

Document 1 : le VENTURE-STAR

Le vaisseau spatial du film de James Cameron est bien moins fantaisiste qu'en apparence et aborde même de façon plausible plusieurs problèmes posés par les voyages interstellaires. Le réalisateur canadien **James Cameron** qui a siégé 3 ans au NASA Advisory Council, vise en effet la création d'une fiction plausible à laquelle le grand public puisse adhérer sans se dire chaque seconde : «ce truc ne peut pas fonctionner» Dans le film Avatar, le réalisateur a essayé de rester scientifiquement plausible notamment concernant le voyage interstellaire entre la Terre et la lune Pandora. Celle-ci orbite autour de l'étoile Alpha Centauri A, située à 4,36 années-lumière de notre système solaire. Pour ce voyage, il a imaginé un vaisseau, l'ISV Venture Star, qui ne dépasse pas la vitesse de la lumière respectant ainsi la règle établie par Albert Einstein.

Les éléments principaux du Venture Star. Longueur 1500 m

A : mat de déploiement de la voile (ici repliée, car utilisée lors du départ depuis la Terre).

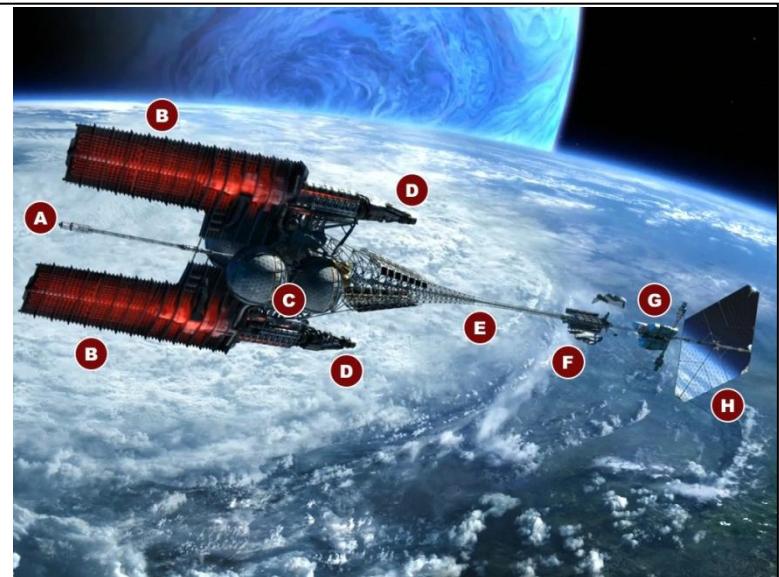
C : sphères contenant le «carburant» (hydrogène et antihydrogène).

E : poutre centrale.

G : modules de transport des passagers en cryosommeil et quartiers d'habitation de l'équipage.

(Crédit : Fox/Lightstorm - Enjoy Space)

Les imposantes sphères contiennent le «carburant», à savoir de l'hydrogène et de l'antihydrogène, ce dernier étant confiné dans des champs magnétiques. Sans cette précaution, l'antihydrogène s'annihilera avec la matière de la paroi des réservoirs en dégageant une énorme quantité d'énergie. C'est ce qu'on fait en revanche volontairement en le mélangeant avec l'hydrogène, mais cette fois-ci au sein des propulseurs prévus à cet effet (voir le schéma ci-dessus) et qui présentent un léger angle par rapport à l'axe du vaisseau. Un angle qui permet d'éloigner le jet au niveau des compartiments cargo et passagers sans quoi chaleur et radiations seraient excessives. Le même souci explique pourquoi ces compartiments sont situés au bout d'une poutre faite d'un enchevêtrement de pylônes en nanotubes de carbone (matériau léger et très résistant dont on fabrique quelques grammes en laboratoire) et sur laquelle nous allons revenir. En effet, trop près de la partie propulsion, les passagers ne survivraient pas aux radiations et le bouclier nécessaire pour les protéger représenterait une masse inerte trop imposante. Penchons-nous aussi sur les impressionnantes rectangles rougeoyants : ce sont des radiateurs, chargés de dissiper dans l'espace l'intense chaleur générée par la réaction matière-antimatière. Ils gardent d'ailleurs leur coloration plusieurs semaines après l'arrêt de la propulsion principale !



B : radiateurs pour le refroidissement.

D : tuyères des moteurs matière-antimatière.

F : compartiments cargo et port d'amarrage des deux navettes.

H : miroir-bouclier.

1. Durant leur voyage vers Pandora, le vaisseau se déplace en moyenne à 60,04% de la vitesse de la lumière, par rapport à la Terre.

1.1. En déduire la vitesse moyenne du vaisseau durant son voyage vers Pandora, en unité SI.

1.2. Calculer la durée  $\Delta T'$  du voyage, mesurée par un observateur terrestre, en seconde puis en année ?

2. D'après la théorie de la relativité restreinte, la durée  $\Delta T'$  du voyage mesurée par un observateur terrestre entre les deux événements : départ de la Terre et arrivée sur Pandora, est différente de la durée  $\Delta T_0$  entre ces deux mêmes événements mais mesurée dans un référentiel lié au vaisseau spatial en mouvement. La durée  $\Delta T'$  et la durée propre  $\Delta T_0$  sont liées par la relation de dilatation des durées :  $\Delta T' = \gamma \cdot \Delta T_0$  avec le coefficient  $\gamma$  donné par la relation suivante où  $v$  est la vitesse relative du vaisseau

$$\text{par rapport à la Terre (question 1.1.) : } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

2.1. Calculer le coefficient de dilatation du temps  $\gamma$  moyen pour le vaisseau Venture Star.

2.2. Au début du film, on apprend que les passagers ont été cryogénisés pendant 5 ans, 9 mois et 22 jours. Retrouver la durée propre  $\Delta T_0$  du voyage, mesurée à bord du vaisseau.

3. Appliquons l'expérience de pensée des jumeaux de Langevin : tandis qu'un des jumeaux (Gaspard) reste sur Terre, l'autre (Albert) doit effectuer une mission de cinq ans sur Pandora.

3.1. Quelle différence d'âge ont les deux jumeaux après qu'Albert a fait le voyage aller à bord du Venture Star, est resté sur Pandora cinq ans et est revenu sur Terre avec le Venture Star ?

3.2. Quelle différence d'âge auraient les deux jumeaux dans le cas où c'est Gaspard qui rejoint Albert sur Pandora après que celui-ci aura terminé sa mission ?

Donnée : vitesse de la lumière  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$