

Les vaisseaux Russes.

Par Nulentout : Dimanche 5 octobre 2014.

Apprivoiser l'espace restera pour toujours dans l'histoire de l'humanité un chapitre essentiel, aussi important que la conquête du feu, que la découverte de l'élevage ou le développement de l'agriculture. À l'orée de notre histoire, la préoccupation prioritaire était la survie. Échapper à nos prédateurs et trouver un minimum de ressources pour ne pas succomber aux saisons les plus sévères constituaient l'unique objectif durant les journées et les saisons qui s'enchaînaient. Mais dès que l'homo erectus a été globalement capable de subvenir à ses besoins principaux, par une sédentarisation généralisée à la surface de notre Terre nourricière, il a commencé par tourner le regard vers les étendues vertigineuses des mers et des océans. L'infini a toujours attisé les rêves et les légendes. Avec les millénaires, ces étendues d'eau sans limites ont fini par dévoiler leurs frontières. L'imagination s'est alors orientée vers un autre infini ... celui des étoiles.

Avec Mercury, Gemini et Apollo, mes tutoriels ont relativement couvert les grandes étapes vécues du côté Américain. Mais coté URSS, seul le chapitre du premier homme dans l'espace avec le tutoriel sur le VOSTOK a abordé l'astronautique Russe. C'est un peu dommage puisque historiquement "l'Est" a largement contribué à écrire les plus belles pages de la conquête spatiale. Le but de ce tutoriel est de vous inviter à voler dans les machines rustiques mais fiables du "bloc communiste". Des technologies "taillées à la serpe" qui sont encore d'actualité puisque des fusées et des vaisseaux conçus à cette époque décollent encore à notre époque, et même depuis un certain Kourou. Contrairement aux Américains qui privilégiaient le pilotage manuel, le bloc soviétique a globalement imposé les automatismes. Cette philosophie était issue du fait que l'on ignorait totalement à cette époque ce que pourrait engendrer sur l'homme et sur son comportement le fait de se trouver en microgravité. Cette approche a toutefois généré des vaisseaux particulièrement adaptés aux servitudes de l'exploitation de l'espace, raison pour laquelle ils sont toujours en service.

Compte tenu de la rigueur du climat qui sévit sur les installations Russes, on comprend aisément que les technologies puissent être infiniment plus rustiques que celles développées outre Atlantique. Du bon gros solide capable de décoller de façon banale par -25°C ! Pour les vaisseaux et surtout les lanceurs, les Américains ont opté pour le développement de moteurs très variés, adaptés en complexité et en technologie au domaine d'utilisation. Par exemple pour lancer les missions lunaires, ce sont les très gros moteurs de la Saturn V qui ont été créés, avec pour pénalité un coût colossal et des mois de mise au point. Coté russe, on "se contente" de jumeler un nombre de moteurs proportionnel à la puissance désirée au décollage. Les lanceurs les plus lourds accumulent des grappes de moteurs. Vu leur nombre on pourrait croire que la fiabilité de l'ensemble sera moindre ... mais c'est faux. En effet, tous ces moteurs identiques sont très éprouvés car le nombre de ces exemplaires consommés finit par faire surgir toutes les faiblesses. Une fois corrigées, on aboutit à une machine parfaitement opérationnelle. Par ailleurs l'investissement en recherche et développement est infiniment plus faible.

Nous sommes donc en présence de deux approches antagonistes, chacune avec ses avantages et ses inconvénients. Nous allons dans ce tutoriel faire connaissance avec quatre des machines les plus connues de la technologie Russe pour leurs premiers pas dans le Cosmos : Les lanceurs Soyouz et R-7, les vaisseaux habités Soyouz TM et TMA et les camions d'approvisionnement Progress ainsi que les "laboratoires" Salyout. Tout un programme passionnant en perspective ...





LES MAINS DANS LA GRAISSE : BEEERRRKKKKKKKKKK

Impossible de voler sans ériger sur Terre les bases de lancement, concevoir les fusées, construire les vaisseaux. Notre monde virtuel n'échappe pas à cette règle, sauf que pour nous "orbinautes", tout existe, il suffit d'installer les fichiers et vogue **la galère** ☞ Expression anodine qui cache un tantinet quelques menues complications. Orbiter est assez pointilleux dès qu'il lui manque un morceau. La vraie difficulté réside parfois dans le nombre de modules à installer interdépendants. C'est un peu le serpent qui se mord la queue. Chaque complément ajouté en exige un autre, ou alors le lancement des scènes provoque de frustrants CTD. (CTD : *Retour prématuré sur le bureau de Windows*) Comme toujours, en y allant progressivement et avec méthode nous allons construire notre "cosmodrome" virtuel. Comme l'un des chapitres les plus marquants de l'astronautique Russe fut le vaisseau Soyouz, nous allons commencer par cette légende. Personnellement, tous les fichiers dont je vais vous proposer l'installation sont transformés en MODs pour l'installateur **JSGME**. Pour ceux qui ne savent pas de quoi il retourne, vous allez sur <http://francophone.dansteph.com/?page=tutorials>. Vous rameutez le tutoriel **Installer proprement Orbiter 2010** et vous consultez le chapitre commencé en page 8. **JSGME EST ABSOLUMENT UN INCONTOURNABLE !** Dernière petite mise au point : Je fais l'hypothèse que vous avez installé correctement Orbiter. En particulier les modules OrbiterSound35.exe, Spacecraft 1 à 3, STAGE et MULTISTAGE sont déjà présents sans compter l'UMMU de Dansteph. C'est parti mon Kykyski :

