

GESTION DU CARBURANT DANS ORBITER

Petit document récréatif réalisé par Nulentout le 19 06 2008

Soyons honnête, oser anoblir ce document au titre de "tutoriel" est assez effronté, c'est presque de la publicité mensongère. En effet, ce n'est pas sa lecture ni la réalisation des exercices qui sont proposés ici qui va fondamentalement changer votre compétence de pilote dans Orbiter. Si vous en êtes à chercher à comprendre comment augmenter un périhélie ou rendre coplanaire deux orbites, ce n'est pas le moment de consommer du temps d'apprentissage à la gestion des énergies. Bref, si vous débutez dans Orbiter, il vaut franchement mieux investir du temps sur les autres tutoriels relatifs aux fondamentaux du vol orbital.

En revanche, si vous maîtrisez parfaitement les rendez-vous et les rentrées atmosphériques, alors cette récréation peut être envisagée, histoire d'apporter à votre ordinaire un peu de fantaisie. Bien que les applications abordées ici ne soient pas incontournables, elles peuvent aussi se pérenniser dans votre façon de piloter si vous aimez bien chercher à vous approcher de la réalité. On peut aussi bien considérer ce qui suit comme un petit divertissement d'un soir, ou comme une procédure complémentaire disponible en permanence et que vous utiliserez "définitivement" pour tous vos futurs vols dans les étoiles.

Piloter un vaisseau spatial suppose que l'on soit capable d'assurer la navigation, de réaliser toutes les manœuvres relatives à la mission, mais également d'en assumer la maîtrise de tous les systèmes qui participent aussi bien au fonctionnement du vaisseau proprement dit, que des sous-systèmes qui permettent à l'équipage d'y vivre et d'y survivre. La gestion du fuel fait partie des servitudes d'exploitation qu'un pilote sidéral digne de ce nom doit savoir prendre en charge. Ce n'est qu'un aspect parmi tant d'autres très nombreux, mais il se trouve que des programmeurs ont focalisé sur ce domaine spécifique pour nous réaliser des ADD-ONS bien sympathiques. Alors pourquoi ne pas se faire plaisir et s'amuser avec ces compléments ? C'est l'objet de ce petit document sans prétention.

Globalement, information à prendre en compte avec méfiance vu mon incompetence notoire dans ce domaine, on trouve sur la toile deux sortes de compléments pour Orbiter dédiés à la gestion du carburant :

- Les stations service orbitales,
- Les systèmes de bord qui permettent d'assurer la gestion du carburant.

Je vais vous proposer quelques sources, mais il est probable qu'il existe bien d'autres productions qui mériteraient d'être citées ici. Alors pourquoi n'évoquer que certaines au détriment d'autres tout aussi valables ? Tout simplement par le fait que votre narrateur est une vraie "crasse" quand il s'agit d'aller fureter sur Internet. Par exemple, si j'étais un détecteur de métal, je ne serais pas capable de trouver une enclume enfouie à moins de dix centimètres dans le sol ... c'est dire ! Aussi, si certains d'entre-vous ont dégoté d'autres petits cadeaux relatifs au chapitre énergie, ayez la gentillesse de me le faire savoir et je reprendrai ce document pour leur rendre justice. (Par le biais d'un courrier direct sur le site de DAN me semble le canal le plus facile) Bon, passons aux actes.

LES SYSTÈMES DE GESTION DU CARBURANT.

Globalement, étant à bord d'un vaisseau, on peut être amené à faire face à plusieurs situations typiques concernant la gestion du carburant. La façon d'y faire face sera d'autant plus technique que l'ADD-ON dont on dispose est sophistiqué et cherche à ressembler à une complexité crédible. Ceci dit, il reste que certains d'entre nous qui ne peuvent consacrer qu'un temps limité à notre loisir et ne veulent pas se prendre la tête à appréhender des procédures étoffées, préféreraient des systèmes élémentaires rapidement assimilés. La richesse des productions disponibles sur Internet permet de satisfaire les deux publics, vous trouverez donc dans ce document les deux approches. Commençons par celle simplifiée qui utilise un dispositif conçu pour une mise en œuvre élémentaire.

Ayant depuis belle lurette vos galons de commandant de bord, vous devrez typiquement faire face à quatre situations ordinaires dans vos activités de pilotage sidéral :

- * Ravitailler votre vaisseau en orbite.
- * Fournir du carburant à un autre vaisseau. (Solidarité spatiale)
- * Effectuer des transferts de réservoir à réservoir dans votre vaisseau.
- * Purger du carburant pour des raisons de procédures standard ou de situation d'urgence.

Système de gestion "élémentaire".

Nous allons donc mettre en service un ADD-ON résolument orienté vers une gestion très simplifiée du carburant, qui permet de nous tirer de toutes les situations qu'un pilote rencontrera lors de ses missions orbitales. En outre, l'ADD-ON dont je vous propose l'utilisation ici présente l'avantage de réaliser des transferts très rapides, nous épargnant de fait des opérations coûteuses en temps, n'ayant trop souvent à notre disposition qu'une trop courte soirée de loisir dédiée à Orbiter. En résumé, un super système très automatisé et utilisant des pompes "méga-modernes". Mais tout se mérite, il nous faut commencer par installer ce sympathique module.

Installation de FuelMFD.

Ce n'est pas un complément indépendant à franchement parler. Ce module sympathique fait partie intégrante de l'ADD-ON qui modélise la station ISS FLEET 2.0.5 que l'on peut se procurer sur l'incontournable site <http://orbithangar.com/searchid.php?ID=3218>. Si seul le module FuelMFD vous intéresse, il suffit d'en extraire l'unique fichier FuelMFD.dll logé dans le fichier ISSFleetV2.0.5.zip et caché dans le répertoire Modules\Plugin\FuelMFD.dll qu'il suffit d'extraire et de placer dans Orbiter dans le même sous-dossier. Ensuite, comme pour n'importe quel module ajouté, au premier lancement d'Orbiter, il faut valider Fuel MFD qui sera listé dans l'onglet Modules. C'est tout, nous voici paré pour faire face aux servitudes énergétiques de notre vaisseau. Il semblerait logique de détailler ici les diverses commandes de ce complément. Mais comme il est d'une utilisation "intuitive", autant passer directement aux actes, pour des manipulations dont la logique est évidente.

Avant de poursuivre, et en préambule, je vous propose quelques conventions qui je le souhaite vous simplifieront la lecture de ce qui va suivre. Intimement persuadé que la couleur permet de mettre en évidence certains éléments sans avoir à le préciser à chaque fois, dans cette optique, j'utiliserai les conventions tacites suivantes :

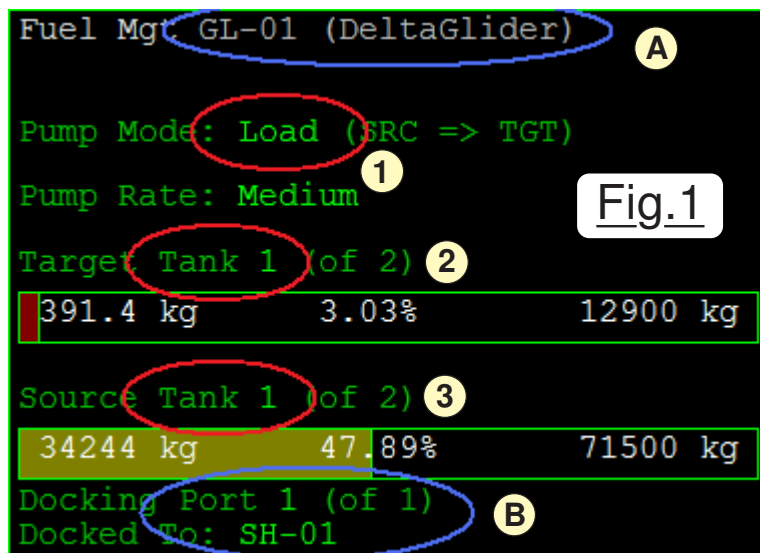
- Un texte écrit en marron tel que FUELIMFD sera relatif à un nom précis de fichier, de répertoire ...
- Un texte écrit en vert tel que Fuel Management sera relatif à une fonction sur le MFD, ou à une information affichée sur celui-ci.
- Un texte écrit en gris Caucasel tel que TMP sera relatif à un bouton de commande du MFD.

Ravitaillement en vol.

C'est assurément l'action la plus basique de toute gestion énergétique, exactement comme faire le plein de notre véhicule automobile. Mais ici, au lieu de nous trouver à proximité d'une station d'essence, nous sommes quelques part dans l'espace, accouplé à une station orbitale, ou à un autre vaisseau de ravitaillement. Chargez la situation 1-Ravitailleur un DG3 sur un Shuttle.scn et consultez les jauges de carburant. OUPS, on est à sec ! Heureusement que la station service n'était pas loin et que l'on a encore été capable d'aller s'accoupler. Par exemple, sur le MFD de gauche sélectionner la fonction Fuel Management. Nous allons procéder au transfert de carburant, sachant que depuis notre vaisseau nous télé-pilotons des systèmes du vaisseau auquel nous sommes accouplés. Avec Fuel Management, la procédure d'un transfert utilise toujours le même schéma chronologique : (Voir Fig.1 page 3)



- ① Désigner le **type de transfert**. Avec le bouton MOD, choisissons la fonction Load.
- ② Choisir sur **notre vaisseau** le réservoir cible. Comme nous allons commencer par ravitailler le réservoir des moteurs orbitaux, avec TGT sélectionnons Tank 1. On peut vérifier qu'il est à peine à 3% de sa capacité, ce qui est confirmé par les informations standard Fuel situées en haut à gauche de l'écran.
- ③ Choisir sur **le vaisseau accouplé** son réservoir source. Avec SRC sélectionnons Tank 1 qui est son plus gros réservoir contenant actuellement 34249 Kg de carburant.
- ④ **Procéder au transfert**. En cliquant plusieurs fois sur le bouton PR+ on augmente le débit de la pompe. En cliquant sur PR- on peut à convenance diminuer le débit ou le stopper. Tester cette commande et observer les informations affichées sur le MFD.



La couleur des barres de jauge change en fonction du pourcentage de remplissage. Comme nous n'avons plus que notre retour sur Terre à effectuer, contentez-vous d'environ 20%, c'est suffisant sur un DG3. Sur la figure ci-contre, on observe en **A** que notre vaisseau est un DeltaGlider et en **2** qu'il possède deux réservoirs. En **B** on note que l'on est accouplé sur le Port 1 d'un SH-01 et qu'il n'en possède pas d'autres comparativement à ISS. Enfin, en **3** nous avons désigné le réservoir Tank 1 de ce vaisseau qui possède deux réservoirs. En dessous de 10%, la jauge du réservoir est rouge. Elle reste jaune jusqu'à 50% puis devient verte. Quand le réservoir principal de

notre GL-01 est rempli à environ 20%, soit la bagatelle de 2500Kg, passons à celui des RCS. Pour un retour sur le plancher des vaches, 20% sera également suffisant :

- (① Désigner le type de transfert n'est pas utile puisque le mode **Load** est déjà actif)
- ② Choisir sur notre vaisseau l'autre réservoir cible et avec **TGT** et sélectionner **Tank 2**. On peut vérifier qu'il est à peine à 2,2% de sa capacité, information qui n'est disponible que sur le tableau de bord et exprimée en Kg au lieu de pourcentage.
- ③ Choisir sur le vaisseau accouplé le réservoir qui va servir de source. Avec **TGT** sélectionnons **Tank 1** qui reste son plus gros réservoir contenant 32056 Kg de carburant.
- ④ Procéder au transfert avec les boutons **PR+** et **PR-** pour ajuster le débit puis le stopper.

BUG : L'utilisation de cet ADD-ON provoque sur mon ordinateur systématiquement des **CTD** (Retour sans préavis sur le bureau de Windows) **quand on sauvegarde avec CTRL S et que Fuel Management est affiché sur le MFD. Donc, avant de sauvegarder changez de fonction sur le MFD.** Par contre, la sauvegarde est correctement effectuée et la situation peut être récupérée après avoir relancé Orbiter. Une sortie du logiciel par **CTRL Q** se fait normalement et mémorise correctement la situation.

Fournir du carburant à un autre vaisseau.

