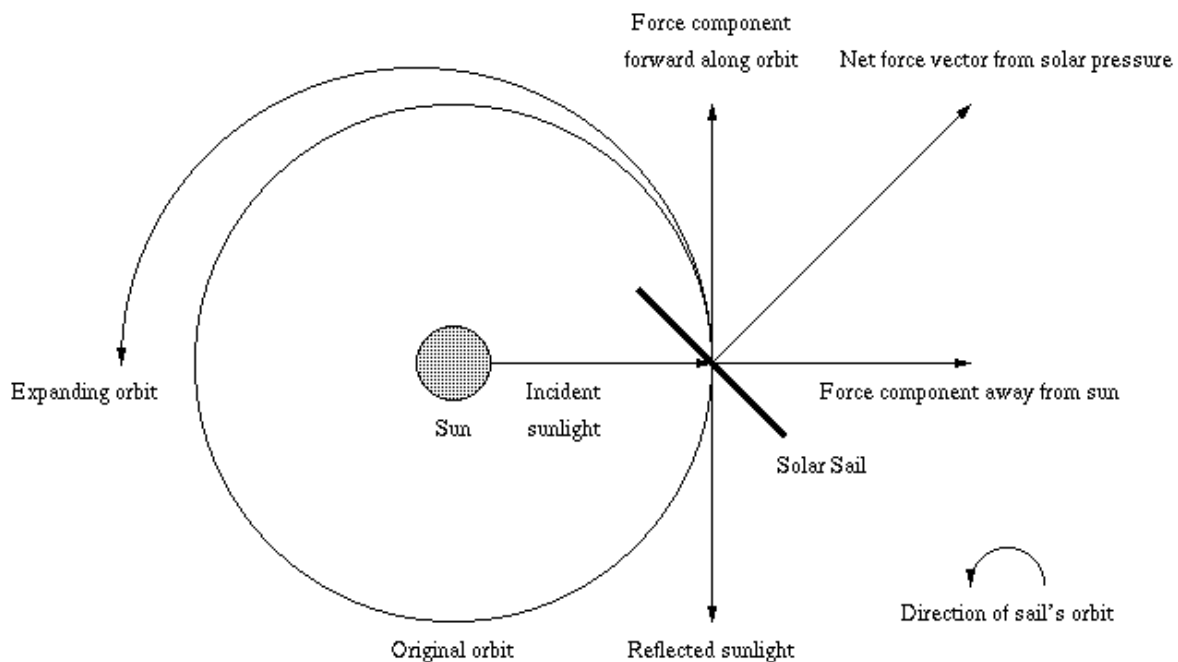
Comme tout marin sait, piloter un bateau c'est mettre dans la bonne position les voiles et le bateau pour optimiser la vitesse et la trajectoire en fonction des différentes contraintes extérieures telles que le vent, le courant et les récifs.

Le pilotage d'une voile solaire bien que différent comporte les même contraintes, il faut orienter la voile en fonction de la position du soleil, de la trajectoire désirée et des autres forces comme celle de gravitation.

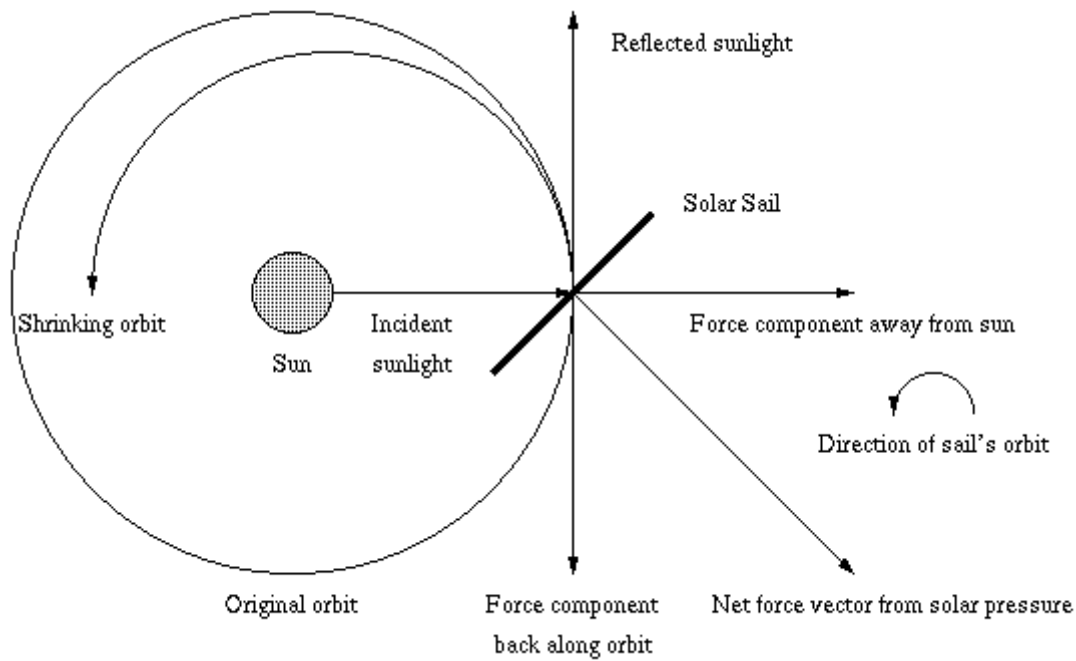
Les voiles solaires se déplacent, tout comme les autres vaisseaux spatiaux, suivant des orbites autour du soleil.

Un vaisseau spatial classique peut à tout moment modifier son orbite pour se rapprocher du soleil ou, au contraire, s'en éloigner. En rétrécissant ou en élargissant son orbite, simplement en poussant le vaisseau dans la direction opposée.

Les voiliers solaires eux aussi peuvent faire de même mais avec quelques contraintes supplémentaires car la force qui propulse la voile est toujours selon la même direction c'est-à-dire qu'elle est dirigée dans la direction opposée au soleil et elle est quasiment toujours selon un angle droit par rapport à la voile. Une telle force a tendance à éloigner la voile du soleil si elle est avant la normale à la voile, ou à la rapprocher si elle est derrière comme le montre les schéma suivants.



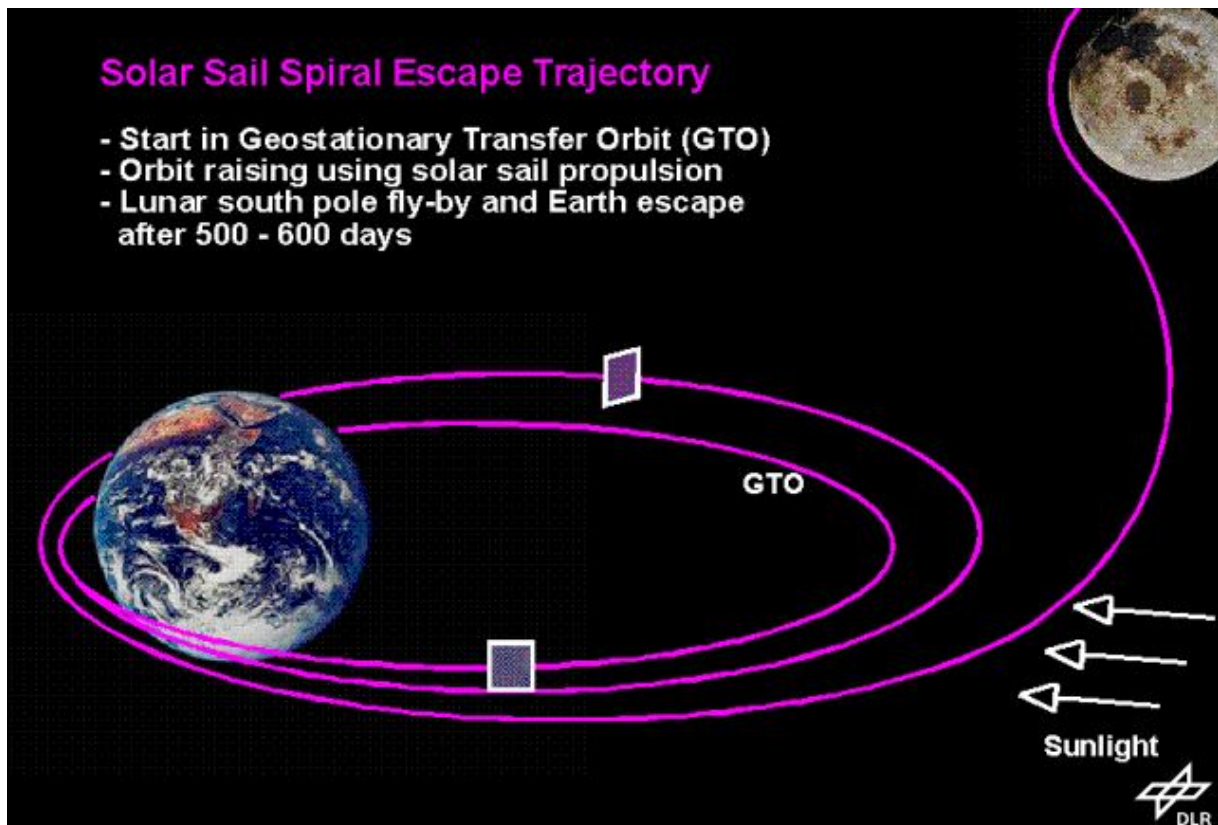
La force est dirigée vers l'avant
le rayon de l'orbite augmente