1) Commencer par aller sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=5160>

Télécharger et installer le fichier **7k_orbiter.rar** mais pour le moment surtout ne vous précipitez pas à tout de suite pour "lancer" des scènes, c'est encore largement prématuré.

Dans ce complément la scène  Soyuz 5 (Soyuz FG & 7K-OK).scn et la scène  Soyuz 7K-OKS Salyut 1.scn engendrent un CTD au chargement. Je me suis contenté de les enlever de la MOD, nous en avons encore largement assez. Soyouz est de loin la plus ancienne fusée encore opérationnelle au monde. Cette durée de vie remarquable implique de très nombreuses versions, tant pour le lanceur que pour le vaisseau habitable. Naturellement il n'est pas possible de toutes les représenter dans un complément pour Orbiter. L'ADD_ON installé nous en fournit déjà plusieurs versions. Mais pour fonctionner correctement il est clairement précisé dans sa documentation qu'il est indispensable d'ajouter le complément SoyuzFG 1.2 de Thorton ainsi que Salyut 6 de Majortom. Au travail !

2) Visiter <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=4545>

Télécharger et installer le fichier **Soyuz_FG(U)_v1.2_25.10.10.rar** mais pour le moment surtout résistez à l'envie d'activer des situations, c'est toujours aussi prématuré.

Ce complément propose la version à trois étages du lanceur ainsi que la plus développée à quatre étages avec le remorqueur orbital "Fregat".


3) En lisant la documentation du complément n°2, on note qu'il faut impérativement installer le fichier **ISS_v3.2_07.09.10.rar** si l'on désire pouvoir utiliser les scènes relatives au vaisseau Progress et surtout les situations de lancement pour les Soyouz TM et Soyouz TMA. Ce fichier que vous installez se trouve sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=3737> mais attendez encore un peu, l'heure H n'est pas encore arrivée. DA ?

À ce stade, toutes les scènes de Soyuz_FG(U)_v1.2_25.10.10.rar conservées fonctionnent correctement. Mais nous allons assister aux lancements de l'extérieur, et la surface représentée pour les installations est un tout petit "timbre poste" pas très beau quand on regarde depuis la fusée en vue plongeante. Comme nous l'avons déjà fait pour le tutoriel VOSTOK, du reste c'est aussi conseillé par l'auteur de ce complément, nous allons agrandir la zone texturée :

4) Aller cheminer sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=4247> pour télécharger le fichier **baikonur surface tiles v1.1.zip** et l'intégrer comme explicité dans le tutoriel sur VOSTOK. La zone aride alentours devient d'une beauté sauvage. (Baïkonour est perdue dans le Kazakhstan)



Attention : Bien prendre en compte le **readme.txt** qui indique de compléter le fichier **baikonur.cfg**. Comme précisé ci-avant, toutes les situations "Russes" fonctionnent correctement. (Les situations, pas les fusées !) Par contre, pour ISS toutes les scènes relatives aux lancements se terminent par un CTD. Comme pour le moment la réalisation de la gigantesque station orbitale est hors sujet, je préfère paresseusement éluder ce problème pour gagner du temps.

Page 2 On va bientôt pouvoir décoller mais au préalable allons chercher le laboratoire orbital :

- 5) Foncer sur http://orbithangar.com/search_quick.php?text=salyut&submit.x=0&submit.y=0 Télécharger et installer le fichier **Salyut6_MT_v1.01.zip** qui va nous fournir le module scientifique orbital. Mais seule la scène n°2 nommée  **Salyut 6 in circular orbit.scn** est utilisable. Comme après bien des essais infructueux je n'ai pas été en mesure de faire fonctionner les autres situations, je me suis contenté de les éliminer de la MOD, on se débrouillera sans elles.