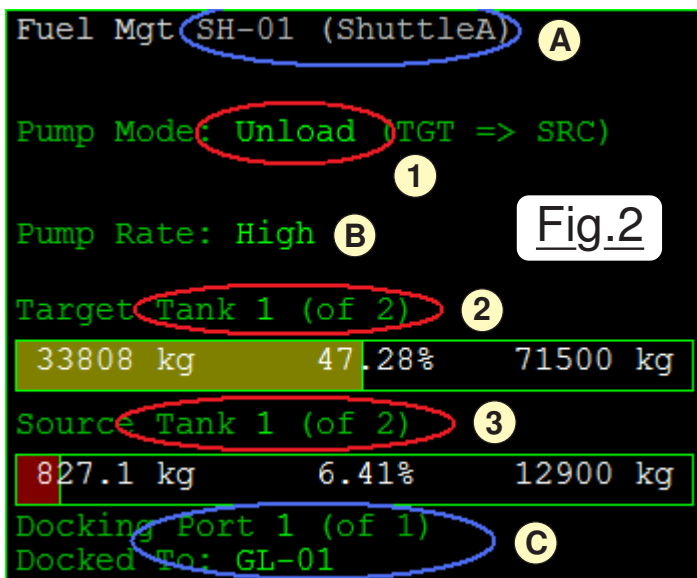
C'est la réciproque du ravitaillement. Cette fonction permet à un autre vaisseau ou à une station orbitale de profiter de notre générosité. Tomber en panne sèche dans l'espace, c'est statistiquement peu probable. Les vols orbitaux ne sont pas le fait de bricoleurs. Si les réserves sont toujours très limitées, l'autonomie est toujours calculée avec rigueur. Mais compte tenu du coût du kilogramme transporté en orbite, si la marge d'énergie est un peu large, à quoi bon la redescendre sur Terre. Autant laisser le surplus dans les réservoirs de la station spatiale à laquelle on est accouplé. Dans un premier temps, je vous propose d'utiliser **et de recharger** la même situation **1-Ravitailier un DG3 sur un SH01.scn** car les deux vaisseaux possèdent chacun deux réservoirs ce qui impose (ou permet) d'avoir à en faire la sélection. Comme il me semble plus logique que ce soit le SH01 qui fournisse au DG3, nous allons changer de côté de la barrière et passer à son bord. La fonction **Fuel Management** étant assez universelle, on la retrouve évidemment sur ce gros percheron de l'espace. Arrimé à l'unique sas de ce camion de l'espace, on peut observer un peu penaud le pilote du DG3 rouge qui est un peu limite côté carburant. Bon, aidons-le amicalement :

- ① Désigner le **type de transfert**. Avec le bouton **MOD**, choisissons la fonction **Unload**. Immédiatement l'information **DCK** nous renseigne sur l'état tristounet de son **Tank 1**. En cliquant sur **SRC** on constate que la situation n'est pas bien brillante non plus. Bon, pour commencer on va renflouer son **Tank 1**.
- ② Choisir sur **notre vaisseau** le réservoir source. Avec **TGT** sélectionnons **Tank 1** qui est son plus gros réservoir contenant actuellement 34249 Kg de carburant.
- ③ Choisir sur **le vaisseau accouplé** le réservoir de réception. Avec **SRC** sélectionnons son **Tank 1** qui ne contient plus que 387 Kg de carburant ce qui ne permet pas un retour correct sur Terre.

④ **Procéder au transfert.** Cliquer plusieurs fois sur le bouton **PR+** pour augmenter à convenance le débit de la pompe. En cliquant sur **PR-** on peut à la demande diminuer le débit ou le stopper. (Voir Fig.2)

On observe que rapidement la barre rouge devient jaune sur le MFD, et que le sourire est revenu sur le visage de l'infortuné pilote qui s'est fourvoyé et avait calculé trop juste son emport carburant. Le débit massique est de 100Kg par seconde, une sacré pompe ! À ce régime, il n'y a pas besoin d'utiliser l'accélération temporelle y compris si le réservoir à approvisionner est de forte capacité. Nous verrons par la suite que cette rapidité sera la bienvenue pour porter secours à l'autre ADD-ON qui sera décrit dans ces lignes.

Sur la Fig.2 ci-contre, on note en **A** que notre vaisseau est bien un SH-01 et en **2** qu'il possède deux réservoirs. En **C** on vérifie bien que le vaisseau accouplé sur notre unique Port 1 est un DeltaGlider GL-01. Enfin, en **3** nous avons sélectionné le réservoir Tank 1 de ce vaisseau qui en possède deux. Actuellement, la pompe comme indiqué en **B** est au maximum de son débit possible. Une fois les 20% convenus, il suffit de stopper cette dernière, puis de désigner avec **SRC** le réservoir **Tank 2** du DeltaGlider. Et relancer un deuxième transfert. Si durant le transfert on a dépassé le niveau souhaité, il suffit d'arrêter la pompe, de changer le sens du transfert en **Load** avec **MOD** et de corriger dans l'autre sens. Les réservoirs sélectionnés le restent. Une fois correctement ravitaillé, l'un quelconque des deux vaisseaux peut procéder au désarrimage. Allez, frappez sur **CTRL D** pour désaccoupler, et ce durant le transfert pour voir ce qui va se passer. Immédiatement des sécurités automatiques interviennent. La pompe est stoppée comme le prouve l'affichage



Pump Rate: Off et l'information en **C** devient **NOT DOCKED** expliquant le pourquoi. L'information en **2** est figée prouvant que le réservoir de notre SH-01 est passé en mode isolé. En conclusion, si durant un transfert un incident d'accouplement se produit, les deux vaisseaux sont protégés.

Transferts de réservoir à réservoir dans notre vaisseau.

Tous les pilotes sur Orbiter ont été un jour ou l'autre confronté à une situation stupide suite à une fausse manipulation avec l'accélération temporelle, obligeant à quitter la scène et reprendre depuis le début l'expérience en cours. Par exemple, on impose au pilote automatique de stabiliser en **PRO**grade pour admirer devant. Puis, sur un MFD on attend le passage à un point singulier quelconque de notre orbite pour changer l'un de ses paramètres fondamentaux. Comme on est sur une trajectoire lointaine, le passage au point visé se déroulera dans six jours, alors gaillardement on passe en 10000x. On surveille le jour J, ou notre position sur l'orbite, et arrivé au bon endroit, rapidement on repasse à 1x. Et là déception, au moment d'orienter le vaisseau, aucune réaction des RCS ! Mince ... on avait oublié **PRO**grade, qui discrètement pendant plusieurs jours à asséché le réservoir des moteurs d'attitude. Quelle guigne, un réservoir principal bien dodu, et impossible de s'en servir car l'orientation du vaisseau est désormais inerte. C'est ici que **Fuel Management** nous sauve la vie. Expérimentons ce faux drame :

- Désaccoupler si ce n'est déjà fait, passer dans le DeltaGlider et lui imposer le mode **PRO**grade. Puis passer en accélération temporelle de x10000. Vous allez voir sur **Fuel Management** qui est toujours actif qu'il ne faut pas des semaines pour vider le réservoir des RCS. Mais, par la magie des transferts internes de carburant, on peut très facilement sauver la situation :
- ① Désigner le **type de transfert**. Avec le bouton **MOD**, choisissons la fonction **Cross-Feed**.
- ② Choisir sur **notre vaisseau** le réservoir cible, celui à remplir. Avec **TGT** sélectionnons **Tank 2**. On peut vérifier qu'il est vide.
- ③ Choisir toujours sur **notre vaisseau** le réservoir source. Avec **SRC** sélectionnons **Tank 1** qui est le réservoir principal contenant actuellement environ 2600Kg de carburant.

④ **Procéder au transfert** en cliquant comme nous l'avons déjà vu sur les boutons **PR+** et **PR-** jusqu'à obtenir le niveau désiré sur **Tank 2**.

Durant le transfert, on constate que le réservoir principal se vide lentement en termes de pourcentage, et que celui des RCS se remplit relativement vite. Ne toucher à rien pour voir ce qui va se passer quand il sera plein. On constate que des dispositifs automatiquement vont interrompre la transfusion énergétique, immédiatement quand **Tank 2** est gavé à 100%. Naturellement, si on désire déplacer du fuel dans l'autre sens, il suffit de cliquer sur **TGT** et sur **SRC** et de remettre en fonctionnement la pompe.

NOTE : Les fonctions externes **Load** et **Unload** ne sont possible que si l'on est accouplé à un autre vaisseau ou à une station spatiale. Par contre, **Cross-Feed** fonctionne indifféremment que l'on soit accouplé ou en vol libre ce qui est logique, vu qu'il retourne d'une opération interne au vaisseau.

Que se passe-t-il si on est accouplé à une station ou à bord d'un vaisseau qui ne possède qu'un seul réservoir ? Le mieux est encore de tester ce cas de figure. Dans ce but, charger la situation **2-Ravitailier Atlantis à ISS.scn**.

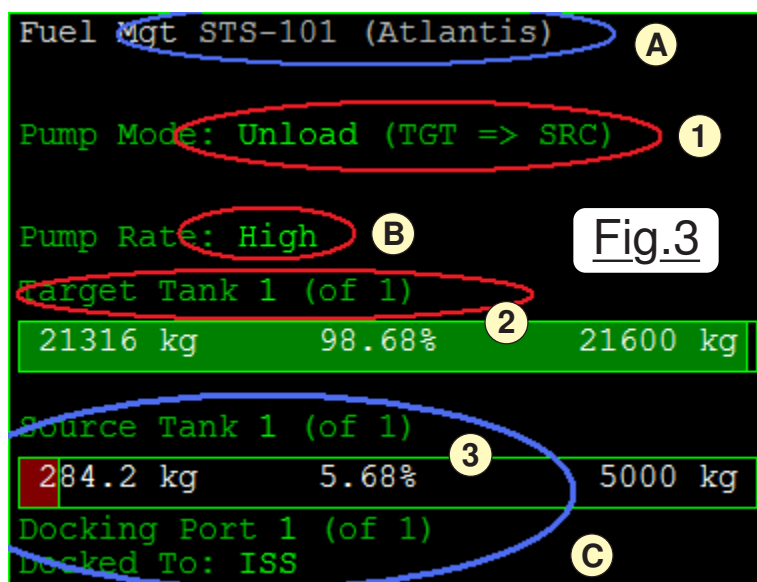
Sur la Fig.3 ci-contre, on constate en **2** que notre vaisseau STS-101 Atlantis ne possède qu'un seul réservoir par l'information

Target Tank 1 (of 1). Toute tentative de changer de réservoir avec le bouton **TGT** se solde par un échec. Il ne se passe rien et l'on pourrait croire que la fonction est en panne. En **C** on vérifie également que le "vaisseau" accouplé sur notre unique Port 1 est bien ISS. Enfin, en **3** il ne possède qu'un seul réservoir par l'information **Source Tank 1 (of 1)**.

Toute action le bouton **SRC** est aussi inopérante. Là encore c'est un MFD figé qui traduit sa réticence. ATTENTION, si on cherche à faire fonctionner la pompe avec **PR+**, on se heurte au même immobilisme si le mode est resté sur **Load** car notre réservoir est plein à 100% alors que celui d'ISS est vide. (Oui, je sais qu'Atlantis en orbite avec son Tank 1 ras plein est bien étrange, mais Orbiter parfois autorise des miracles) Mis à part **TGT** et **SRC** qui semblent figés quand il n'y a qu'un seul réservoir, tout le reste des procédures reste inchangé. Pour le vérifier, avec **MOD** passer en **Unload** et alourdissons ISS. Il ne reste plus qu'à aborder le chapitre de la vidange d'un réservoir, et nous aurons vu les quatre actions type.

Vidange ou allègement du contenu d'un réservoir.

Cette fonction consiste à gaspiller du précieux fuel dans l'espace, et l'on est en droit de se demander à quoi bon cette hérésie. Vidanger les réservoirs peut être envisagé pour une raison de sécurité sur incident. Mais on peut surtout l'envisager de façon "normale" en vue d'optimiser une rentrée atmosphérique. Une fois effectué la poussée de déorbitation, la masse de carburant dans le réservoir du moteur principal devient un inconvénient. Plus le vaisseau est lourd, plus il subira un frottement aérodynamique important pour son freinage lors de la rentrée. (On ne tiendra compte ici que de l'énergie due à sa vitesse et oublier celle qui résulte de son altitude) L'énergie cinétique à évacuer sous forme de chaleur est égale à $W = 1/2 M V^2$. Le paramètre V est la vitesse du vaisseau sur son orbite au moment de sa plongée dans l'atmosphère. On ne peut la diminuer étant sous contrainte pour la trajectoire à adopter pour le retour. Par contre, si on peut diminuer la masse M du vaisseau, c'est autant de gagné pour ses "tuiles" de protection thermique. Voici la procédure pour effectuer la purge du réservoir. Le petit exercice qui suit va nous permettre d'utiliser la procédure élémentaire qui permet d'effectuer la vidange d'un réservoir. Nous allons utiliser la scène **3-purge des réservoirs.scn**. Dans cette situation, nous sommes à bord d'un Delta Glider accouplé à ISS. Contrairement à **FUEL SYSTEM** qui sera utilisé après **Fuel Management**, ce système de gestion du carburant dispose d'une canalisation et d'une vanne de purge indépendante des dispositifs de raccordement hydraulique avec le port d'accostage. En d'autres termes, on peut réaliser cette opération que l'on soit accouplé ou que l'on soit en vol libre.