La force est dirigée vers l'arrière
le rayon de l'orbite diminue

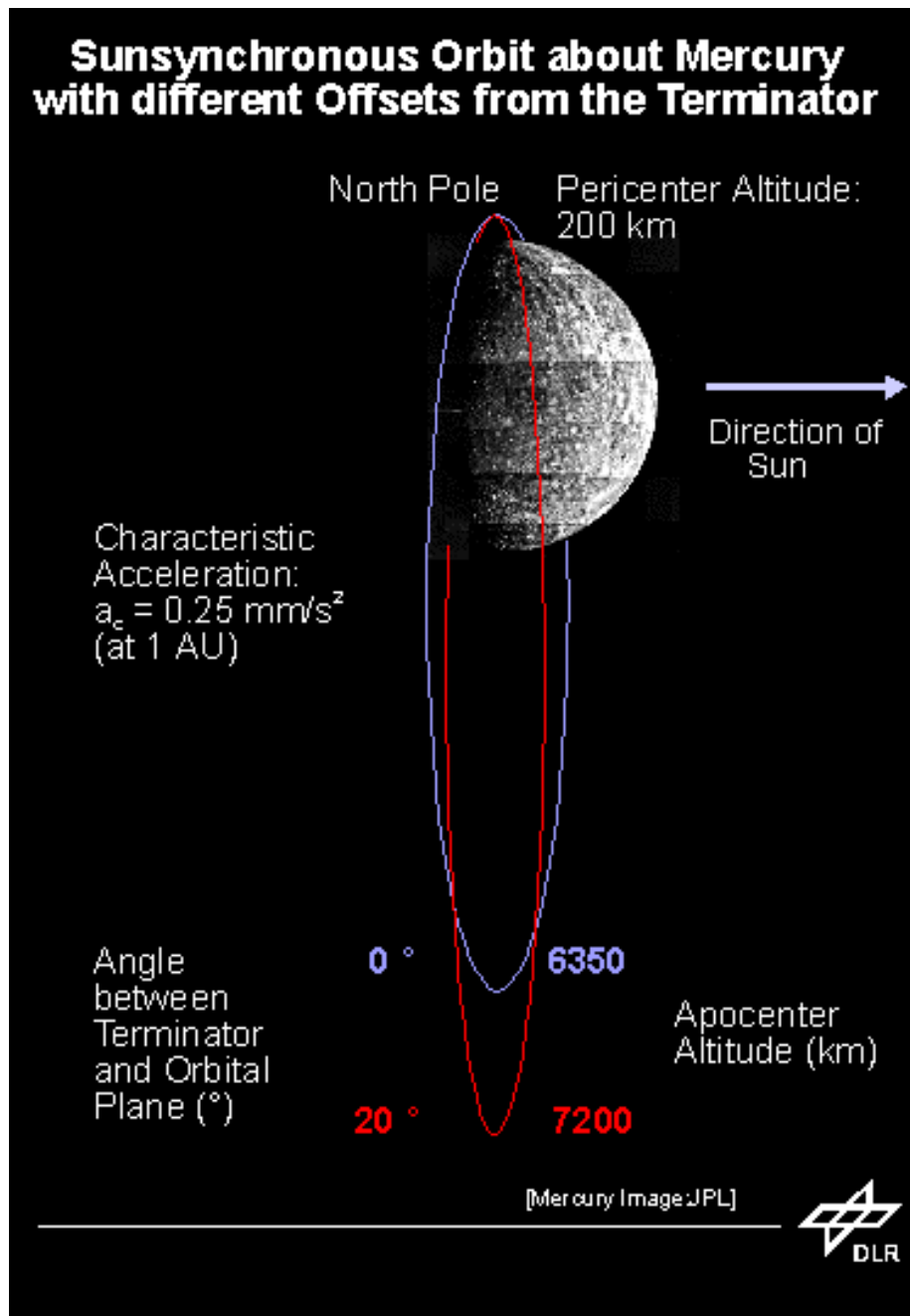
Mais cela est une vision simpliste car les voiles solaires sont soumises à plusieurs forces, la force produite par le soleil principalement mais aussi la force produite par les rayons réfléchis, les forces d'attraction créée par les astres environnants et les forces que créent les vents solaires.

Voilà un exemple de choix de trajectoire pour que la voile partant de la Terre aille jusqu'à Mercure.



Tout d'abord celle-ci est lancée depuis la Terre et commence par décrire des ellipses autour de celle-ci de manière à acquérir de la vitesse. Ces ellipses étant de plus en plus larges une fois la vitesse limite acquise la voile se sert de la force de gravitation de la lune pour décrocher de celle de la Terre et grâce à sa vitesse elle se libère ensuite de celle de la lune.

Ainsi lancée elle décrit plusieurs orbites autour du soleil pour se rapprocher de Mercure et ainsi pour ce placer à proximité de son champ de gravitation.



Une fois celui-ci atteint elle l'utilise pour jouer entre la force de propulsion que fournit le soleil et la force de gravitation de manière à se placer sur l'orbite désirée .

Le projet Znamya

Introduction

Le projet Znamya démarre en 1988 lorsque les Etats-Unis proposent pour commémorer le 500^{ème} anniversaire de la découverte de l'Amérique d'organiser une course de voiliers solaires entre la Terre et la lune.

Ce projet de course est malheureusement abandonné par les Etats-Unis faute de subventions suffisantes mais le projet russe a poursuivi sa route grâce à la création du Space Regatta Consortium (SRC).

Le but de ce projet est d'ouvrir la voie pour les futurs projets de voile solaire mais aussi de tester les matériaux qui seront la base de la technologie des voiliers solaires tels que les films métalliques extrêmement fin qui construiront la voile. Mais aussi de tester les grandes structures déployables de films minces formées par les forces centrifuges.

Tous ces travaux serviront aussi bien pour les voiliers solaires que pour la fabrication de satellites ou d'antennes ayant cette forme.

Znamya (qui veut dire bannière en Français) n'est pas à proprement parler un voilier solaire mais un miroir solaire, son but est de permettre d'éclairer certaines régions de la Terre qui sont peu exposées au soleil par l'orientation de sa surface métallique qui fait office de miroir de l'espace.