Maintenant que l'astronoky cosmosvitch dispose d'une petite station orbitale, et des vaisseaux Soyouz pour y amener des équipages, il reste encore à créer des vaisseaux "jetables" pour le transport du matériel et des consommables. C'est le rôle des Progress qui sont toujours en service actuellement, comme quoi on ne change pas un cheval qui gagne. (Façon comme une autre de préciser que le Progress est un percheron fiable et économique, caractéristiques commerciales très recherchées)

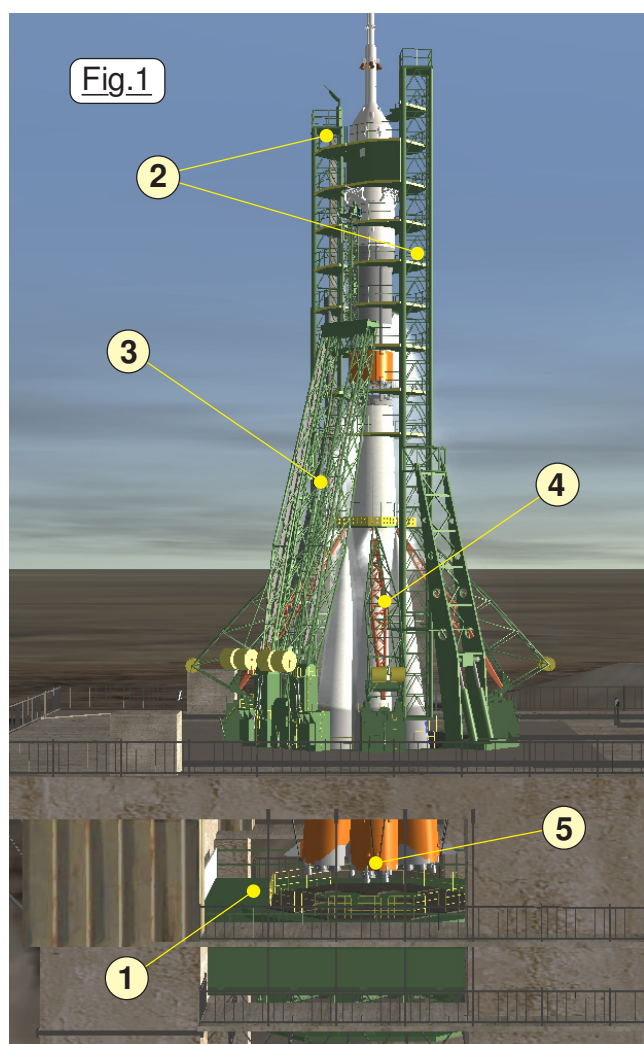
- 6) Aller sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=3822> et installez **ProgressM1v1.zip** qui nous fournit le vaisseau ravitailleur désiré. Mais sur les quatre scènes disponibles, seule la deuxième accepte de se charger dans Orbiter. J'ai éliminé des deux dernières de la MOD car tenter de les "réparer" n'a conduit qu'à des échecs. On va donc royalement s'en passer. Par contre on conserve la première. Elle provoque un CTD, mais il est précisé qu'il faut le complément R-7 qui effectivement corrige le problème.

- 7) Dernière petite visite sur <http://orbithangar.com/searchid.php?ID=2844> qui nous permet d'intégrer dans Orbiter le lanceur R-7 qui militairement peut embarquer une charge nucléaire. On installe le fichier **R7_070318.ZIP**, mais les scènes  **Molniya.scn** et  **Soyuz with Progress.scn** ramènent nos espoirs sur le bureau de Windows. On efface ces deux "scènes parasites" et le tour est joué. Nous avons largement de quoi expérimenter la "cosmostyke" virtuelle.

Arf arf, je fonce à donf chercher les cosmoski souyuski progmoski truski !



DÉCOUVERTE DES INSTALLATIONS DE LANCEMENT :



Cette première expérience va nous faire découvrir en détail les diverses phases d'un décollage à Baïkonour. En réalité, cette mission pilotée par le Colonel Vladimir Komarof s'est achevée en tragédie. Le cosmonaute s'est tué lors du retour atmosphérique après avoir bouclé 18 orbites. Le parachute principal ne s'ouvrit pas à cause d'un défaut de capteur de pression et le parachute de secours qui fut déployé manuellement se mit en torche ne freinant pas la chute du vaisseau. Activez la scène **01) Lancement de Soyuz 1.scn** qui nous place à deux minutes du décollage et mettre immédiatement en PAUSE. Surtout ne changez pas le point de vue ni le facteur de ZOOM, la scène est cadrée pour observer les divers événements qui s'enchaînent lors d'un décollage. Contentez-vous d'observer ce qui se passe.