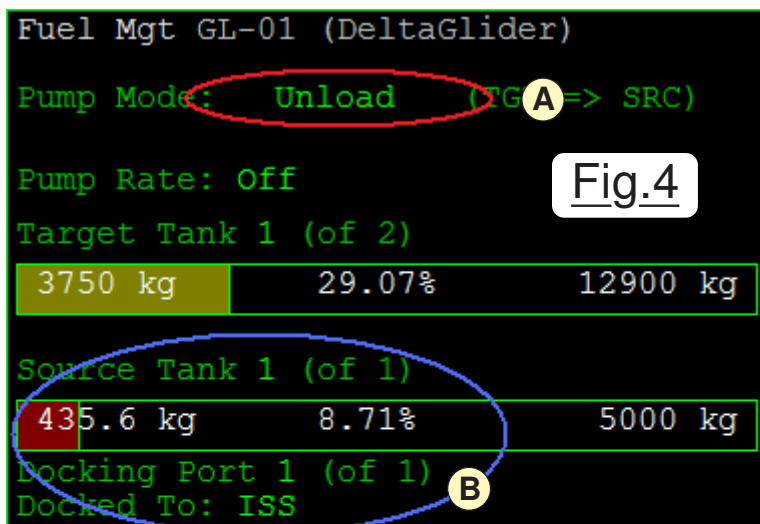


Fig.4

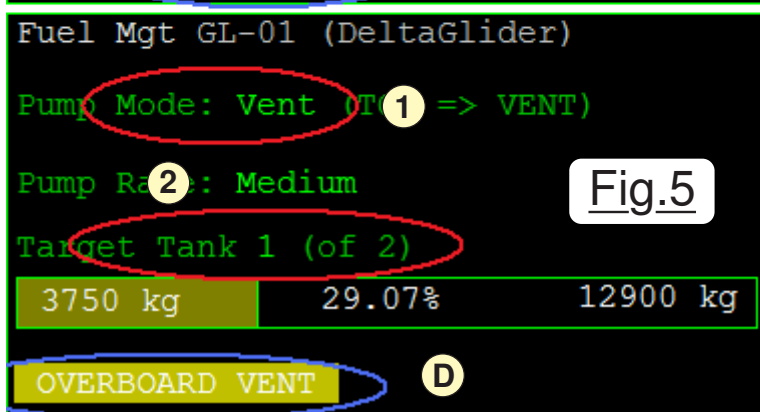


Fig.5

Pour le vérifier, nous allons vidanger un peu de carburant étant solidaire d'ISS. Il est évident que ce gaspillage de fuel ne se justifie pas dans une telle situation, il serait bien plus logique de le transférer dans la station. Bon, ceci étant précisé, procédons à ce gaspillage :

- Étant solidaire d'ISS, on peut observer en **B** de la Fig.4 que le réservoir de la station est assez dégarni. Cette information est visualisée car nous sommes en mode **Unload** sur **FuelMFD** comme montré en **A**.

① Désigner le **type de transfert**. Avec le bouton **MOD**, et choisissons la fonction de vidange **Vent**. Immédiatement l'information relative au docking est effacée et remplacée par **OVERBOARD VENT** comme montré en **D** de la figure 5.

② **Procéder au transfert** en cliquant sur les boutons **PR+** et **PR-** jusqu'à obtenir le niveau désiré sur **Tank 1**.

Alors, c'est facile spa ? ... POLLUEURS !

Passons à la manipulation hors accouplement.

- Quittons ISS, et plaçons notre vaisseau en **RETROgrade**. Appliquons la poussée de déorbitation.

Une fois la trajectoire de rentrée "calibrée", il suffit de reprendre la procédure de vidange et larguer la totalité du fuel disponible dans le réservoir principal. Seuls à partir de ce moment sont utiles les moteurs RCS pour contrôler l'attitude du vaisseau.

ATTENTION : Pour la Navette il n'y a qu'un seul réservoir. Surtout ne pas le vider complètement car le vaisseau ne serait plus pilotable. Conserver suffisamment de carburant pour assurer la maîtrise de l'orientation jusqu'au sol, avec il va sans dire une marge suffisante.

Ayant passé en revue les possibilités de ce système de gestion de carburant ultra performant et élémentaire à mettre en service, nous pouvons envisager de le troquer contre un ensemble infiniment moins performant (Car plus réaliste) et surtout plus procédural pour sa mise en oeuvre. Les galons ça se mérite.

Système de gestion plus réaliste

Pour cette approche plus crédible qui tentera les pilotes plus avertis disposant de plus de temps pour prendre en charge cette facette du pilotage orbital, je vous propose un ADD-ON très intéressant pour lequel j'ai réalisé la traduction V.F. de sa documentation au demeurant très étoffée. Il s'agit de **FUEL SYSTEM**. Je vous suggère en préalable, sur ce même site de MUSTARD, de télécharger cette documentation à l'intérieur de laquelle vous trouverez toutes les informations utiles pour installer ce complément d'Orbiter. (**Lien pour aller le chercher**, mode d'installation banal...) Remarquons au passage, que le chapitre 1.2 - INSTALLATION se résume simplement à :

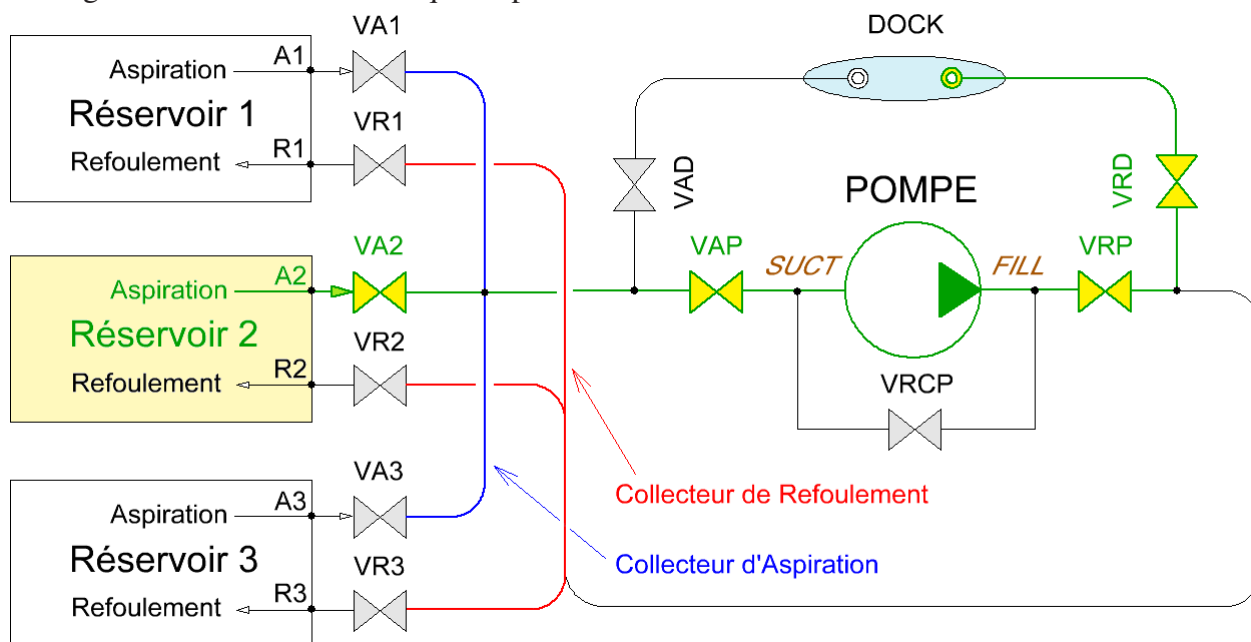
Pour installer **FUEL SYSTEM**, placer **FUEL.DLL** dans le dossier **ORBITER / MODULES / PLUGIN**. Au premier chargement et lancement d'Orbiter, valider le module **Fuel** de l'onglet "Modules".

Donc du classico-banal. À l'instar de **FuelMFD**, **FUEL SYSTEM** fonctionne sur tous les vaisseau de base d'Orbiter, une fois installé et son module déclaré, cette fonction s'ajoute à la liste des MFD. Comme il n'est pas envisageable de pomper le carburant dans les deux sens, par des commandes contradictoires, vous vous doutez que si vous ouvrez **FUEL SYSTEM** simultanément sur les deux MFD disponibles, nous obtiendrons exactement des informations strictement identiques sur les deux écrans. Par contre, et c'est un copieux avantage comme nous le verrons par la suite, **FuelMFD** et **FUEL SYSTEM** cohabitent la main dans la main, chacun apportant à l'autre ses avantages.

LES SYSTÈMES HYDRAULIQUES (Niveau BAC +5).

Nan ... c'est une blague ! Ce petit chapitre est destiné à tous ceux qui désirent tester **FUEL SYSTEM** sans avoir pour autant le loisir de parcourir au préalable l'intégralité de la belle documentation fournie par l'auteur de ce petit bijou. Ce descriptif scandaleusement élémentaire vous permettra de gérer l'énergie de votre vaisseau comme un pro, tout en comprenant le fondement des diverses manipulations réalisées. Dans les chapitres qui suivent, nous allons passer au concret comme nous l'avons fait avec **FuelMFD**. Mais les manipulations pour effectuer les mêmes opérations étant plus nombreuses, il me semble important d'en comprendre le sens y compris si nous n'avons pas eu le loisir de parcourir intégralement la documentation d'accompagnement. C'est le but de ces quelques lignes que vous pouvez allégrement négliger si vous avez déjà corné toutes les pages du fichier **Doc FUEL SYSTEM V.F.pdf**.

Concrètement, dans un système hydraulique, qu'il véhicule de l'eau, de l'huile ou un quelconque carburant, le composant de loin le plus coûteux de l'installation est la pompe. (Il y aurait aussi les moteurs hydrauliques, mais ce ne sont que des pompes que l'on utilise "dans l'autre sens") Cet invariant technologique incite fortement les ingénieurs à concevoir des ensembles très ramifiés en canalisations et vannes d'aiguillage, pour n'avoir à n'utiliser qu'une seule pompe. De fait, un système tel que celui proposé par **FUEL SYSTEM** va ressembler globalement à celui du schéma de la Fig.6, dessin sur lequel on suppose l'agencement d'un vaisseau qui disposerait de trois réservoirs différents.



Pour des raisons techniques, le remplissage ou l'aspiration dans un réservoir hydraulique s'effectue toujours sur deux canalisations différentes. Toutes les canalisations d'aspirations représentées en bleu sur la Fig.6 sont réunies sur une ligne unique : le **Collecteur d'aspiration**. Il en est de même pour les conduites de refoulement qui se retrouvent sur le **Collecteur de refoulement** représenté en rouge sur la figure 6. En fonction des électrovannes ouvertes et fermées, on peut se brancher individuellement sur l'un ou sur plusieurs d'entre eux simultanément. Pour configurer l'ensemble et établir une fonction, il suffit de commander les électrovannes pour établir le circuit souhaité. Par exemple, supposons que l'on désire fournir sur le branchement du DOCK du carburant à partir du Tank 2. Il suffit d'ouvrir les vannes colorées en jaune, et l'on établit le circuit mis en évidence en vert. Facile non ?

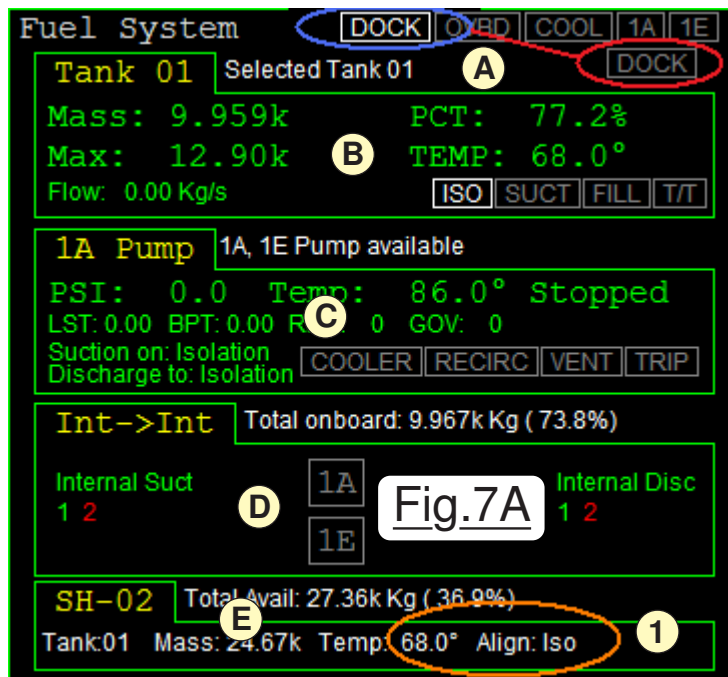
Maintenant que nous avons compris la philosophie générale de ces technologies, on peut passer à la pratique. Il importe de savoir que **FUEL SYSTEM** est un peu plus ramifié que sur le schéma de base de la Fig.6 car il y a deux pompes au lieu d'une, (En voir éventuellement la justification dans la documentation) et un radiateur de refroidissement pour le carburant. Passons au concret.