Znamya 2.0

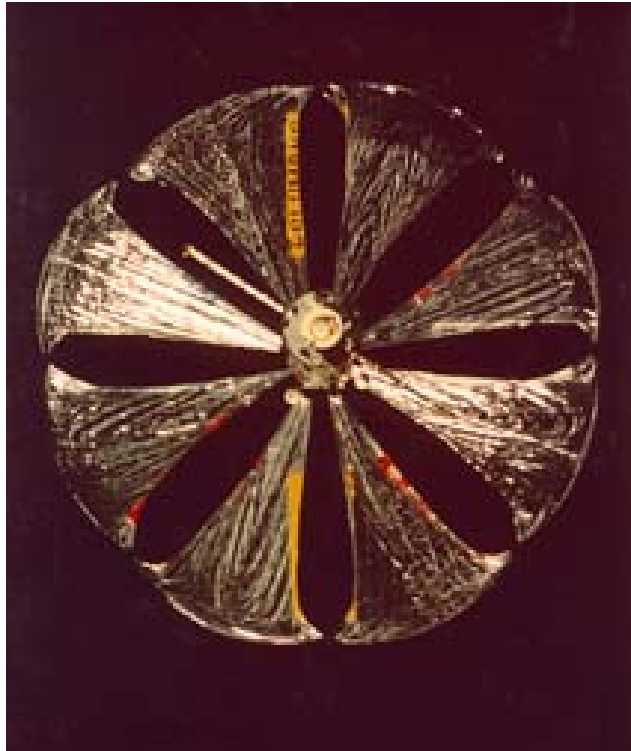
C'est le premier miroir réalisé de la série des Znamya et c'est une première mondiale.

Le 4 février 1993 à bord de la station Mir les spationautes préparent le vaisseau Progress pour qu'il puisse, une fois séparé de la station Mir déployer le miroir Znamya 2 (nouvelle lumière) et grâce à ce miroir éclairer certaines régions de la Terre.

Cette voile métallique mesure 20 mètres de diamètre et sa structure circulaire est maintenue par rotation autour de son axe, elle est constituée de 8 secteurs vides et de 8 bandes pleines et d'un dispositif permettant d'effectuer une rotation ainsi que d'un autre pour tester la stabilité.

Les raisons de son lancement étaient principalement de:

- Vérifier les théories élaborées autour de ce projet
- Tester la stabilité et les autres caractéristiques de la structure
- Eclairer la partie sombre de la Terre
- Tester la manœuvrabilité de la voile



Znamya 2.0

Tous ces tests ont été réalisés et contrôlés grâce à l'équipement de la station Mir et ils ont permis de confirmer les options choisies par les soviétiques ainsi que de réaliser des vidéos du vol de cette voile.

La voile ainsi déployée a rempli sa mission de réflecteur lumineux, éclairant la Terre à travers un faisceau de 5 km de large, à une vitesse de 8 km/h elle a éclairé l'Europe juste avant l'aube.

Elle a ainsi éclairé la France, la Suisse, l'Allemagne, la Tchécoslovaquie, la Pologne et a fini par disparaître lors du lever du soleil en Biélorussie.

La météo étant malheureusement mauvaise ce jour-là (ciel nuageux) peu de gens ont pu en profiter, mais de nombreuses personnes ont raconté avoir vu un flash lumineux à travers les nuages.

La luminosité de ce miroir était de 1 lune.

Poursuivant sa route Znamya a été très visible dans le ciel du Canada créant un émerveillement général et rendant publique la merveilleuse histoire de ces voiliers solaires.

Une autre des conséquences de ce vol a été de montrer que même si un réflecteur pouvait permettre d'éclairer une grande ville celle-ci serait plus utile pour éclairer des régions peu éclairées de manière naturelle telles que les régions proches des pôles qui sont plongées pour de long mois dans un hiver profond ou permettre d'éclairer des régions victimes de catastrophes naturelles pour faciliter le travail des secours.

Znamya 2.5

Cette voile a été programmée pour tester les nouvelles techniques de pilotages et la nouvelle conception de la voile.

Cette fois la voile fait 25 mètres de diamètres et grâce à sa nouvelle conception, elle devrait être 5 à 10 fois plus lumineuse, entre 5 et 10 lunes. Et les innovations technologiques apportées pourraient permettre d'éclairer aussi bien l'Europe que l'Asie ou même l'Amérique.

Ce vol est un test intermédiaire avant de passer à des tailles de miroirs plus importantes, la voile est toujours arrimée au vaisseau Progress.

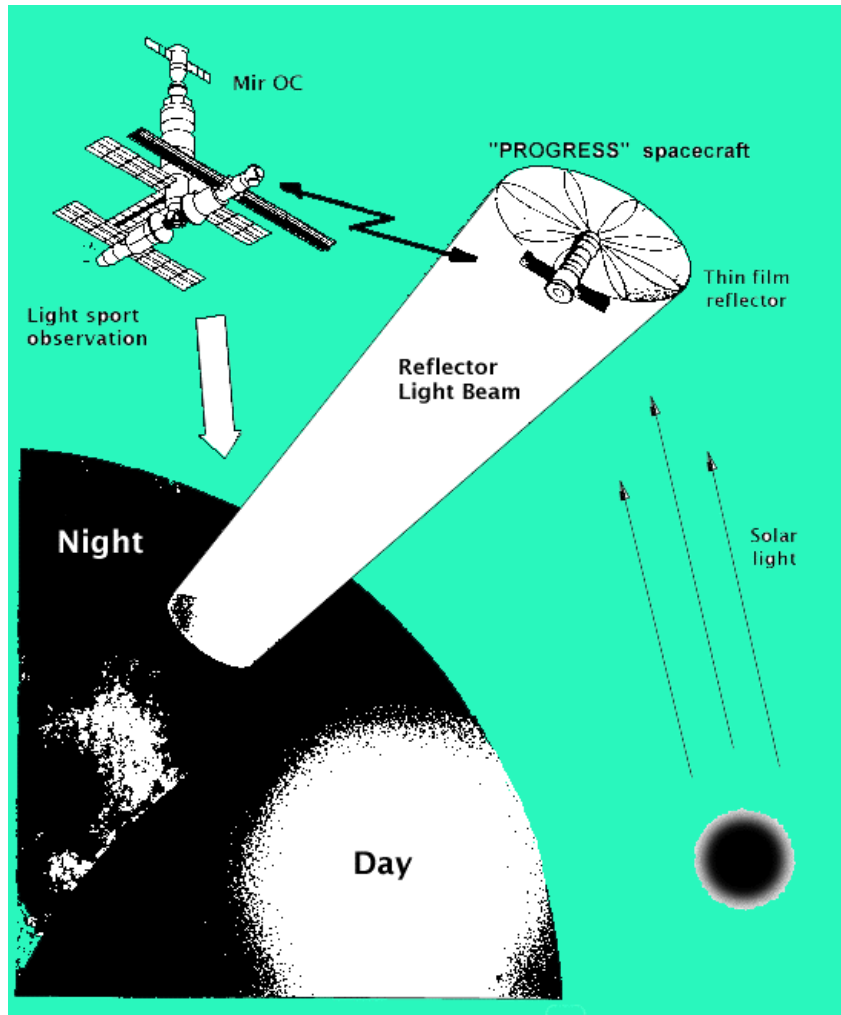


Schéma du fonctionnement de Znamya 2.5

La voile a d'abord été embarquée dans la station Mir d'où les spationautes ont ensuite préparée le vaisseau Progress pour pouvoir y arrimer la voile.

Le vaisseau Progress devait ensuite s'éloigner de la station Mir pour éviter tout incident durant le déploiement du miroir et vérifier ensuite le pilotage manuel de l'ensemble Progress + Znamya avant de commencer à éclairer la Terre.

Le déploiement a été programmé pour le 4 février 1999.

Dans la première phase tout c'est bien déroulé jusqu'au moment où la voile a commencé à se déployer et où, malheureusement, une antenne c'est déployée sur la même trajectoire mettant ainsi fin à cette expérience en déchirant le film métallique de la voile.

De nombreuses réactions à travers le monde ont poussé les soviétiques à ne pas abandonner à ce stade le projet Znamya. Et suite à ce soutien moral ceux-ci ont décidé de maintenir le programme mais de le rendre plus international, en faisant participer tant sur le plan humain que financier d'autres pays tels que la France ou les Etats-Unis.