Pour mieux comprendre la structure globale de l'installation, on va en détailler sur la Fig.1 les éléments principaux. En **1** nous voyons la plateforme qui permet aux techniciens de travailler sous la fusée. Juste au dessus de cette installation on distingue nettement la base orange de la fusée. Vous vous doutez qu'au moment du lancement il faudra rétracter cette structure qui masque le déflecteur de jet situé en dessous et que l'on distingue parfaitement en prenant un

peu de recul. Revenir à **Dist 144.0** indiqué en haut à gauche. En **2** se trouvent les deux tours diamétralement opposées qui permettent aux personnels d'accéder à tous les niveaux autour de la fusée qui, l'on s'en doute un peu, est constellée de diverses trappes pour pouvoir intervenir sur "la machinerie". En **3** se trouvent deux potences qui acheminent les diverses canalisations pour les ergols et les lignes électriques pour l'alimentation en énergie au sol et naturellement les liaisons de contrôle. *(La plus petite de ces deux potences n'est pas bien visible sur le dessin)* En **4**, tout le tour de la fusée nous avons quatre étais qui maintiennent latéralement la fusée et sa précieuse charge. La prise au vent du lanceur est importante, et le climat sur ce point n'est pas spécialement favorable. La vie est vraiment rude à Baïkonour !

Enfin, en **5** on peut observer les tirants sur lesquels repose le lanceur qui est ainsi suspendu au dessus du déflecteur de jet. Notez au passage que mis à part les deux tours **2** qui s'escamotent avec des vérins mécaniques, les autres potences et les étais se dégagent simplement par basculement avec des contrepoids visibles en jaune. C'est rustique, peu couteux mais efficace.

LE DÉCOLLAGE.

Quelle que soit la taille de la fusée, un lancement reste toujours un événement exceptionnel, même quand la fiabilité prouvée du lanceur confine à de la routine pour le public. Mais face aux consoles de contrôle, les cœurs s'emballent au fur et à mesure du décompte. À l'extérieur le mercure annonce -16°C et la météo est parfaite pour la saison. Le vent hurle dans les structures, mais un peu moins que les jours qui précèdent. C'est un vol de qualification, il n'y a pas de rendez-vous au programme ce qui simplifie considérablement la mission puisqu'il n'y a pas de restrictions relatives à une quelconque fenêtre de tir précise. Il suffit que tous les voyants soient au vert ... ce qui est le cas ce 23 Avril 1967. **LARGUÉSKI PAUSESKI !**

Ne touchez strictement à rien et observez :

H - 1min 39s : Prise de l'azimut de lancement.

Le guidage des fusées Russes est globalement toujours le même. On peut corriger en cabrage pour respecter le profil vertical prévu pour la mission. Latéralement on peut également ajuster en lacet, mais sur des déviations de trajectoires modérées. Il importe donc avant le décollage d'orienter convenablement le plan médian de la fusée avec le plan prévu pour la trajectoire. C'est toute l'installation qui tourne entraînant les tours de servitude, les potences et les étais. Colossal !

H - 1min 04s : Retrait de la plateforme inférieure qui masque le grand déflecteur de jet. Dégagement latéralement les deux tours de servitude. L'intégralité du lanceur est couverte de givre.

H - 24s : Écart par basculement de la potence principale des cordons ombilicaux. La fusée et le vaisseau sont maintenant entièrement autonomes sur leurs énergies propres.

H - 16s : dégagement par basculement de la potence secondaire des lignes de contrôle.

H - 11s : Allumage des moteurs à poussée réduite. Il n'est pas question de provoquer des chocs thermiques. Tirer à -25 fait ici partie de la routine. Il faut donc préchauffer toute la motorisation, et faire fondre les givres et les gangues de glace. Brrrr quel Pays difficile à vivre !

H - 2s : Pleine puissance sur tous les moteurs.

T = 00 : Si tous les moteurs sont "au nominal", basculement rapide des étais, libération du lanceur qui péniblement va commencer son ascension vers les étoiles. Notez que jusqu'au dernier moment la fusée est prisonnière des quatre étais qui parent les rafales de vent omniprésentes à cette saison.



Ne modifiez pas le mode caméra pour rester provisoirement dans la zone de lancement. Par contre, vous pouvez orienter l'objectif à votre guise pour admirer le décollage depuis le point de vue qui vous séduit le plus. Ne pas hésiter à changer le facteur d'agrandissement.

Sans que vous ne fassiez quoi que ce soit, à **T + 16s** la focalisation se fait automatiquement en mode poursuite sur le lanceur. On peut alors admirer la lente progression du gros mécano qui éparpille à tout va les éléments devenus inutiles. Coté pyrotechnique nous sommes servis. Pour le moment ne pas se préoccuper du profil de mission, restons de simples observateurs et assistons au spectacle. Profiter de cette récréation pour savourer le passage du mur du son et l'assombrissement progressif du ciel. Changer à profusion le facteur de ZOOM pour admirer les kyrielles de détails qui enrichissent les volumes et les textures. Ce vol n'est pas technique, il est consacré au plaisir simple de la contemplation. Si de temps en temps vous repassez en vue intérieure, vous constaterez que l'éjection

Page 4 des éléments devenus parasites se fait alors que le périgée est encore négatif. Ouf,

tous ces détritrus seront traités par incinération dans la fournaise de la rentrée atmosphérique.