Ravitaillement en vol depuis une source arrimée.

Commençons par charger la situation **4-Tester FUEL SYSTEM.scn**. Nous sommes à bord d'un Delta Glider, accouplé à un vaisseau de servitude du type SH-02. Ce point de départ est choisi car les deux

entités en orbite possèdent plusieurs réservoirs, que l'on va devoir sélectionner. Commencer par ouvrir la fonction **FUEL** avec le bouton **SEL** du MFD de gauche par exemple. On obtient l'affichage de l'écran représenté sur la figure 7A.

NOTE : La procédure d'approvisionnement n'est utilisable que si on est arrimé à un vaisseau qui possède un système d'alimentation. Vérifiez que l'indicateur **DOCK** est allumé en blanc comme visible ici en **A**. Utilisez la commande clavier CTRL D pour désarrimer, immédiatement cette information passe en gris foncé comme montré dans le "médaillon rouge. Bon, l'information de ce témoin étant comprise, passer les RCS en mode linéaire, petite poussée et revenir se dock. La visualisation de **FUEL** sépare en cinq zones toutes les informations affichées. En zone **A**, nous avons la configuration globale de tout le système. En **B** tout ce qui concerne le réservoir INTERNE à NOTRE VAISSEAU actuellement sélectionné. Le cadre **C** permet de gérer la pompe sélectionnée, sachant qu'il y en a deux nommées **1A** et **1E**. La pompe **1A** est dédiée aux échanges avec l'extérieur, la pompe **1E** est spécialisée dans les échanges internes et à la vidange éventuelle. La zone **D** est affectée à la représentation schématique de la configuration adoptée. Si les branchements représentés sont en vert, c'est qu'ils sont logiques au regard du mode sélectionné et indiqué dans l'onglet. Ici on affiche le système dans le mode **Int->Int** et tout est isolé. Pour finir ce rapide état des lieux, la zone du bas **E** nous informe des caractéristiques énergétiques relatives au vaisseau ou à la station accouplée. Nous sommes bien "branchés" sur le sas d'un vaisseau de type SH. En **B** on constate que notre réservoir interne est à 77.2% de remplissage. Sur un DG3, on dispose largement de quoi circuler. Mais pour les RCS, c'est une autre histoire. Comme nous envisageons un long voyage, au lieu de transférer en interne, le commandant de bord préfère compléter à 80% le réservoir secondaire à partir de la station service. C'est parti ! Vérifiez que l'indicateur **DOCK** est allumé en blanc puis :



1) Se brancher à la cible externe pour le transfert :

- Commencer par la commande **SYS** pour imposer au système en mode **Ext->Int**.
- Commande **Ext** pour sélectionner à distance le réservoir externe. Ici on utilisera son **Tank 2**. On contrôle notre choix par les informations de la zone **E**.
- Vérifier que la température du carburant dans le réservoir extérieur est inférieure à 120 °.

AVERTISSEMENT : Une température supérieures à 140 ° provoque des dommages à la pompe.

- Bouton **ExA** pour brancher le réservoir externe sur l'aspiration : affichage **Align: Suct** qui remplace Align: iso de **1** sur la figure 7A.

2) Brancher le réservoir interne à compléter :

- Commande **TNK** pour sélectionner le réservoir **Tank 2** des RCS. On constate qu'il est en configuration isolée **ISO** et qu'il ne contient que **Mass: 7.58 PCT: 1.3%**.
- Utiliser **ALN** pour brancher ce réservoir à remplir sur le collecteur de refoulement **FILL**.

3) Connecter la pompe 1A dédiée aux transferts extérieurs :

- Commande **PMP** pour désigner la pompe **1A**. (Ici elle l'était déjà, donc étape inutile)
- Vérifier que sa température est inférieure à 120 °.
- Passer à l'aide de **SUC** sa canalisation d'aspiration sur **docking connection**, la ligne d'entrée de la pompe devient verte sur le schéma de la zone **D**.
- Brancher avec **DSC** le refoulement de **1A** sur le réservoir interne **manifold**. La ligne de sortie de la pompe devient verte sur le schéma de la zone **D**.

La configuration du système est représentée sur la Fig.7B de la page 9 et l'on peut en

interpréter les différentes informations :

En zone **A**, nous vérifions que nous sommes arrimés, et par voie de conséquence qu'un échange de type **Ext->Int** est possible. La ligne **B** est constituée de divers voyants qui sont représentatifs des divers états possibles pour le réservoir sélectionné :

ISO : Réservoir isolé sur le collecteur d'aspiration et sur le collecteur de refoulement.

SUCT : Vanne de liaison avec le collecteur d'aspiration ouverte. (Réservoir en ligne)

FILL : Vanne de liaison avec le collecteur de refoulement ouverte. (Réservoir en ligne)

T/T : Les deux vannes sont ouvertes simultanément pour une recirculation.

Le cadre jaune de la zone **C** nous précise l'état des connexions de la pompe sélectionnée **1A**.

Dans notre cas elle est en aspiration sur le raccordement du **DOCK** externe, et en sortie sur le collecteur de refoulement. On pompe à l'extérieur, on restitue à l'intérieur. Le cadre bleu de cette zone est constitué de témoins qui s'allument lorsque la pompe est en danger et qu'une sécurité s'active. Pour plus de détails consulter **Doc FUEL SYSTEM V.F.pdf**.

COOLER : Un système de refroidissement local à la pompe vient d'être mis en circuit.

RECIRC : Les vannes VAP et VRP de la Fig.6 page 7 se ferment et celle de recirculation en local VRCP s'ouvre. La pompe fonctionne à vide sans être pour autant mise hors ligne.

VENT : Vanne de purge ouverte pour décharger une pression résiduelle.

TRIP : Système de sécurité déclenché, la pompe est disjonctée. Consultez la documentation si cet incident se produit pour voir alors ce qu'il convient de faire.

Les zones **D** et **E** montrent les interconnexions actuelles. Si les lignes sont tracées en vert, c'est que la logique de la fonction en cours est respectée. Si elles sont tracées en gris, alors analyser la situation. Si les lignes ne sont pas tracées, c'est que sur l'entrée d'aspiration et (ou) sur la sortie de refoulement la pompe est isolée. Par exemple, ici la pompe **1E** est isolée sur ses deux branchements. Dans ces deux zones **D** et **E** les chiffres tels que **1 2** représentent les numéros des réservoirs. Par exemple la station accouplée en possède deux, et l'on est branché sur le **Tank 2** car le chiffre 2 est encadré. En sortie de pompe on est en liaison interne. Le réservoir 1 de notre vaisseau est isolé, le 2 est en ligne. La couleur des chiffres et des encadrements est fonction du pourcentage de remplissage actuel. Le symbole du réservoir est tracé en rouge de 0 à 5%, jaune de 5% à 15%, vert entre 15% et 99.99% et devient blanc à 100%. Pour finir, on peut observer en **F** que le Tank 2 du SH-02 est branché **Align: Suct**, tout est correct. On peut engager la procédure d'avitaillement :

4) Mettre en service la pompe et procéder au transfert :

- commande **RUN** pour mettre en marche la pompe **1A**. Immédiatement l'information **1A Stopped** devient **1A Running** et l'on doit constater une hausse du niveau du réservoir cible et un débit positif **Flow: 2.53 Kg/s**. Juste à côté du débit massique on voit **Time: 210.42s** le temps nécessaire pour remplir le réservoir sélectionné. GLUPS, plus de trois minutes alors que pour **Fuel Management**, 7 à 8 secondes suffisaient. C'est le prix à payer pour le réalisme. Que ceux qui sont pressés se rassurent, il y a une parade facile pour tricher avec le temps que l'on détaillera plus avant le moment venu. Dans un premier temps, bien que 20% à 30% seraient suffisants, on va laisser le transfert se faire jusqu'au remplissage complet sans intervenir pour observer ce qui se passe. Le premier constat, c'est que la pompe prend du temps pour monter en régime, il lui faut 20s comme précisé dans la documentation pour atteindre les 2540 tr/min **RPM: 2539 GOV: 2540** qui correspondent à son régime nominal.

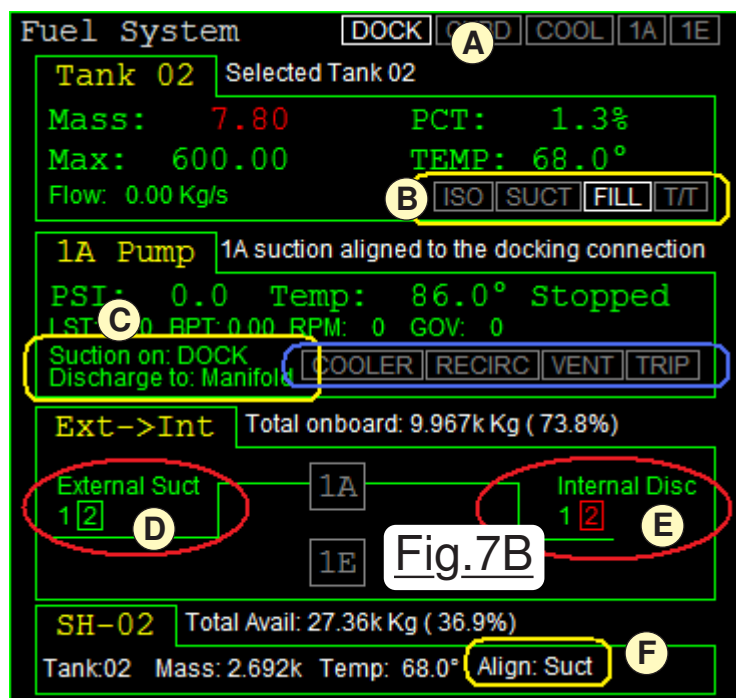


Fig.7B

Dans ces conditions la pression en sortie est de 70.0 PSI et le débit **Flow: 2.53 Kg/s** de 2.53Kg/s. La procédure complète d'un transfert est la suivante, si il n'y a pas incident :

- Commande **RUN** pour mettre en marche la pompe **1A**.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe.
- **CLR** : Si nécessaire pour refroidir la pompe **1A** avec son système "COOLER". Ce dispositif peut être armé uniquement si la température de la pompe dépasse 90°F.
- **RUN** : Dès que le réservoir est plein pour arrêter immédiatement la pompe.

5) Isoler les divers circuits :

- **SUC** : Isoler la ligne d'aspiration.
- Vérifier sur le schéma son isolement.
- **DSC** : Isoler la ligne de refoulement.
- Vérifier sur le schéma son isolement.
- **ALN** : Isoler le réservoir interne des deux collecteurs. (**ISO** allumé)
- **ExA** : Isoler le(s) réservoir(s) du vaisseau accouplé. (**Align: Iso**)

Mais dans notre cas, nous n'avons pas terminé normalement la procédure. En effet, dès que le Tank 2 a été rempli à 100%, la sortie de pompe est passée en surpression et immédiatement la sécurité a activé la recirculation. Toutes les informations concernées sont en blanc comme montré dans les "encadrements" rouges de la figure 8. Notons que le réservoir de réception est passé en mode isolé. La pompe est toujours en fonctionnement. ATTENTION : Comme on peut le remarquer en **A**, le réservoir du SH-02 continue à se vider, car le débit de la pompe est évacué vers la purge extérieure. Il est donc impératif dans une telle situation de terminer normalement la procédure en stoppant la pompe ce qui annule les informations "blanches" et d'isoler les divers circuits. Penser à isoler les réservoirs du vaisseau accouplé.