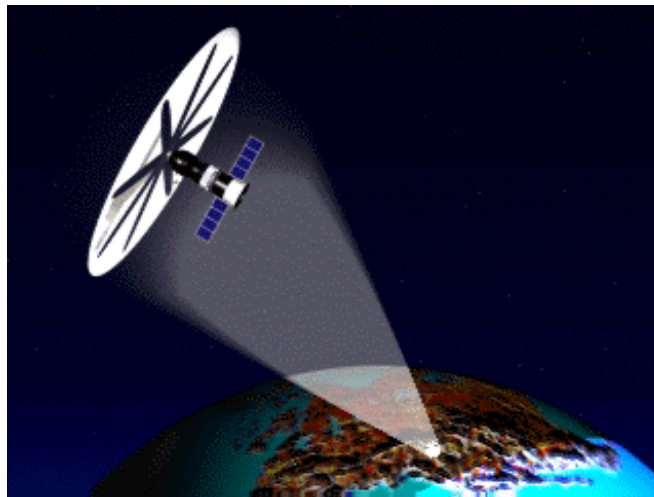
Selon certaines rumeurs les soviétiques envisagent de retenter l'expérience, durant cette année, mais ce ne sont que des rumeurs pas encore confirmées et cette nouvelle expérience nécessitera une forte participation financière car la Russie ne peut plus de nos jours soutenir un programme spatial de cette ampleur.

Znamya 3.0

Znamya 3 est la phase principale du programme, elle nécessitera une modification du cargo Progress et de ces instruments de pilotage.

La voile sera cette fois-ci d'un diamètre de 60 à 70 mètres soit environs le triple des précédentes ce qui explique en partie que tout le dispositif d'ancrage entre Znamya et Progress soit reconçu et l'élaboration d'un nouveau dispositif de contrôle.

De plus l'ensemble ainsi formé présentera un tel moment d'inertie que la consommation de carburant pour le contrôle serait trop grande et donc pour la première fois les russes utiliseront la propulsion photonique pour manœuvrer la voile solaire.



Modélisation de Znamya 3.0

Cette voile était programmée pour 2002 mais suite à l'échec de Znamya 2.5 l'expérience pourrait être retardée.

Le coût de Znamya 3 selon les estimations du SRC sera de 20 millions de dollars.

Le but de cette voile est toujours de vérifier le concept et les choix technologiques effectués par l'équipe russe avant de passer à la phase de réalisation de miroirs solaires « permanents ».

Les vaisseaux solaires

Ce sont des vaisseaux spatiaux équipés d'un réflecteur solaire.

La première conception de ces vaisseaux date du projet américain de 1988, ils ont pour mission de permettre d'éclairer des régions de la Terre grâce à leur voile faisant office de miroir permettant ainsi de rediriger les rayons lumineux issus du soleil.

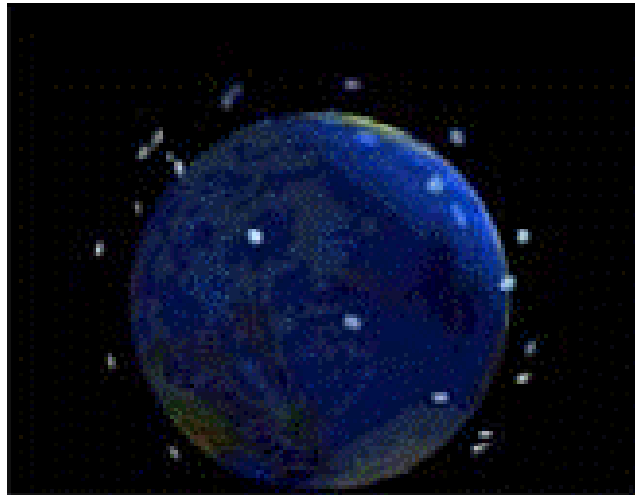
Ces vaisseaux seront formés d'une voile de 200 mètres carrés et pèseront à peine 500 kg, le contrôle de l'altitude s'effectuera à l'aide d'un gyroscope couplé à la voile.

Le gyroscope est constitué lui même d'un réflecteur principal et d'un réflecteur secondaire de plus petite taille (appelé contrôle) qui fonctionne grâce à la propulsion photonique.

Le voilier solaire ainsi constitué sera capable de manœuvrer sans aucun carburant à son bord, il sera placé sur une orbite à 15000 ou 45000 km d'altitude et sa luminosité sera de 10 ou 100 lunettes (100 lunettes = 1 pleine lune).

Le coût d'une telle voile solaire sera de 111 millions de dollars dont 80 pour la recherche et le développement, 20 pour la fabrication de la voile, 10 pour le lancement et 1 pour l'exploitation.

Le principe de ce programme est de séparer le ciel en plusieurs secteurs contenant chacun 12 voiliers, chaque secteur permettant ainsi d'éclairer 5 grandes agglomérations avec la même luminosité que la lune.



Le coût de la mise en place d'un secteur serait lui de 340 millions de dollars et ce programme pourrait commencer entre 2005 et 2015 en fonction de l'amélioration des techniques de production du film et des résultats obtenus avec Znamya 3.

Conclusion

Les voiliers solaires sont actuellement peu utilisés mais sont voué à jouer un rôle important dans notre futur. Déjà les scientifiques promettent une exploitation de cette technologie pour intervenir dans les programmes spatiaux à venir. D'ici un siècle, grâce à ces vaisseaux spatiaux, nous connaissons beaucoup mieux notre système solaire et nous seront capable de nous rendre sur d'autres planètes quatre à cinq fois plus vite qu'avec les moyens actuels.

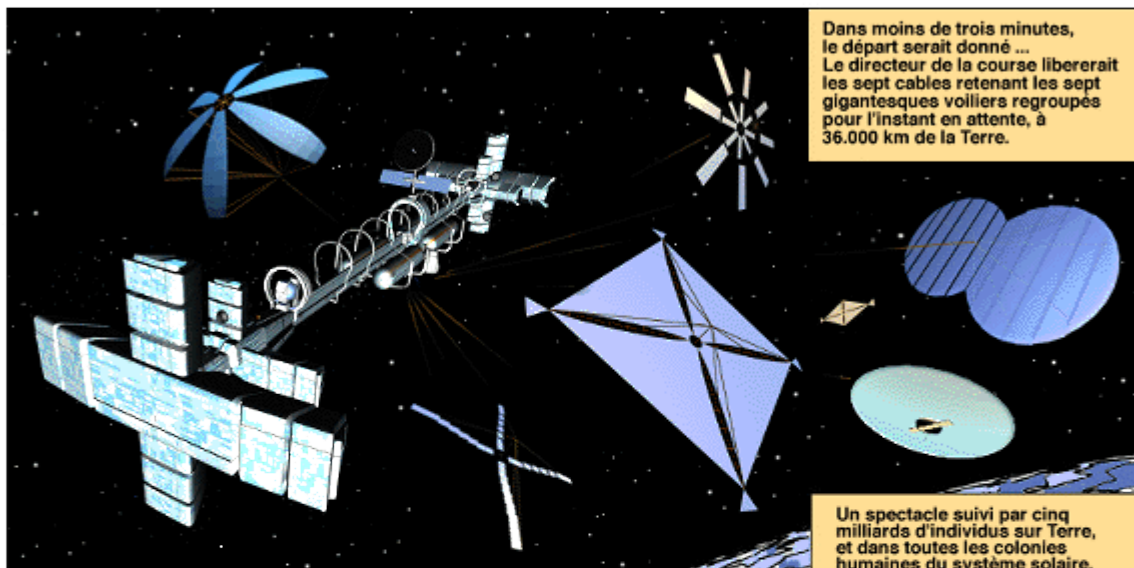
Mais ce n'est pas tout, les voiliers solaires sont peu coûteux et surtout ne consomment pas de carburant. Ils pourraient permettre ainsi d'effectuer des navettes entre deux planètes pour transporter du matériel et des hommes à moindre coût.

Une autre utilisation possible serait la transmission de l'énergie photonique sur Terre grâce à un miroir solaire tel que Znamya afin de récupérer l'énergie sur des panneaux solaires et de la transformer en énergie électrique.