NOTE 1 : Si l'on désire respecter la vérité historique, le décollage de Soyuz 1 s'est effectué à 0H 36min. Dans la scène que je vous propose j'ai modifié cette heure pour que le Kazakhstan soit en plein jour, le but étant d'observer des événements au sol.

NOTE 2 : PAPPY2 m'a prévenu que si le client graphique D3D9 est utilisé, certaines scènes créées pour Orbiter 2006 peuvent avoir des problèmes d'affichage de certains éléments des vaisseaux virtuels. Je vous incite donc fortement à ne pas utiliser, tout au moins dans un premier temps ce module de visualisation et à privilégier l'icône standard d' Orbiter.  

LE REVERS DE LA MÉDAILLE.

P arler d'ordinateur en 1967 n'est pas très crédible. Le mot n'a pas encore été inventé ... et pour cause ! Mais les automatismes sont bien présents sous forme de séquenceurs qui réalisent de façon chronologique et synchronisées les innombrables opérations relatives aux lancements. On imagine mal la complexité d'une structure de lancement. Ne serait-ce que la "plomberie" pour déplacer les ergols qui permet de faire les pleins ou purger les réservoirs en cas d'incident sérieux ou de report du lancement. Ce sont des myriades de clapets, d'électrovannes, de distributeurs en tout genre qui doivent s'ouvrir et se fermer dans un ordre strict. Au fait, que se passe-t'il à -20°C ? Et oui, en plus il faut préchauffer. Et nous n'avons qu'effleuré la partie visible de l'icetechnologie.

P rétendre qu'à cette époque et dans cet environnement hostile les lancements n'étaient qu'une succession incessante d'incidents divers et variés, sur tous les systèmes embarqués et sur les installations au sol, est quasiment un pléonasme. Dans ce contexte climatique particulièrement sévère, rater une fenêtre de lancement à cause d'une défaillance sur l'un des automatismes n'était pas envisageable. Le contrôle manuel de certaines séquences faisait intégralement partie des protocoles de lancement. Orbiter nous permet de passer de l'autre côté de la barrière, celui des techniciens enfermés dans les blockhaus mal chauffés, mais transpirant de nervosité à devoir prendre parfois des initiatives aux conséquences potentiellement très facheuses ...

Pilotage manuel des installations au sol.

A l'extérieur le thermomètre calfeutré dans un fourreau de glace situe la douceur climatique vers les -20°C. La fusée n'est pas encore acheminée et érigée sur le pas de tir. Le vent hurle sa plainte dans les treillis enchevêtrés des structures. Une météo banalement ordinaire pour la saison, pas de quoi enfiler une deuxième paire de gants. Les installations ont été remises en état suite au précédent lancement effectué il y a six jours, ou presque six "nuits" car à cette époque le Soleil est du genre discret. Mais avant d'amener la magnifique A-2 sur la tour de lancement il faut au préalable vérifier tous les systèmes pour pouvoir considérer le pas de tir pleinement opérationnel. Vous êtes chargés d'effectuer cette qualification. Les klaxons ont été déclenchés depuis plus de quinze minutes et l'on vous confirme que tout le personnel a évacué la zone à risques. Inutile de préciser que dans votre main fébrile et nerveuse se trouve la fiche **Pilotage manuel des infrastructures au sol** dont vous avez étudié par cœur le côté recto. Pour tester les mécanismes le résumé des touches à utiliser proposé sur le dessin côté verso est bien plus parlant.

Chargez la scène **02) Tester les installations au sol.scn** dans laquelle la fusée n'est pas présente. Ouf, nous n'aurons pas la possibilité d'utiliser **[F8]** qui nous transporte au pupitre de lancement. Si on se trompe dans les paramètres ... c'est le Goulag !