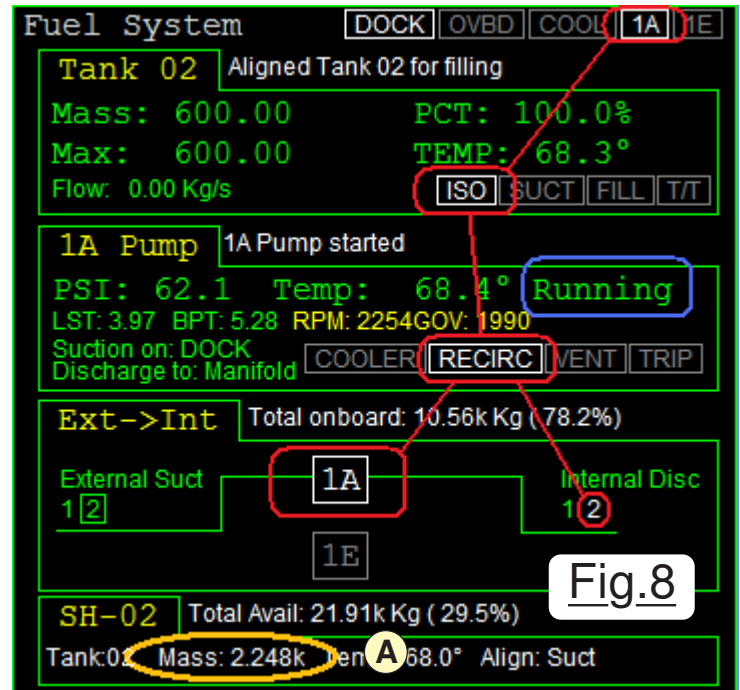


Fig.8

Fourniture de carburant à une station ou un vaisseau arrimé.

Recharger la situation **4-Tester FUEL SYSTEM.scn** puis avec **[F4]** ... passer à bord de la station ISS. Il y a du monde à chaque port disponible. Nous constatons que contrairement à **Fuel Management**, il est impossible de sélectionner le port avec lequel effectuer l'échange de carburant. Par défaut on sera branché sur le port 5. Donc si l'un des autres vaisseaux désire faire le plein, il faut passer à son bord et utiliser **Load**. Maintenant que vous avez assimilé la logique d'un transfert et maîtrisez les informations affichées, nous allons lister la procédure à suivre plus rapidement.

NOTE : La procédure de fourniture externe n'est utilisable que si on est arrimé à un vaisseau qui possède un système d'alimentation. Vérifiez que l'indicateur **DOCK** est allumé en blanc comme déjà vu dans l'exemple précédent.

1) Se brancher à la cible externe pour le transfert :

- **SYS** pour imposer au système le mode **Int->Ext**.
- Commande **Ext** pour sélectionner à distance le réservoir externe. Ici on ravitaille son **Tank 1**.
- Bouton **ExA** pour brancher le réservoir externe pour le refoulement. (**Align Fill**)

2) Brancher le réservoir source interne pour l'aspiration :

- Commande **TNK** pour sélectionner le réservoir interne. ISS ne dispose que de **Tank 1**.
- Vérifier que la température du carburant dans le réservoir intérieur est inférieure à 120 °.
- Utiliser **ALN** pour brancher ce réservoir à remplir sur le collecteur d'aspiration **[SUCT]**.

3) Connecter la pompe 1A dédiée aux transferts extérieurs :

- Commande **PMP** pour désigner la pompe **1A**. (Ici elle l'était déjà, donc étape inutile ici)

- Vérifier que sa température est inférieure à 120 °.
- Passer à l'aide de **SUC** sa canalisation d'aspiration sur **manifold**. La ligne d'aspiration doit être représentée en vert sur le schéma.
- Brancher avec **DSC** le refoulement de **1A** sur "DOCK OVBD". (**overboard**) La ligne de refoulement doit être représentée en vert sur le schéma.

4) Mettre en service la pompe et procéder au transfert :

- Commande **RUN** pour mettre en marche la pompe **1A**.
- On doit constater une baisse du niveau du réservoir source et un débit positif.

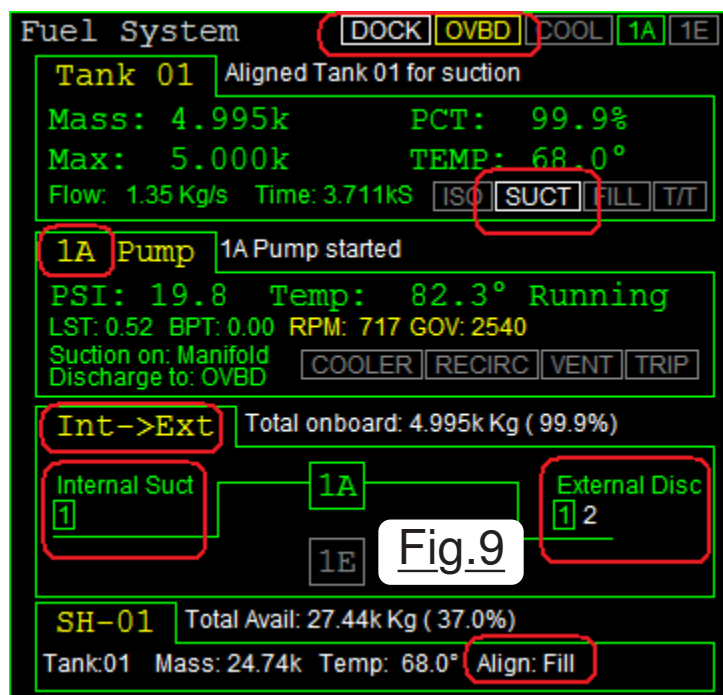
NOTE : L'information **OVBD** clignote indiquant une pression positive sur le port. C'est un paramètre d'avertissement normal pour ce mode de transfert.

- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe.
- **CLR** : Si nécessaire pour refroidir la pompe **1A** avec son système "COOLER". Ce dispositif peut être armé uniquement si la température de la pompe dépasse 90°F.
- **RUN** : Dès que le réservoir est plein pour arrêter immédiatement la pompe.

5) Isoler les divers circuits :

- **SUC** : Isoler la ligne d'aspiration.
- Vérifier sur le schéma son isolement.
- **DSC** : Isoler la ligne de refoulement.
- Vérifier sur le schéma son isolement.
- **ALN** : Isoler le réservoir interne des deux collecteurs. (**ISO** allumé)
- **ExA** : Isoler le(s) réservoir(s) du vaisseau accouplé. (**Align: Iso**)

Sur la Fig.9 ci-contre les différents paramètres importants sont mis en évidence par encadrement en rouge. Quelle que soit la procédure en cours, les diverses sécurités protègent l'ensemble de l'opération. Il y a immédiatement fin de la procédure et isolement du circuit de sortie si durant le transfert un désarrimage intempestif se produit. Le tracé de la ligne en refoulement est effacé et **OVBD** nous prévient de l'incident.



Transferts de réservoir à réservoir dans notre vaisseau.

NOTE : Les fonctions externes **Load** et **Unload** ne sont possibles que si l'on est accouplé à un autre vaisseau ou à une station spatiale. Par contre, **Int->Int** fonctionne indifféremment que l'on soit accouplé ou en vol libre ce qui est logique, vu qu'il retourne d'une opération interne au vaisseau. Pour expérimenter cette procédure, rester dans ce scénario et passer à bord du GL-03, et pomper du carburant depuis le Tank 1 vers le Tank2 par exemple.

1) Brancher le réservoir de réception sur la canalisation de refoulement :

- Commande **SYS** pour imposer au système le mode **Int-> Int**.
- Commande **TNK** pour sélectionner le réservoir de réception dans le vaisseau.
- Bouton **ALN** pour brancher le réservoir sélectionné sur le refoulement **FILL**.

2) Brancher le réservoir source interne pour l'aspiration :

- Commande **TNK** pour sélectionner le réservoir interne.
- Vérifier que la température du carburant dans le réservoir intérieur est inférieure à 120 °.
- Utiliser **ALN** pour brancher ce réservoir à remplir sur le collecteur d'aspiration **SUCT**.

3) Connecter la pompe 1E pour réaliser le transfert :

- Commande **PMP** pour désigner la pompe **1E**.

- Vérifier que sa température est inférieure à 120 °.
- Passer à l'aide de **SUC** sa canalisation d'aspiration sur **manifold**. La ligne d'aspiration doit être représentée en vert sur le schéma.
- Brancher avec **DSC** le refoulement de **1E** sur **manifold**. La ligne de refoulement doit être représentée en vert sur le schéma.

4) Mettre en service la pompe et procéder au transfert :

- Commande **RUN** pour mettre en marche la pompe **1E**.
- On doit constater une baisse du niveau du réservoir source et un débit positif.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe.
- **CLR** : Si nécessaire refroidir la pompe **1A** avec son système "COOLER". Ce dispositif peut être armé uniquement si la température pompe dépasse 90°F.
- **RUN** : Dès que le réservoir est plein pour arrêter immédiatement la pompe.

5) Isoler les divers circuits :

- **SUC** : Isoler la ligne d'aspiration.
- Vérifier sur le schéma l'isolement de la canalisation d'aspiration.
- **DSC** : Isoler la ligne de refoulement.
- Vérifier sur le schéma l'isolement de la canalisation de refoulement.
- **ALN** : Isoler les deux réservoirs internes des deux collecteurs. (**ISO** allumé)

Recirculation du carburant à travers le radiateur.

C'est une fonction spécifique à **FUEL SYSTEM** ce qui se comprend assez bien vu que ce module émule l'échauffement de la pompe et du carburant. Il devient alors logique de prévoir une procédure de refroidissement du carburant à travers un radiateur spécifique. Comme pour des transferts internes, on peut utiliser cette fonction que l'on soit accouplé ou en vol libre. Mettre en oeuvre cette procédure ne se justifie que si la température du fuel dans un réservoir est trop élevée, mais nous allons l'expérimenter sans que cette condition ne soit effective pour ne pas avoir à générer un tel cas. (Pompage long ...) Restons dans le GL-03 de l'exercice précédent et cherchons à refroidir son réservoir 1 par exemple. Voici la procédure :

1) Se brancher pour faire passer le fuel à travers le radiateur :

- Utiliser **SYS** pour placer le système en mode **Int->Int**.
- Commande **TNK** et sélectionner le réservoir "à refroidir".
- Vérifier que la température du carburant dans ce réservoir est inférieure à 120 °.
- Bouton **ALN** pour brancher le réservoir "à refroidir" en mode **T/T**.

2) Connecter la pompe 1E pour réaliser la recirculation :

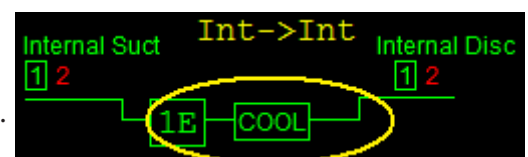
- Bouton **PMP** et sélectionner la pompe **1E**.
- Commande **SUC** pour brancher l'aspiration de **1E** sur le réservoir interne. (**manifold**)
- La ligne d'aspiration doit être représentée en vert sur le schéma.
- Utiliser **DSC** pour connecter le refoulement de **1E** sur le radiateur. (**cooler**)
- La ligne de refoulement doit être représentée en vert sur le schéma et transite par **COOL**.

3) Mettre en service la pompe et procéder au transfert :

- Cliquer sur **RUN** pour mettre en marche la pompe **1E**.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe.
- **CLR** si nécessaire pour refroidir la pompe **1E** avec son système "COOLER".
- **RUN** pour arrêter la pompe quand la température a été suffisamment réduite.

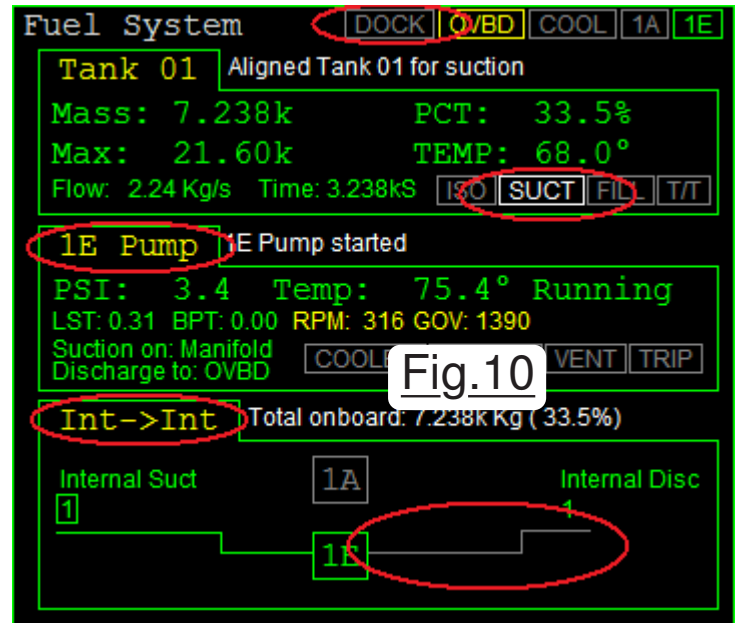
5) Isoler les divers circuits :

- **SUC** : Isoler la ligne d'aspiration.
- Vérifier sur le schéma l'isolement de la canalisation d'aspiration.
- **DSC** : Isoler la ligne de refoulement.
- Vérifier sur le schéma l'isolement de la canalisation de refoulement.
- **ALN** : Isoler le réservoir interne des deux collecteurs. (**ISO** allumé)



Vidange ou allégement du contenu d'un réservoir.