Annexe

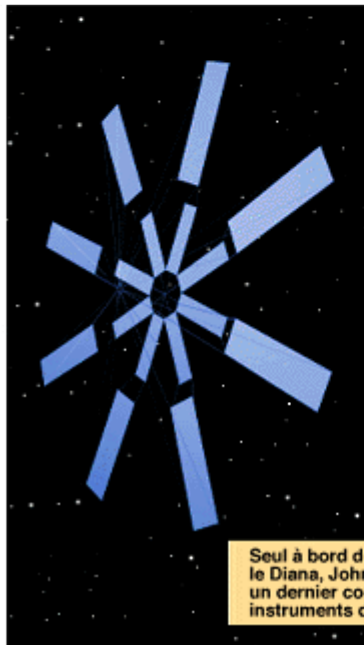
SOUS LE VENT DU SOLEIL

Texte et dessins Olivier Boisard
D'après la nouvelle d'Arthur C. Clarke
The Wind From The Sun

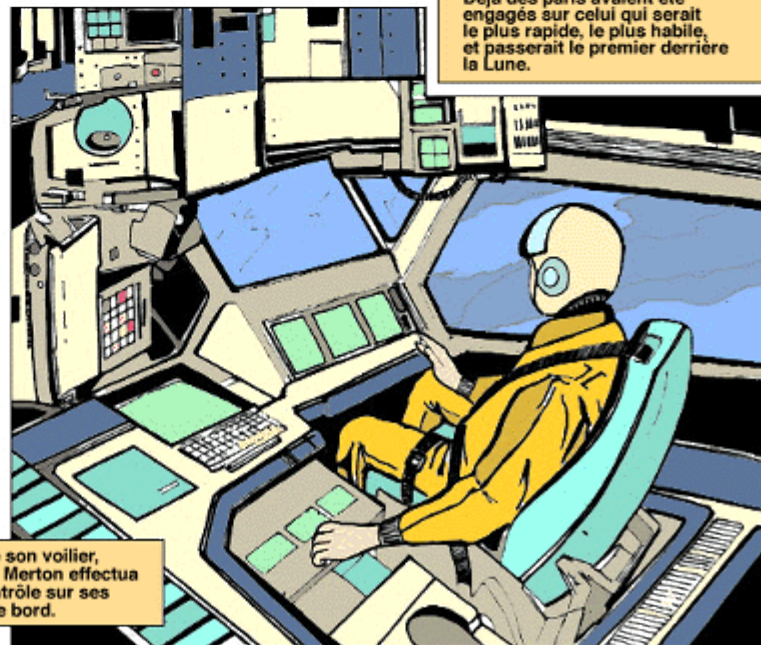


Dans moins de trois minutes, le départ serait donné... Le directeur de la course libérerait les sept câbles retenant les sept gigantesques voiliers regroupés pour l'instant en attente, à 36.000 km de la Terre.

Un spectacle suivi par cinq milliards d'individus sur Terre, et dans toutes les colonies humaines du système solaire. Déjà des paris avaient été engagés sur celui qui serait le plus rapide, le plus habile, et passerait le premier derrière la Lune.

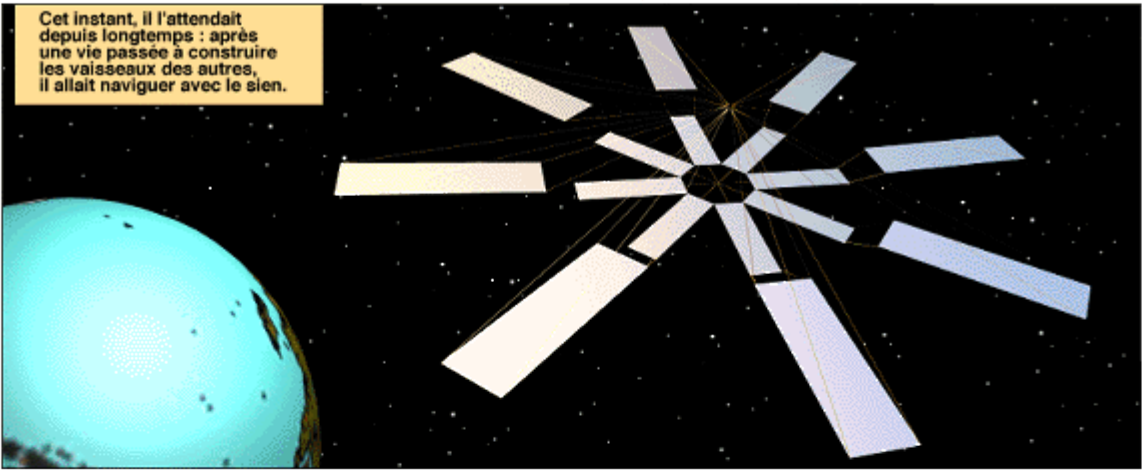


Seul à bord de son voilier, le Diana, John Merton effectua un dernier contrôle sur ses instruments de bord.

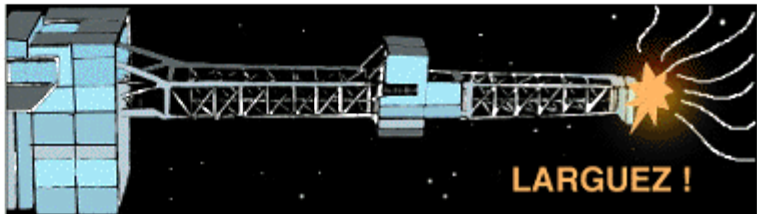
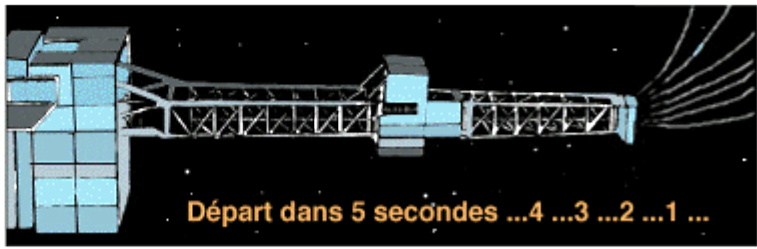