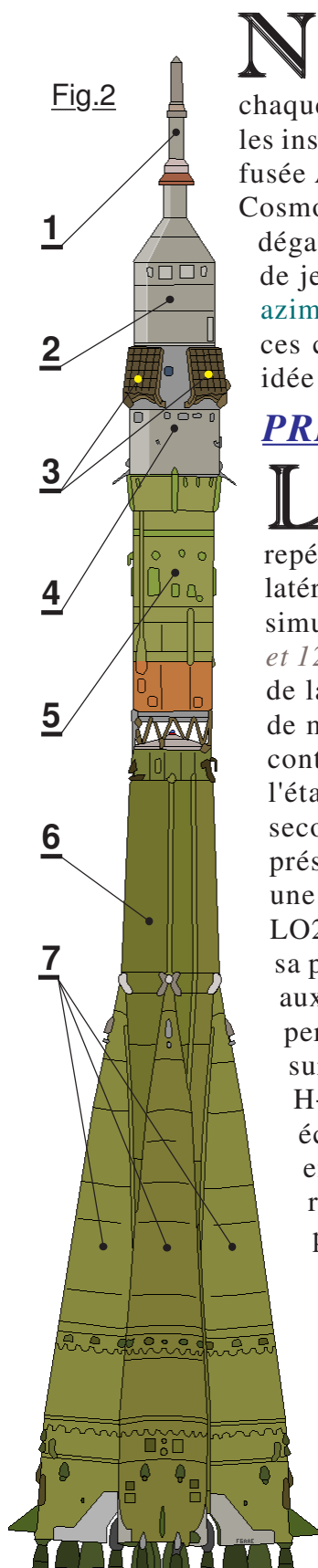
Cette facette expérimentale est de tout repos. Elle consiste à tester les diverses commandes dans un ordre quelconque. Il n'y a aucune contrainte temporelle. Il faut impérativement en profiter pour admirer sans modération à profusion sous toutes les coutures les

Hooo lalala, ya l'ordinateursky quisky déconski !



Ben Mòa môa je trouve que cette tour Eiffel perdue dans les contrées neigeuses du kasastlangskitrucvitch est tellement belle qu'elle devrait être ouverte au public pour admirer les étendues alentours. Je vais en parler avec Sergueï Korolev.

innombrables détails qui constellent le pas de tir. Il faut vraiment se donner cette peine au moins une fois, car ensuite nous serons obnubilés par les missions et l'on oubliera qu'il s'agit avant tout d'un loisir. Et puis, c'est une façon de **rendre hommage au fabuleux travail effectué par les programmeurs. Qu'ils en soient une fois de plus remerciés.** On distingue parfaitement les vérins de rétraction des tours, ainsi que les nombreuses échelles et canalisations omniprésentes. Changez de point de vue, utilisez le ZOOM et l'orientation. Quand tout est dégagé observez en détail la plateforme inférieure, les mâts de support de la fusée. Il a fallu des heures et des heures aux modeleurs pour créer tous ces éléments virtuels. Alors ADMIREZ !



N'oubliez pas toutefois que confortablement installé sur votre tabouret en fer perforé couleur militaire, les consignes sont claires. Chaque système, chaque commande doit être vérifiée dans le détail. Et surtout vous devez laisser les installations dans la configuration qui permet d'y amener et d'y ériger la grande fusée A-2 qui dans cinq jours doit emmener le Colonel Vladimir Komarof dans le Cosmos. Toutes les tours et les potences doivent se trouver en configurations dégagées. La plateforme inférieure positionnée à sa place au dessus du déflecteur de jets. Et surtout l'ensemble doit avoir été placé comme pour un tir visant un **azimut 225.5 qui dégage bien le coté d'arrivée du train porteur.** Quand toutes ces conditions sont satisfaites, passez en vue de dessus, vous aurez alors une idée précise des installations parées pour accueillir leur précieux locataire.

PRÉSENTATION DU LANCEUR A-2 :

La fusée A-2 est une amélioration des lanceurs qui ont mis sur orbite Spoutnik, les Vostok, les Voskhod, etc. Le premier étage central qui est repéré **6** sur la Fig.2 est équipé d'un moteur RD-108 assisté des quatre fusées latérales **7** motorisées par des RD-107. Au décollage ce groupement allume simultanément pas moins de 32 chambres de combustion. *(20 moteurs principaux et 12 moteurs verniers articulés pour gérer la trajectoire)* La poussée au niveau de la mer de tous ces moteurs totalise 426 tonne force. Les ensembles carénés de moteurs **7** sont largués au bout de 120s, alors que le sustentateur central **6** continue de fonctionner pendant encore 150s. Il y a alors séparation et largage, l'étage **5** prend alors le relais pour achever la mise en orbite qui se termine 530 secondes environ après le décollage. **L'étage supérieur Soyouz** situé en **5** présente une longueur de 8m pour un diamètre de 2,6m et fournit dans le vide une poussée de 30 tonne force. Les ergols brûlés par ces moteurs sont tous du LO2 associé avec du kérosène. En **2** se trouve le vaisseau habité, enrobé dans sa protection atmosphérique par la coiffe **4** qui est éjectée vers 95 km d'altitude aux environs de H+160s. Enfin en **1** nous trouvons la tour de sauvetage qui permettrait d'extraire rapidement le vaisseau habité en cas de défaillance grave sur le lanceur. Si le lancement s'effectue normalement, cette tour est éjectée à H+113s car on considère que le risque majeur d'explosion de la fusée est alors écarté. C'est l'ensemble vaisseau **2** et coiffe de protection **4** qui sont évacués en urgence. Les stabilisateurs **3** sont alors déployés et servent également à réduire la vitesse. La coiffe est ensuite éjectée et le module de descente préservant l'équipage est alors ralenti de façon classique par un parachute.