Contrairement au module de gestion d'énergie **Fuel Management**, le complément logiciel **FUEL SYSTEM** ne dispose pas d'une canalisation de purge indépendante du port d'accostage mais utilise la canalisation de raccordement du DOCK qui à l'accouplement permet d'envoyer du carburant vers l'autre vaisseau. Cette procédure n'est donc utilisable que si on n'est **arrimé à aucune station ou à aucun vaisseau**. Pour expérimenter cette fonction particulière, rechargeons le scénario **4-Tester FUEL SYSTEM.scn**, histoire de retrouver tous les vaisseaux en état "neutre" puis passons à bord de la Navette Atlantis STS-101. Sur la Fig.10 ci-contre, les impératifs à cette procédure sont encadrés en rouge. Voici les actions à réaliser ([CTRL] D) pour vidanger :



1) Désigner le(s) réservoir(s) à vidanger :

- Utiliser **SYS** pour placer le système en mode **Int->Int**. Attention, bien que l'on vidange le fuel à l'extérieur on sélectionne bien **Int->Int**.
- Commande **TNK** et sélectionner le réservoir à vidanger.
- bouton **ALN** pour connecter le réservoir à vidanger sur l'aspiration **SUCT**. Si le vaisseau possède plusieurs réservoirs, vérifier que les autres soient configurés sur **ISO**. Par contre si on veut les vidanger simultanément, les placer également sur **SUCT**.
- Vérifier que la température du carburant dans le réservoir extérieur est inférieure à 120 °.

2) Brancher le refoulement de la pompe sur "OverBord" :

- Bouton **PMP** et sélectionner la pompe **1E**.
- Commande **SUC** pour brancher l'aspiration de **1E** sur le réservoir interne. (**manifold**)
- La ligne d'aspiration doit être représentée en vert sur le schéma. Attention, les réservoirs non isolés voient leur repère encadré comme **12** et seront vidés.
- Utiliser **DSC** pour brancher le refoulement de **1E** sur l'orifice de purge. (**overboard**) Quand le refoulement est dirigé vers la canalisation externe de purge, le statu de **1E** le précise par **overboard**, et la ligne représentée sur le schéma est en gris au lieu de vert.

3) Mettre en service la pompe et procéder à la vidange :

- Cliquer sur **RUN** : Mettre en marche la pompe **1E**. L'information **OVBD** clignote indiquant une vidange positive vers l'extérieur. C'est un paramètre normal pour ce mode de transfert.
- On doit constater une baisse du niveau du (des) réservoir(s) à vidanger et un débit positif. Durant la vidange, on peut cliquer sur **TNK** pour avoir les informations relatives aux autres réservoirs.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe.
- Utiliser **CLR** si nécessaire pour refroidir la pompe **1E** avec son système "COOLER".
- Commande **RUN** pour arrêter la pompe quand le niveau de purge requis est atteint.

5) Isoler les divers circuits :

- **SUC** : Isoler la ligne d'aspiration.
- Vérifier sur le schéma l'isolement de la canalisation d'aspiration.
- **DSC** : Isoler la ligne de refoulement.
- Vérifier sur le schéma l'isolement de la canalisation de refoulement.
- **ALN** : Isoler le(s) réservoir(s) interne(s) des deux collecteurs. (**ISO** allumé)

NOTE : Si on active une procédure de vidange alors que l'on est accouplé, dans un premier temps la pompe monte en régime, mais **le réservoir ne se vide pas**. La pompe monte à son

régime maximal. Comme en sortie on passe en surpression, **RECIRC** la vanne de recirculation s'ouvre, et le régime de rotation tombe à **680** tr/min. Le symbole de la pompe **1E** devient blanc. Il ne se passe plus rien et la température n'évolue plus. Pour sortir de cette situation, il suffit de cliquer sur **RUN** pour stopper la pompe et ainsi faire tomber la pression résiduelle en sortie. Puis **CTRL D** pour désaccoupler d'ISS et enfin **RUN** pour relancer la procédure dans des conditions normales qui réalisera la vidange.

Le "COOLER".

La maîtrise des énergies ne peut ignorer l'incontournable fonction "COOLER" qui s'active avec la commande **CLR** et *qui permet un refroidissement local de la pompe* dans certaines situations critiques. Il ne faut pas la confondre avec le recyclage **COOL** qui était prévu pour abaisser la température du carburant. La pompe et son moteur électrique, comme tout système mécanique en fonctionnement chauffe. Elle est refroidie par le carburant qui sert de réfrigérant, exactement comme pour le compresseur d'un réfrigérateur. Mais si le carburant est déjà à une température relativement élevée et que le pompage dure longtemps, lentement la température va aller vers des valeurs intolérables. C'est la raison pour laquelle l'auteur de ce complément **FUEL SYSTEM** a émulé dans les circuits virtuels le dispositif de sauvegarde thermique nommé "COOLER". Le plus simple est de créer volontairement une configuration de crise et voir ce qui se passe. Rechargez la scène **4-Tester FUEL SYSTEM.scn** et comme déjà fait, passons à bord de la Navette Atlantis STS-101. Reprendre intégralement la séquence pour purger le réservoir, donnée en page 13 mais rester docké de surcroît. Pour provoquer un incident, nous allons nous tromper dans la procédure. Au tout début, dans la phase **1**), à la commande **ALN** nous allons nous tromper. Au lieu de connecter le réservoir sur **SUCT** pour le vider, nous allons le brancher sur le collecteur de refoulement **FILL**. (Espèce de Dudule, vous ne pouvez pas faire attention !) Bon, croyant avoir configuré les canalisations comme il le faut, activez la pompe avec **RUN**.

La pompe monte en régime normalement à 1390 tr/min. **OVBD** clignote normalement, et comme nous ne sommes pas assez attentif, on pense que tout est normal et l'on ne remarque pas que le réservoir ne se vide pas. Ne faisons strictement rien pour analyser la chronologie des sécurités. On observe alors une lente montée en température de la pompe. À partir de 90°F le témoin d'alerte **COOLER** s'allume signalant qu'il devient possible d'activer le refroidissement de cette dernière avec la commande **CLR**. Comme (Comble de négligence) on ne fait toujours rien, les systèmes de sécurité vont réagir à notre place. À 120°F ils vont automatiquement enclencher le dispositif de refroidissement de la pompe et **COOLER** devient blanc pour nous informer de ce fait. La température est alors stabilisée et va très lentement redescendre. Bon, il est temps de se réveiller et de faire notre travail de pilote, car si on abuse on va être recalé à notre permis de "pomper". Commencer par stopper la pompe avec **RUN** ce qui coupe immédiatement **COOLER**. La pression résiduelle étant complètement annulée, utiliser la procédure de refroidissement du carburant développée en page 12. Bien que prévue pour abaisser la température du fuel, cette fonction fait également descendre rapidement celle de la pompe. Dès qu'elle passe en dessous de 90°F, on peut stopper la procédure et reprendre les opérations prévues initialement.

Disjonction de la pompe.

Sous certaines conditions décrites dans la documentation de **FUEL SYSTEM**, la pompe peut carrément être sauvegardée par les systèmes de sécurité sur une disjonction de cette dernière. Dans ce cas, l'affichage du MFD prend l'allure de celui montré sur la Fig.11 de la page 15. Ce n'est pas tragique, **Tripped** ne signifie nullement qu'elle est détruite. Un exercice concret pour être confronté à ce cas de figure serait logique, mais figurez-vous que je n'ai pas été en mesure de trouver une configuration qui conduise à un tel cas. Pourtant, j'ai expérimenté une foule de combinaisons incorrectes. Manque de savoir faire de ma part ? Assurément. Quoi qu'il en soit, que se soit par cavitation en entrée ou surpression en sortie, je n'y suis pas arrivé. J'ai également tenté des manipulations entre réservoirs très différents, précisément pour aboutir à une dépression en entrée ou une saturation en sortie. Que nenni, rien à faire. Dommage ... on va tricher !

BUG ou problème sur mon U.C ?

La disjonction se produit systématiquement alors que la configuration est normale et que je passe en accélération temporelle ne serait-ce que par **x10**. Bien évidemment ce n'est pas normal.

L'incident de la Fig.11 s'est produit alors que je me suis contenté de configurer l'ensemble pour un refroidissement tel que celui décrit en page 12. Le carburant circulant normalement, une action sur " " fait passer en x10 et engendre immédiatement la colère rouge de la figure 11. L'interprétation des informations données en **A** est la suivante : L'état disjoncté de la pompe est indiqué par **Tripped**, du coup le témoin **TRIP** s'allume. Juste au dessus, l'information **LST** nous en donne la raison. Ici c'est un manque de pression en aspiration qui a engendré l'activation de cette sécurité. Ceci dit, comme mon P.C. est laborieux, et que le taux de rafraîchissement de l'écran se situe vers les 13 FPS, il est possible que le nombre de calculs par seconde soit insuffisant. Les pas de programme étant trop espacés, le logiciel arrive à des valeurs critiques et passe la main à la routine de traitement associée.

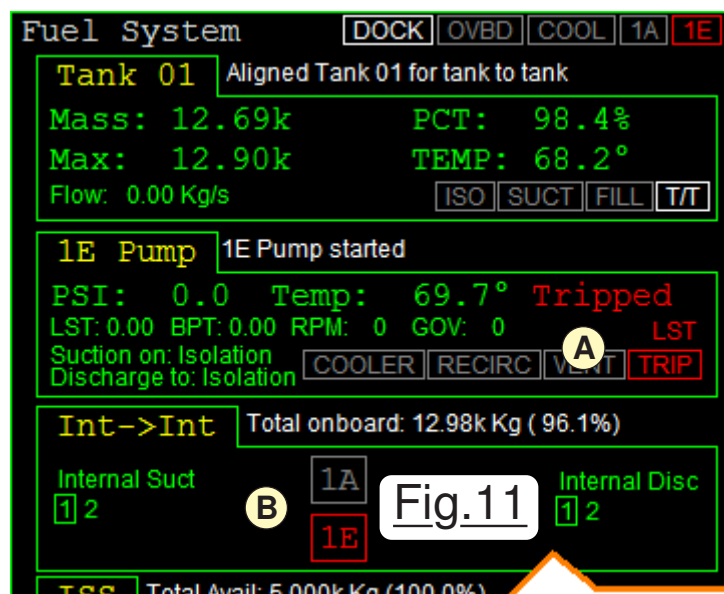
CONCLUSION : Soit il s'agit d'un vrai bug caché dans ce module, ou un quelconque problème d'incompatibilité avec la version actuelle d'Orbiter, et vous savez comment provoquer une disjonction et en tester la parade de sortie. Soit c'est un problème local ... désolé, il faudra alors vous débrouiller tout seul pour engendrer un tel phénomène. (HIPS !)

Quand la disjonction se produit, immédiatement entrée et sortie de pompe sont déconnectées comme visible en **B** sur le schéma. Tous les symboles de la pompe disjonctée sont en rouge. Pour sortir de ce type de "tragédie" il suffit d'arrêter la pompe avec **RUN**, les affichages redeviennent immédiatement normaux. Si la disjonction s'est réellement produite sur une incompatibilité hydraulique, commencer par corriger la configuration et reprendre l'opération envisagée initialement.

Les frères ennemis coude à coude.