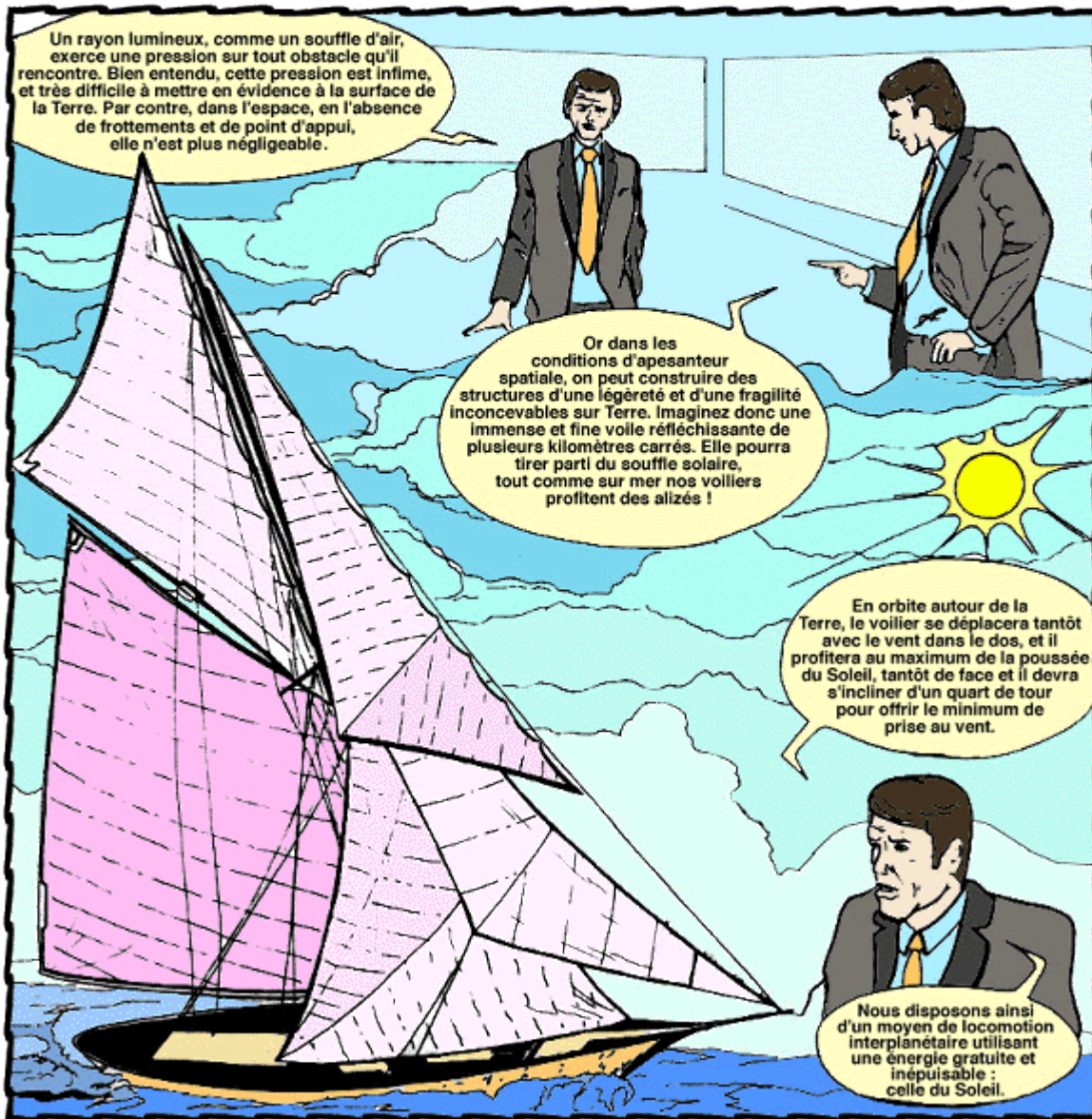
© O. Boisard 1985-1996 - 1

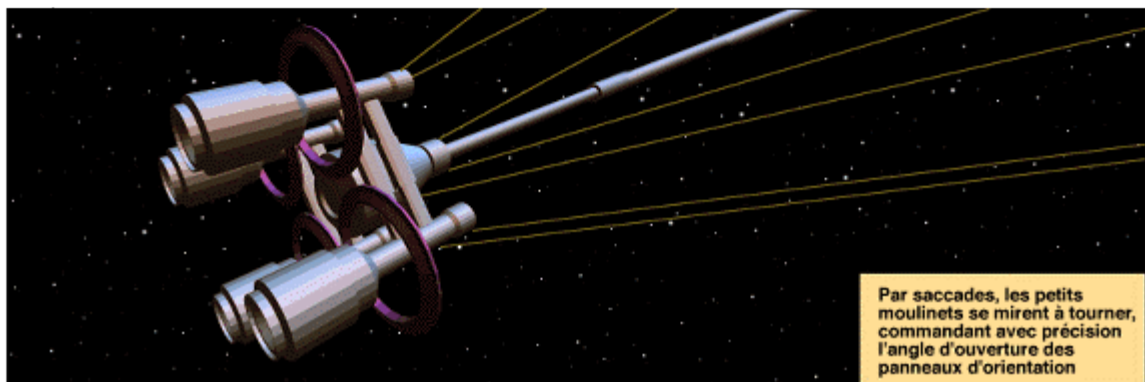
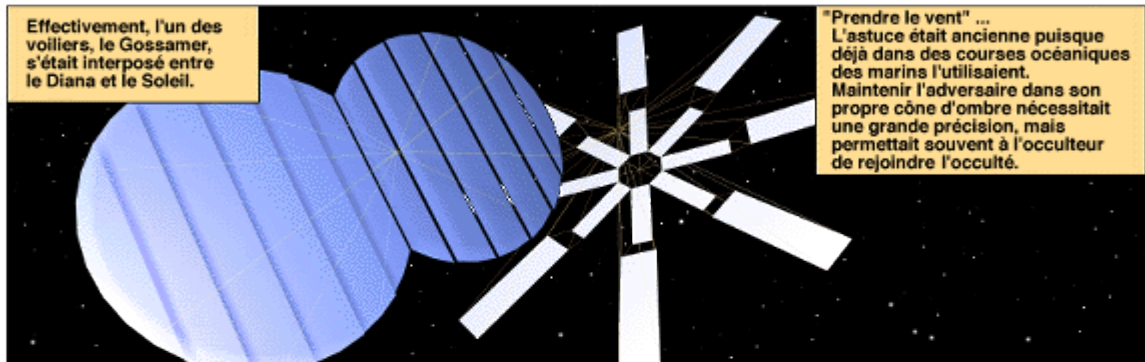
Cet instant, il l'attendait depuis longtemps : après une vie passée à construire les vaisseaux des autres, il allait naviguer avec le sien.



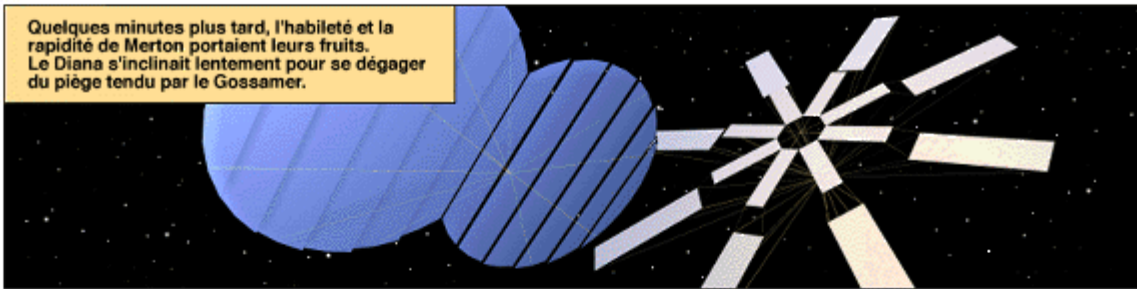
Depuis son quartier général, le Commodore Van Straten, directeur de la course, procéda à l'appel des concurrents.







Quelques minutes plus tard, l'habileté et la rapidité de Merton portaient leurs fruits. Le Diana s'inclinait lentement pour se dégager du piège tendu par le Gossamer.



Parfait !
Le Diana s'avère être aussi maniable que le l'espérais.



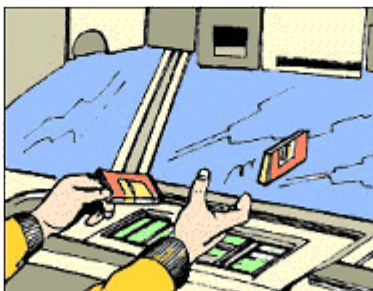
Longtemps après qu'il se fut dégagé de l'ombre du Gossamer, Merton inclina son voilier pour reprendre une trajectoire normale. Maintenant qu'il était hors de danger, il était inutile d'en faire trop et de changer complètement de route.



Bien qu'il n'eut pas particulièrement faim, Merton prit quelques unes de ses rations de nourriture déshydratée.



C'était un règle difficile de la navigation solaire : à peine une manoeuvre commençait-elle à porter ses fruits qu'il fallait penser à l'interrompre.



En l'absence de pesanteur, le corps dépense peu d'énergie et oublie facilement de s'alimenter. Oubli dangereux car si une urgence se présente, il faut toujours être en état d'y faire face.

Beurk ! ...
Encore de gros progrès restent à faire en gastronomie spatiale !



Docteur Merton ? ...
Docteur Merton ? ...







Merton savait très bien qu'il n'avait pas réellement répondu à la question du reporter. Il existait des raisons plus profondes qui l'avaient conduit à voyager en solitaire. Et Jeremy Blair était assez fin pour l'avoir deviné et ne pas insister.



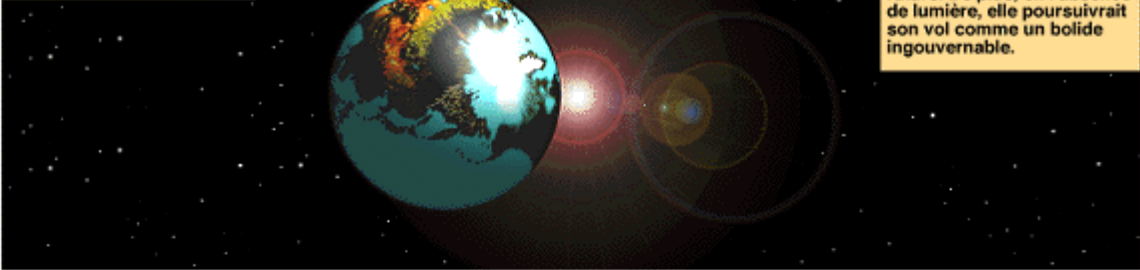
Cette course était sa dernière chance de réalisation individuelle. Dernière car le cycle de tranquillité du Soleil s'achevait, et d'ici cinq ans, les tempêtes de radiations dans le système solaire seraient trop intenses pour pouvoir s'aventurer à bord de la capsule non protégée d'un voilier.