Maintenant que nous avons vu en détail ce qui se passe sur les installations au sol lors du décollage, nous allons observer plus attentivement les diverses phases de la mise en orbite du vaisseau Soyouz, autrement dit nous allons nous intéresser au profil de la mise en orbite. Il s'agit pour ce vol de qualification d'une simple mise en orbite basse, il n'y aura pas de changements de trajectoire en vue d'effectuer un quelconque rendez-vous. La mission est minimale avec lancement, 18 orbites pour tester les systèmes du vaisseau et retour vers la Mère Patrie.

Un peu de terminologie :

Soyuz (*Signifiant "union" en Russe*) désigne une famille de lanceurs dont la conception remonte aux années 1960. Cette fusée d'environ 310 tonnes et 46 mètres de hauteur peut placer une masse utile de plus de 7 tonnes en orbite basse depuis le cosmodrome russe de Baïkonour. Il est toujours en service aujourd'hui, pour amener les équipages à la Station ISS, lancer les Progress de ravitaillement et pour mettre sur orbite des satellites commerciaux. Comptabilisé en 2007, plus de 1700 lanceurs Soyuz avaient totalisé un taux de réussite de presque 98 %.

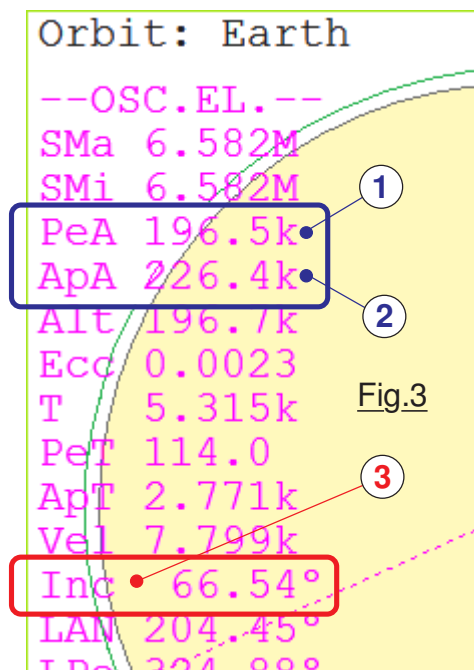
Soyouz désigne aussi une famille de vaisseaux spatiaux habités soviétiques conçus également au début des années 1960. Depuis 1967 c'est le seul véhicule spatial habité utilisé par l'astronautique Russe pour placer en orbite ses cosmonautes. Il permet d'effectuer en orbite terrestre basse la relève des équipages des stations spatiales Salyut, (*Années 1970*) de la station Mir (*Années 1990*) et la grande ISS depuis 1998. Depuis la fin des vols de la Navette en juillet 2011, Soyouz reste le seul vaisseau actuellement capable d'assurer l'acheminement et le retour des équipages qui travaillent dans l'espace quelle que soit leur nationalité.

LE LANCEMENT D'UN SOYOUZ ... quand tout va bien.

Nous nous doutons bien que coté Russe tout n'a pas été rose au début des premières tentatives pour coloniser l'espace. Mais comme le vol tragique de SOYUZ 1 s'est déroulé pratiquement au nominal pour la phase de mise en orbite, nous allons le prendre en exemple. Avant que je n'insiste sur ce point, vous avez déjà saisi la fiche [Profil de lancement du vol Soyouz 1](#) qui va nous permettre de vérifier durant le lancement la conformité des paramètres de vol. Notre première expérience qui utilise [03\) Mise en orbite de Soyuz 1.scn](#) va consister à assister en observateur aux différentes phases du lancement depuis l'extérieur de la fusée. Pour le moment ce n'est que du spectacle, donc je vous engage fortement à admirer avec divers facteurs d'agrandissement et en variant les angles de l'objectif. Le but principal consiste à regarder les innombrables détails des divers étages du lanceur. Surveillez le compteur de mission pour vous préparer avec un point de vue avantageux aux différentes opérations pyrotechniques. Du vrai cinématographe. Profitez-en bien, car les prochains vols s'effectueront dans l'espace restreint du vaisseau et l'on aura plus le loisir de contempler. Pour ce vol le profil de lancement est sans importance. La priorité consiste à établir le lien entre le modèle informatique de la fusée et sa description donnée sur la Fig.2 située à gauche de la page 6. Amusez-vous bien, car les vols suivants seront moins ludiques. Une fois la mise en orbite achevée, ne pas quitter trop rapidement le simulateur. Attendre pour observer le déploiement des panneaux solaires et des antennes. On reviendra plus avant sur la technologie des vaisseaux Soyuz.