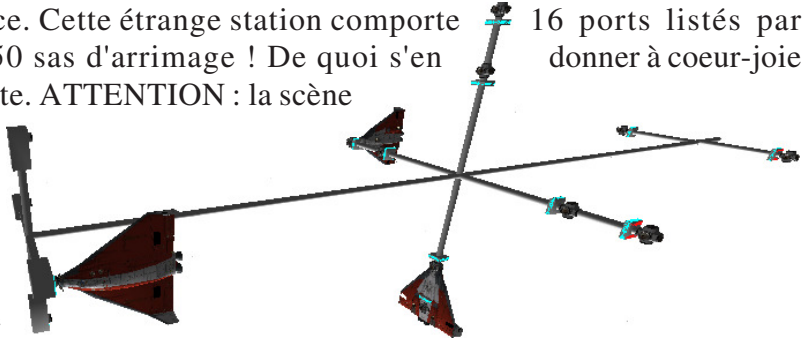
Mission accomplie, notre permis de piloter les vaisseau spatiaux porte désormais la mention "Spécialiste de la gestion des énergies". On pourrait en rester là, mais il reste à satisfaire les impératifs temporels. Supposons que l'on désire faire le plein du réservoir principal d'un DeltaGlider et que ce dernier soit à sec. Il faut plus de 20 minutes. Si on désire le purger, vu que la pompe **1E** présente un débit bien plus faible, la durée pour réaliser l'opération devient rapidement rédhibitoire. Si le problème qui est évoqué ci-avant ne se produit pas chez vous, aucun problème, il suffit d'utiliser l'accélération temporelle de façon banale. Mais si c'est un vrai bug, devons-nous oublier les bienfaits de **FUEL SYSTEM** ? Et bien non, une parade simple consiste à utiliser **Fuel Management** simultanément. Vous pouvez également mettre en parallèle ces deux fonctions similaires, car l'observation des deux MFD permet de pouvoir établir des corrélations bien utiles. Par exemple on active **FUEL SYSTEM** sur le MFD de gauche, et **Fuel Management** sur celui de droite. Les deux modules acceptent de fonctionner simultanément, pour peu que l'on adopte sur l'un et sur l'autre une fonction de même nature. Donc, après avoir commencé une longue opération avec **FUEL SYSTEM**, ayant profité de sa complexité, il suffit d'activer la procédure analogue sur **Fuel Management**. Les pompes de ce dernier vont "booster" celles plus réalistes du MFD de gauche.

Bravo, vous venez brillamment d'obtenir l'extension "Énergie hydraulique" sur votre licence de pilote intersidéral. CHAMPAGNE ... Tous au PAPYBAR ! Mais cette petite récréation relative aux ADD-ONS "sur le fuel" ne serait pas complète si nous passions sous silence le chapitre des stations service. Il se trouve que sur Internet divers auteurs concernés par ce sujet ont réalisé des stations orbitales spécialement prévues pour stocker de très grosses quantités de fuel. Des très gros bidons en somme. Pourquoi bouder le petit plaisir d'aller leur rendre visite ? Pour cette facette particulière, tout ce que j'avais déjà précisé concernant ma non débrouillardise sur la toile reste vrai. Je suis probablement passé à coté de plusieurs ADD-ON tout aussi précieux que ceux qui seront abordés ici. Vous savez dans ce cas ce qu'il convient faire pour leur rendre justice ...



Les stations service orbitales.

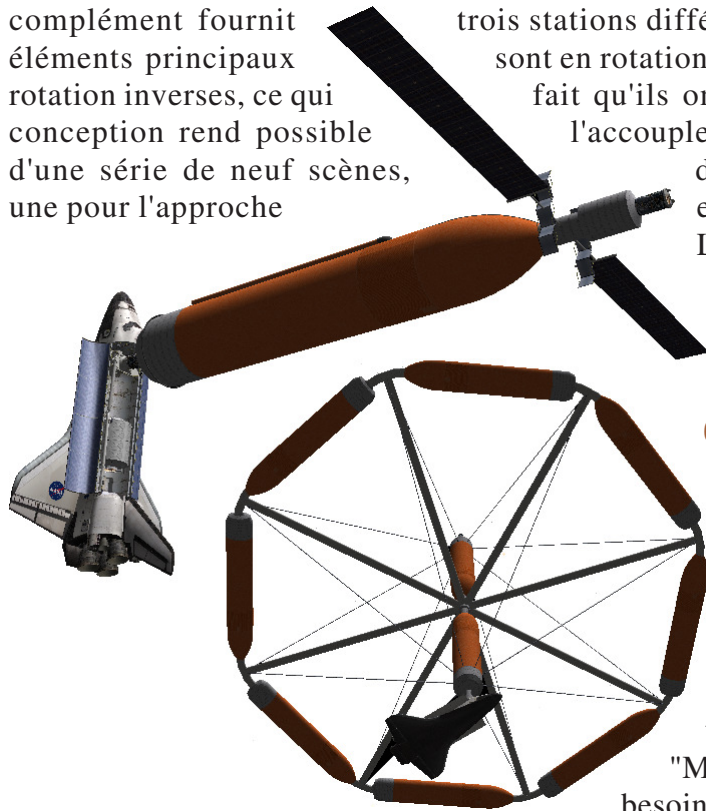
Personnellement je dispose de deux références de stations services orbitales dans ma ludothèque. La première que je vais évoquer est la **Station FUEL VESPUCCI** que vous pouvez télécharger sur le lien <http://orbithangar.com/searchid.php?ID=2300>. ATTENTION, cet ADD-ON impose la présence des compléments **Spacecraft2** et **Spacecraft3**. Ceci dit, sur mon ordinateur ils sont installés systématiquement par défaut dans Orbiter car exigés par nombre de compléments. L'installation de cet ADD-ON est banale. Il suffit de décompresser **VFD-50-ver2.0.zip** directement dans la racine d'Orbiter en respectant l'arborescence. Cette étrange station comporte 16 ports listés par **Fuel Management** avec la bagatelle de 50 sas d'arrimage ! De quoi s'en donner à coeur-joie et de simplifier les choses aux heures de pointe. ATTENTION : la scène



fournie impose d'installer le vaisseau

Vespucci-D non inclus. Pour vous éviter d'aller à la repêche, je vous propose le scénario **5-Tester St Fuel VESPUCCI.scn** dans lequel trois DeltaGliders sont arrimés. Ma deuxième référence concerne la série **EXTERNAL TANK STATIONS 1.0** réalisée par Alain Hosking que vous pouvez télécharger sur <http://avsim.com/>. À l'instar du précédent cet ADD-ON **et-stations.zip** impose également la présence du module **Spacecraft2**, l'installation est également banale puisqu'il suffit de décompresser le fichier **et-stations.zip** dans la racine d'Orbiter avec respect de l'organisation des répertoires. Ce complément fournit trois stations différentes très originales. Pour deux d'entre elles, les éléments principaux sont en rotation. Mais les ports d'arrimage qui les équipent sont en rotation inverses, ce qui fait qu'ils ont une orientation constante dans l'espace. Cette conception rend possible l'accouplement avec les Navettes. Ce complément est assorti d'une série de neuf scènes, une pour l'approche

dont trois pour chaque station : Une pour le lancement, et une dans laquelle la Navette est arrimée. Largement de quoi occuper quelques soirées d'hiver.



Crise sur le gâteau, pour les plus intrépides, je vous propose une dernière situation pour laquelle la gestion du fuel sera vitale : La scène **6-SOS dans l'espace**. Figurez-vous que pour pouvoir vous financer le dernier DeltaGlider IV, vous faites des heures supplémentaires sur une orbite qui vous ballade entre 161km et 562 Km d'altitude. Votre vaisseau est un ancien DeltaGlider version 3 de secours nommé RESCUE. La radio est en permanence calée sur la fréquence d'alerte standard et vous êtes soudainement tiré de votre torpeur par un message dramatique.

"Maidé, Maidé, ici vaisseau SOS en orbite polaire avons besoin d'aide ...". C'est monsieur Aithourdhry qui a emmené sa gentille petite famille sur une orbite circulaire de 200Km d'altitude pour admirer les pôles de notre belle Terre. Ayant laissé un peu trop sa petite fille Kedeproblaim sans surveillance, cette dernière s'est amusée à tripoter tous les boutons du tableau de bord. C'était si rigolo ! Ayant laissé par pure malchance les systèmes de purge fonctionner pendant tout le repas et la séance de photos orbitale, les deux réservoirs de leur vaisseau sont à sec. Si vous n'arrivez pas à établir le rendez-vous pour leur fournir du précieux carburant, ils sont perdus pour toujours dans le vide glacial de la banlieue terrestre. Ils comptent vraiment sur vous ...

Amusez-vous bien : Nulentout.

Môa môa j'ai rempli mon briquet à essence sur DOCK avec FUEL SYSTEM en moins de trentes minutes.



COMPLÉMENTS

Cent fois tu replaceras ton oeuvre sur l'ouvrage, la qualité est à ce prix. Initialement ce tutoriel se finissait à la page 16. Lors de la mise en ligne, j'avais informé les Orbinautes de la présence de ce document sur le forum incontournable <http://orbiter.dansteph.com>, et en particulier précisé que n'étant pas un dieu en recherches sur Internet, il était probable que je n'avais probablement pas parlé d'autres ADD-ON qui méritaient parfaitement leur place ici. Je demandais à cette occasion à ceux qui en avaient repéré d'autres, de m'en faire part. L'Ami Milouse s'est donné la peine de commenter ce document, et surtout de me signaler trois autres sources possibles :

<http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=1834>,

<http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=1883>,

<http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=2732>.

Ne pas tenir compte de ces informations serait incorrect autant vis à vis de Milouse que des auteurs de ces ADD-ON. C'est l'objet de la mise à jour de ce tuto.

Par ailleurs, quand j'ai rédigé ce divertissement, j'avais une méconnaissance totale du DeltaGlider IV qui dès l'origine permet une gestion du carburant. Il serait trop injuste de le négliger ici, question d'équité.

GESTION DU FUEL SUR LE DELTA GLIDER IV.

Ce magnifique vaisseau permet sans complément de gérer à convenance le carburant. On peut approvisionner au sol ou sur une station orbitale, vidanger du fuel et transférer entre réservoirs.

Par contre, sauf erreur de ma part il ne permet pas de fournir du fuel à une station ou à un autre vaisseau.

ATTENTION : Comme il est mentionné dans la très belle documentation qui accompagne ce DeltaGlider, certains ADD-ON provoquent des retours prématurés sur le bureau de WINDOWS, lorsque le DG IV subit une destruction, ou lorsque l'on réintègre le vaisseau suite à une EVA. Il se trouve que **Fuel Management** provoque un tel effet. Donc, quand vous utilisez le DeltaGlider IV, **il faut impérativement désélectionner Fuel MFD dans l'onglet Modules du lanceur d'Orbiter**. Il me semble également important de désélectionner **Fuel** de **FuelMFD** car sous certaines circonstances je crois avoir constaté qu'il provoque également des retours au "fond d'écran". De toute façon avec le DeltaGlider IV nous n'avons pas besoin de ces modules. Bon, passons à la pratique.

RAVITAILLER AU SOL :

Notre astronef doit se trouver sur le tarmac et immobile. Commencer par l'alimenter en énergie électrique avec l'EPU ou son APU, puis activer le breaker qui connecte la zone **FUEL & ENGINE SYSTEM**. (Lower panel sur la Fig.12)

Upper panel :

- Énergie 96v sur APU ou 48v sur EPU.

BUS SELECTOR sur **EPU/BOTH**.

SYSTEM POWER : **ENGINE** et **MAIN BUS** sur ON.

STROBE sur ON.

Lower panel :

- 1) **FUEL HATCH** sur ON. On entend le véhicule de servitude arriver.
- 2) Attendre que l'opérateur branche le tuyau : **EXT PRESS** affiche alors 10.3.
- 3) **EXT INPUT VALVE** sur ON.
- 4) **FUEL SELECTOR** sur **MAIN** ou sur **RCS** à la demande. **EXT PRESS** monte à 15.6 en 2 et le régime de la pompe augmente.
- 5) On observe sur la jauge le niveau du carburant.

Possibilité d'alimenter des deux réservoirs simultanément en plaçant **X-FEED** sur la position "croisée" de **FUEL SELECTOR**. Si le réservoir en cours d'approvisionnement est totalement rempli, **EXT PRESS** chute alors 10.3 et la pompe baisse en régime.

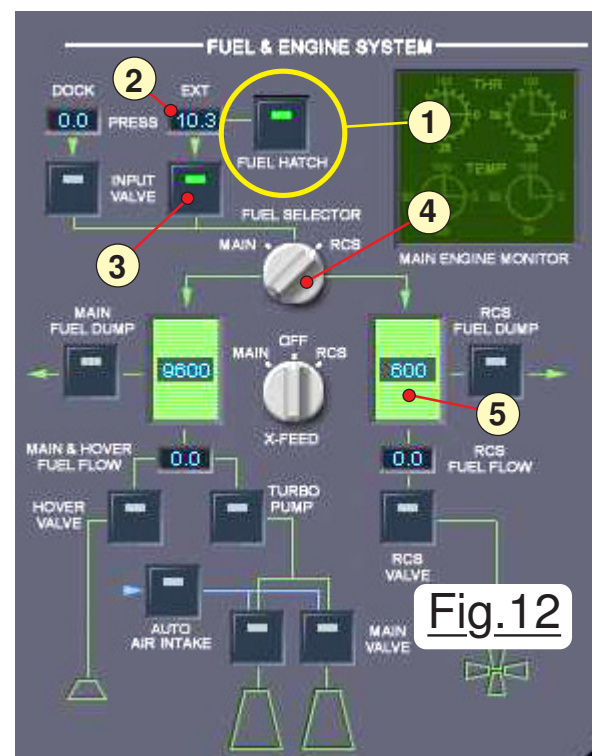


Fig.12

Une fois l'approvisionnement effectué :

FUEL SELECTOR sur centré.