Durant toute sa carrière, Merton avait travaillé avec des centaines ou des milliers de personnes. Même s'il était célèbre et avait derrière lui une vie professionnelle remplie de succès, il n'avait toujours été que quelqu'un parmi d'autres.



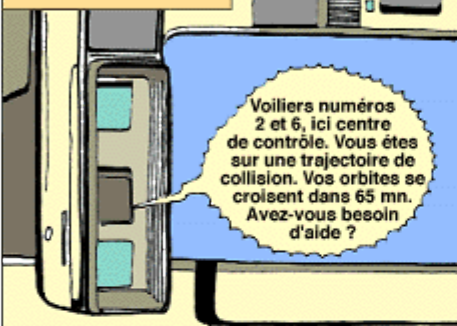
Mais dans cinq ans, Merton serait trop âgé ...

Maintenant, le Soleil disparaissait lentement derrière la Terre ... Et en quelques minutes, le voilier serait plongé dans l'obscurité.



Phase de transition très délicate durant laquelle la voile serait soumise à de fortes variations de température. De plus, en l'absence de lumière, elle poursuivrait son vol comme un bolide ingouvernable.

Soudain, la radio crépita...

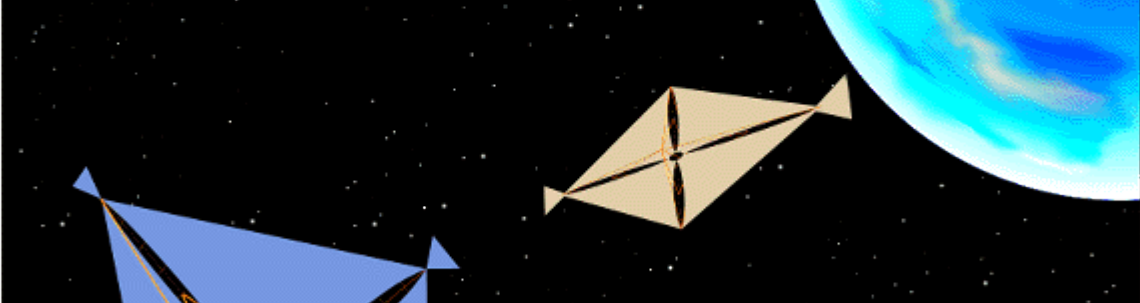


Voiliers numéros 2 et 6, ici centre de contrôle. Vous êtes sur une trajectoire de collision. Vos orbites se croisent dans 65 mn. Avez-vous besoin d'aide ?



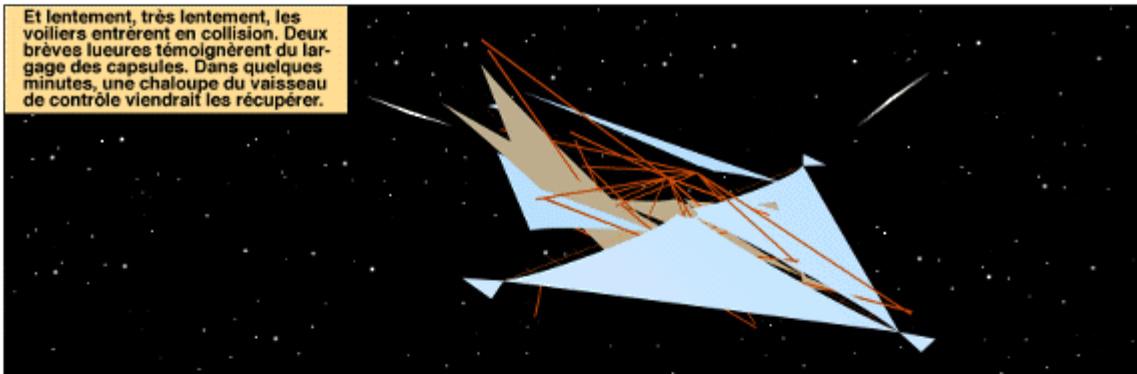
L'un des voiliers a du vouloir "prendre le vent" de l'autre, comme le Gossamer avec moi au début de la course, et mal calculer son coup. Maintenant qu'ils sont dans l'ombre, les deux engins ne peuvent contrôler leurs trajectoires et la collision est inévitable ...

Les deux voiliers n'étaient plus qu'à quelques kilomètres l'un de l'autre.



Domage pour eux, mais ils sont jeunes, ils auront d'autres occasions de courir.

Et lentement, très lentement, les voiliers entrèrent en collision. Deux brèves lueurs témoignèrent du largage des capsules. Dans quelques minutes, une chaloupe du vaisseau de contrôle viendrait les récupérer.



Sorti de l'ombre de la Terre, le Diana allait entamer sa remontée au Soleil. Merton manoeuvra pour n'offrir que le minimum de prise au vent.



Sur le circuit vidéo, le visage d'un des concurrents apparut. C'était Dimitri Markov, pilote du Lebedev.



Hello John, on va se sentir de plus en plus seuls là-haut n'est-ce pas ?

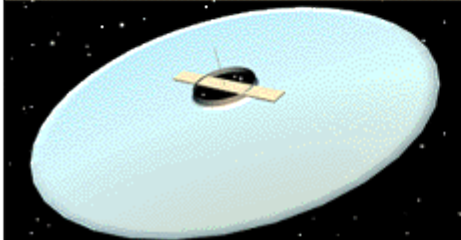
Pas vous, Dimitri. Vous avez encore de la compagnie derrière. Moi oui, je suis un peu seul devant !



Ha! Ha! Rappelez-vous la fable du lièvre et la tortue. Il peut arriver bien des choses dans les prochains cinquante mille kilomètres. Tenez, je viens d'apprendre que le Sunbeam a quelques difficultés à virer.



Le Sunbeam était une voile circulaire tendue par l'effet centrifuge de sa rotation. Malheureusement, cette rotation lui donnait une trop grande stabilité, et ne pouvoir virer signifie remonter au Soleil en restant exposé au maximum à son rayonnement. Autrement dit, reperdre toute la vitesse acquise par vent arrière.



Patientez quelque temps. Lorsque nous aurons atteint la vitesse de libération de la Terre, les jeux seront faits, et il y a peu de chances que les classements ne soient alors modifiés.



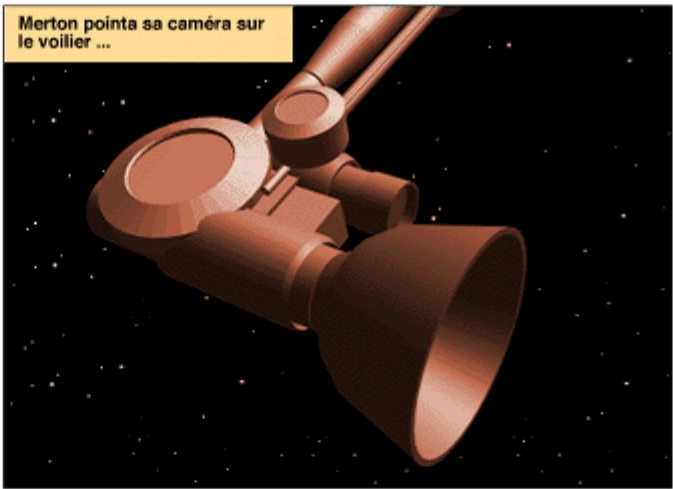
Mais ... Que se passe-t-il ? D'après l'ordinateur, il semble que ...



© O. Boisard 1985-1996 - 9

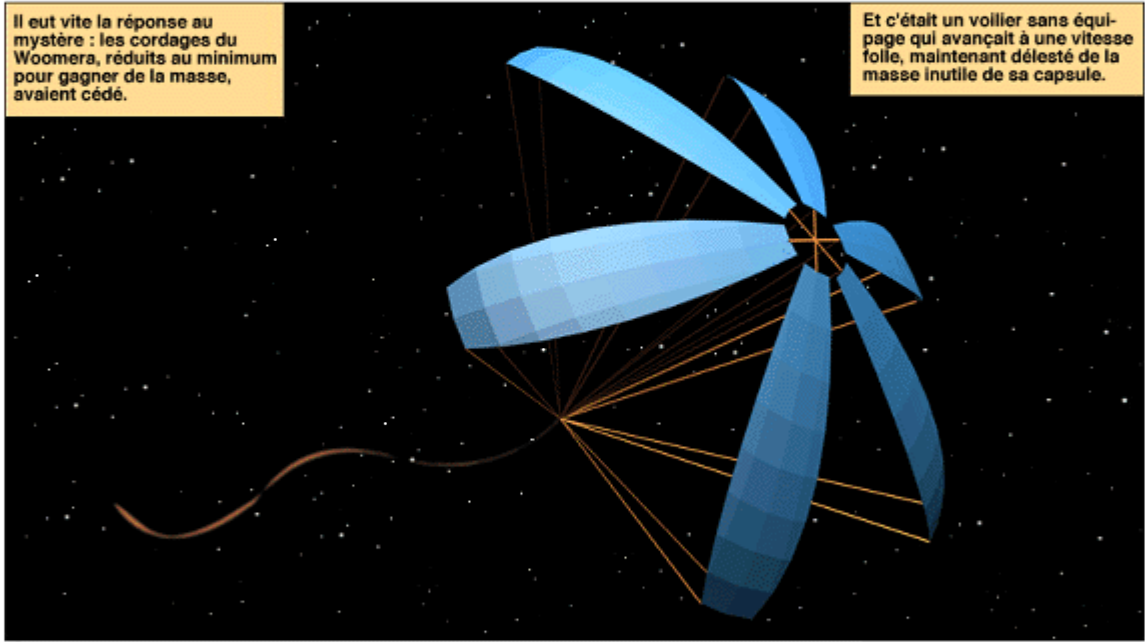


Oui, il semble que le Woomera nous rattrape à une vitesse fantastique !



Merton pointa sa caméra sur le voilier ...

Il eut vite la réponse au mystère : les cordages du Woomera, réduits au minimum pour gagner de la masse, avaient cédé.



Et c'était un voilier sans équipage qui avançait à une vitesse folle, maintenant délesté de la masse inutile de sa capsule.



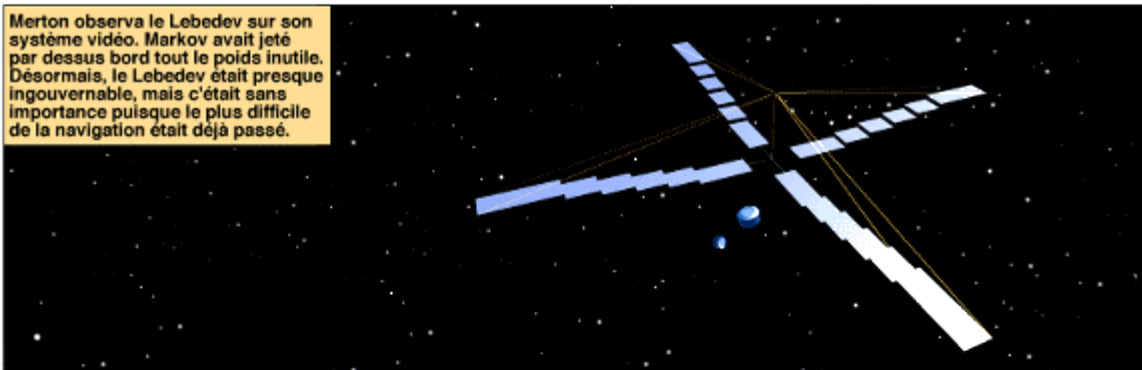
Nous ne sommes plus que trois véritablement en course. Et le Gossamer a actuellement un problème de vibrations qu'il ne parvient pas à amortir. La lutte va se jouer contre le Lebedev.



A nouveau, Dimitri Markof apparut sur l'écran.

John, je voudrais simplement attirer votre attention sur quelque chose qui risque de vous intéresser.

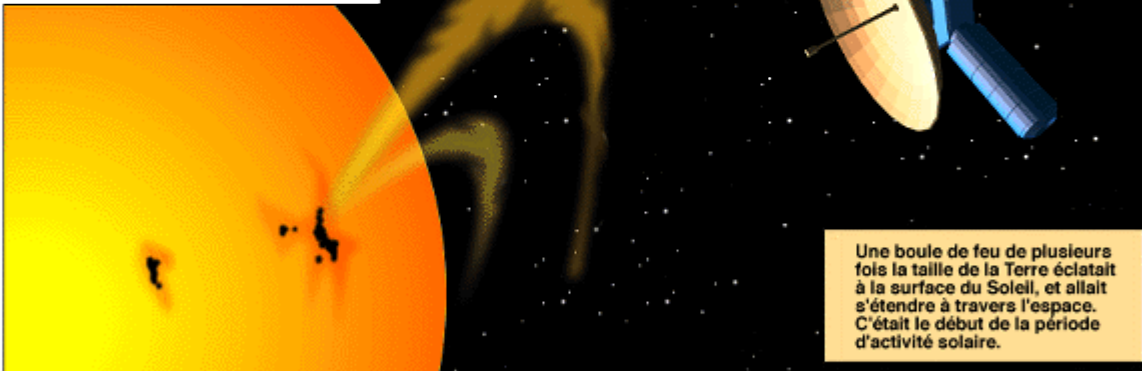
Merton observa le Lebedev sur son système vidéo. Markov avait jeté par dessus bord tout le poids inutile. Désormais, le Lebedev était presque ingouvernable, mais c'était sans importance puisque le plus difficile de la navigation était déjà passé.



Mes compliments Dimitri. C'est un ingénieux stratagème. Mais vous ne m'avez pas encore rattrapé !

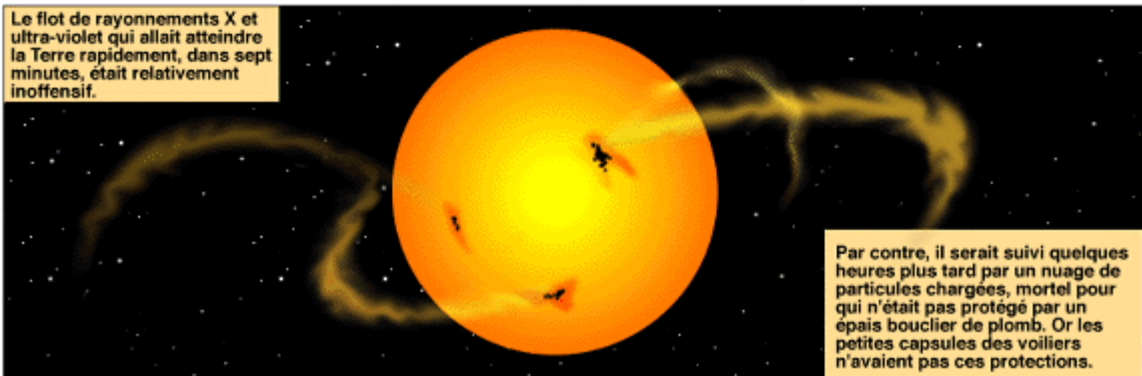
Cependant, le sort de la course était en train de se décider à cent cinquante millions de kilomètres de là.

Les instruments automatiques d'un observatoire solaire, loin à l'intérieur de l'orbite de Mercure, enregistrèrent tout le déroulement de l'éruption.



Une boule de feu de plusieurs fois la taille de la Terre éclatait à la surface du Soleil, et allait s'étendre à travers l'espace. C'était le début de la période d'activité solaire.

Le flot de rayonnements X et ultra-violet qui allait atteindre la Terre rapidement, dans sept minutes, était relativement inoffensif.



Par contre, il serait suivi quelques heures plus tard par un nuage de particules chargées, mortel pour qui n'était pas protégé par un épais bouclier de plomb. Or les petites capsules des voiliers n'avaient pas ces protections.