EXT INPUT VALVE sur OFF.

FUEL HATCH sur OFF.

X-FEED sur OFF.

• Attendre le départ du camion citerne.

Upper panel : STROBE sur OFF.

RAVITAILLER À UNE STATION ORBITALE :

Upper panel : (Lower panel sur la Fig. 13)

• Énergie **96v** sur **APU** ou **48v** sur **EPU**.

BUS SELECTOR sur **EPU/BOTH**.

SYSTEM POWER : ENGINE et **MAIN BUS** sur ON.

STROBE sur ON.

Si passagers à bord : **SEAT BELT** sur ON. (Éventualité éjection)

Lower panel :

1) Vérifier **EXT PRESS** à environ **12.3**.

2) **DOCK INPUT VALVE** sur ON.

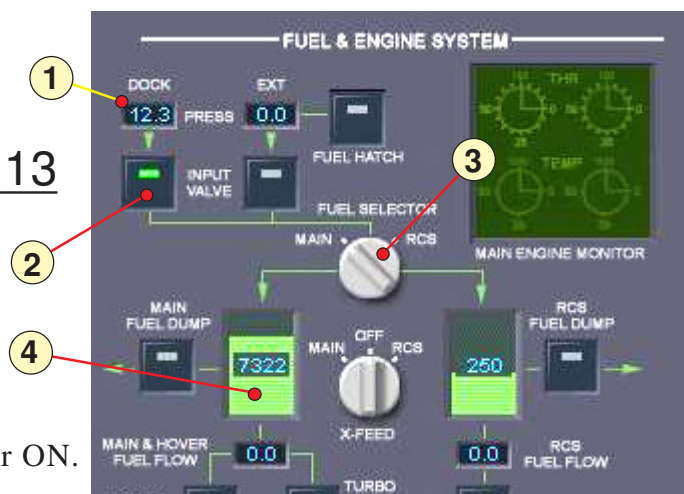
3) **FUEL SELECTOR** sur **MAIN** ou sur **RCS** à la demande.

4) On observe sur la jauge le niveau du carburant qui augmente.

Possibilité d'alimenter des deux réservoirs simultanément en plaçant **X-FEED** sur la position "croisée" de **FUEL SELECTOR**. ("Croisée au sens de "complémentaire à celle de **FUEL SELECTOR**")

Si le réservoir en cours d'approvisionnement est totalement rempli, sa jauge n'évolue plus.

Fig.13



Une fois l'approvisionnement effectué :

FUEL SELECTOR sur centré.

DOCK INPUT VALVE sur OFF.

X-FEED sur OFF.

Upper panel :

STROBE sur OFF.

SYSTEM POWER : couper les breakers.

APU et **EPU** sur OFF.

TRANSFERTS ENTRE RÉSERVOIRS :

La configuration est montrée sur la Fig. 14 ci-contre. Il faut que la zone **FUEL ENGINE SYSTEM** soit alimentée en énergie électrique. Basculer l'inverseur **X-FEED** vers le réservoir à compléter comme montré en 1. On constate qu'une jauge diminue, l'autre augmente. Une fois le niveau désiré atteint, basculer **X-FEED** sur la position fermée **OFF**.

Vidange ou allègement du contenu d'un réservoir :

C'est aussi simple que pour les transferts et impose la même contrainte énergétique. La Fig. 16 montre le mini HUD qui permet de connaître la masse du DeltaGlider IV qui ne doit pas dépasser 19 Tonnes à l'atterrissage. La Fig. 15 présente une vidange simultanée des deux réservoirs car **X-FEED** est basculé vers **MAIN**. Il y a vidange car la valve 1 est ouverte. On note également sur les deux **FUEL FLOW** en 2 un débit positif alors que les valves des moteurs sont fermées.

Fig.14

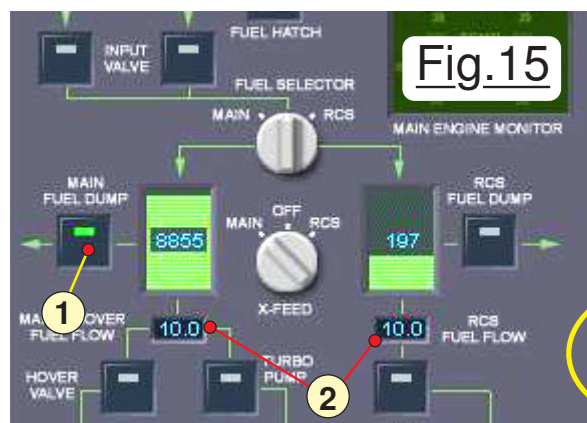
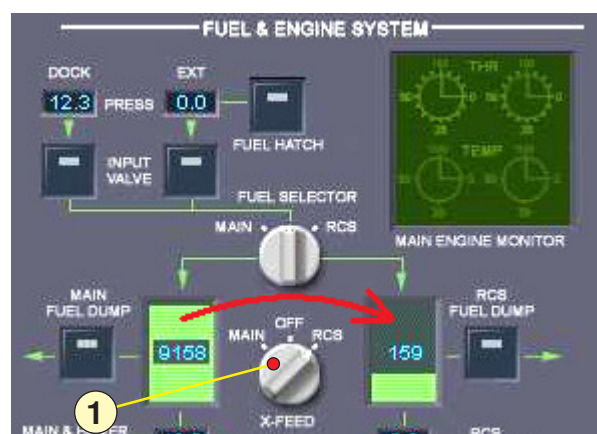


Fig.15

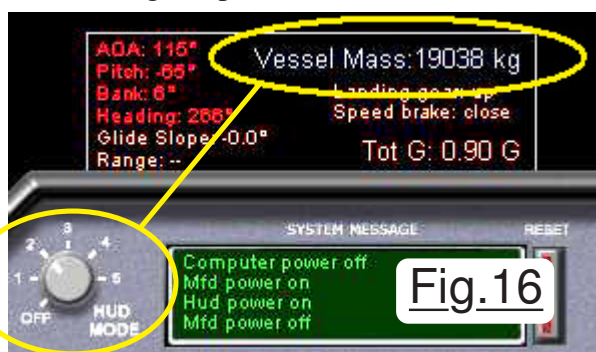


Fig.16

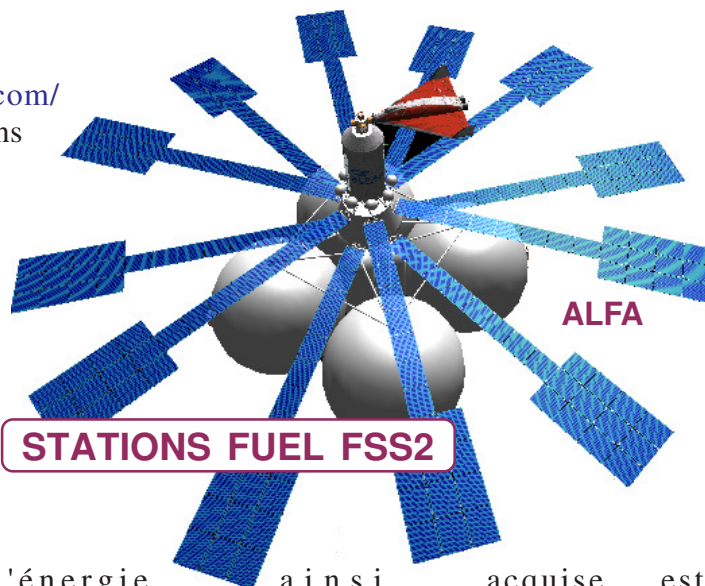
au sol,
accouplé ou
en orbite,
voire en vol
atmosphérique.

Les autres stations service.

Commençons par le lien <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=1834>. Il fournit deux grosses stations

ALFA et BETA qui placées sur des orbites élevées sont particulièrement favorables pour faire le plein avant d'envisager un long voyage interplanétaire.

En effet, les stations étant à altitudes élevées, l'énergie à consommer pour les atteindre est importante. Mais une fois que nous y sommes, comme on peut réapprovisionner c'est sans importance. Par contre, pour atteindre la vitesse de libération en vue d'effectuer une orbite de transfert, c'est un avantage, car "gratuite". Ces deux stations pour s'arrimer. Deux scénarii sont



l'énergie ainsi acquise est possèdent chacune un nombre confortable de sas fournis. L'un avec la station ALFA en orbite terrestre haute, l'autre proposant BETA

en capture autour de la Lune. L'installation de ces deux modules est facile, car l'ADD-ON est fourni sous forme d'un fichier exécutable qui se charge de placer les divers modules dans les bons répertoires. Il suffit d'indiquer le chemin du dossier dans lequel vous avez logé Orbiter. C'est un gage de sérieux.

Passons à la réalisation abritée par <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=1883>.

La mise en place est aussi facile que pour la station précédente. Un fichier exécutable se charge du travail. Mais cet ADD-ON qui date du 12/05/03 ne semble plus compatible avec la version actuelle d'Orbiter. Le fichier d'accompagnement précise que cette station est en orbite autour de Saturne sur un plan d'inclinaison nulle. Quand j'installe le complément et que j'active la scène fournie, le vaisseau se trouve à proximité du Soleil. Pas de station en vue, et totalement inconnue dans le menu caméra de la fonction [F4]. Dommage, pouvoir faire le plein autour de Saturne était bien séduisant.

Il nous reste à tester le dernier lien : <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=2732>.

External fuel tank v0.4

Cet ADD-ON est assez original. Il se contente de fournir deux gros réservoirs. Des sortes de bidons prévus pour s'approvisionner en orbite. L'un présente une masse de 200Kg, l'autre fait la bagatelle de 5 tonnes ! L'auteur précise que ces composants ne sont pas très respectueux de l'environnement, et qu'il ne faut pas les laisser trainer en orbite. Je suppose qu'après

avoir "gobé" leur contenu, soit on les accélère vers une vitesse de libération, soit on provoque leur rentrée atmosphérique, quitte immédiatement après s'en être débarrassé, à effectuer une poussée PROGRADE pour

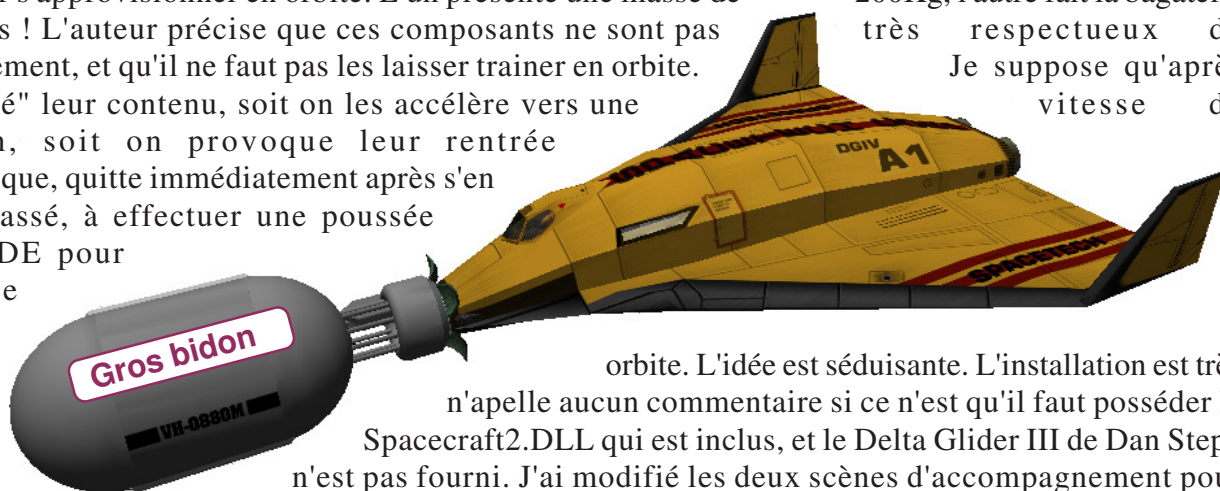
que notre vaisseau reste en simple et module qui lui

qu'elles fassent appel à la version IV du Delta Glider, ainsi ces deux étranges bidons seront encore utilisables. Mes scènes sont respectivement nommées :

External Fuel Tank 200kg.scn

External Fuel Tank 5000kg.scn

Espérant avoir par ces trois pages supplémentaires rendu justice aux divers auteurs concernés, je vous souhaite de passer d'agréables récréations grâce à cette mise à jour.



orbite. L'idée est séduisante. L'installation est très n'appelle aucun commentaire si ce n'est qu'il faut posséder le Spacecraft2.DLL qui est inclus, et le Delta Glider III de Dan Steph n'est pas fourni. J'ai modifié les deux scènes d'accompagnement pour