Le profil de lancement d'un Soyuz.

Encore une expérience où nos centaines d'heures passées à l'entraînement ne vont pas vraiment nous servir puisqu'il ne se passera aucun incident nous obligeant à prendre le contrôle du vaisseau en manuel. L'intégralité du lancement se fait sur les automatismes. Rechargez une seconde fois la situation [03\) Mise en orbite de Soyuz 1.scn](#) qui convient parfaitement, et ce d'autant plus que cette fois nous resterons emprisonnés à l'intérieur du vaisseau. Donc à l'ouverture du fichier vous pouvez rester en vue extérieure pour observer encore une fois les séquences finales. Mais vers quarante secondes de l'heure H frappez **[F1]** pour passer en vue intérieure. Maintenant, fiche en main, vous allez vérifier les paramètres balistiques durant toute la trajectoire jusqu'à l'arrêt des moteurs. Sur le MFD de gauche nous avons le module **Orbit** qui va nous permettre de surveiller les valeurs de la vitesse avec **Vel**, de l'altitude avec **Alt**, du périégée avec **PeA**. Cliquez sur le bouton latéral **HUD** pour visualiser le HUD en mode **ORBIT EARTH**. À droite **Map** MFD n'est pas judicieux. Sélectionnez **Surface** MFD qui juste en dessous de la "sphère d'attitude" nous informe de la valeur du cabrage **PITCH**. **MAIN PROP** en haut à gauche nous renseigne sur le paramètre **Fuel** de la dernière colonne du tableau. Vous allez constater une fois le décollage réalisé, surtout vers la fin, que l'on a un peu de mal à surveiller tous les paramètres simultanément. Mais rapidement, vous allez trouver ceux qui varient beaucoup et que vous devez consulter quand **Time** arrive à la valeur prévue, et légèrement anticiper ou observer en léger différé ceux qui sont plus "statiques". C'est une simple question d'expérience. En fin de lancement, observez les paramètres orbitaux : **Page 7**



Débriefing du lancement effectué.

D'un vol à l'autre les valeurs peuvent changer légèrement, mais si vous tentez plusieurs mises en orbites, vous allez constater qu'elles ressemblent peu ou prou à celles montrées sur la Fig.3 qui représente un extrait d'Orbit MFD au moment de la coupure des moteurs. Pour la scène disponible dans Orbiter, les caractéristiques orbitales sont définies dans une ligne telle que celle-ci : ORBIT 197.00 223.00 46.0

Nous comprenons facilement que les deux paramètres coloriés en bleu sont respectivement la valeur du périégée et celle de l'apogée. Ces deux valeurs correspondent bien à celle du vol historique. On constate en 1 et en 2 que le pilote automatique dans notre simulateur fonctionne avec une assez bonne précision. Le plus remarquable, c'est que si vous avez effectué par moment des ZOOM sur les tuyères, surtout lors du premier exercice, vous aurez constaté que celles des moteurs verniers s'orientent presque en butée en cabrage pour faire diminuer le PITCH. Quand les quatre fusées latérales ont été larguées, on voit parfaitement les

orientations des verniers en lacet pour corriger l'inclinaison. C'est vraiment de la belle ouvrage.

Attention : Si l'on observe une fois le lancement complètement achevé, qu'en 3 l'inclinaison orbitale s'éloigne de façon significative de la valeur de la consigne, c'est que l'on a oublié dans Orbit MFD d'imposer l'option EQU. C'est alors l'inclinaison ECL qui est indiquée, entité qui ne présente pas d'intérêt quand on ne quitte pas l'environnement proche de la Terre.

On peut s'étonner par contre que la valeur 46.0 ne corresponde pas à l'azimut de lancement qui était de 51.8° alors que cette scène est une copie à peine modifiée de celle fournie avec le complément installé. Que ce soit volontairement ou non, il est facile de corriger le tir (*Ouaff le jeu de mots !*) une fois la situation chargée, si toutefois le décompte final est supérieur à cent secondes. C'est ce que nous allons voir dans le chapitre qui suit.

Gestion des paramètres balistiques avant le lancement :

N'importe quel lancement engendre de nombreux incidents, parfois des problèmes sérieux qui peuvent conduire jusqu'à l'ajournement du tir. Les reports successifs peuvent s'accumuler jusqu'à dépasser la fenêtre de lancement. Dans ce cas il faut également ajourner l'opération, ce qui oblige à vidanger les réservoirs, replacer l'ensemble en sécurité, réalimenter en énergie externes etc. Mais en fonction des circonstances, il suffit parfois de modifier les paramètres orbitaux et le lancement retardé reste possible. Orbiter nous permet ce type d'expérience. Nous allons donc descendre de notre piédestal de cosmonaute de la Mère patrie pour endosser la blouse d'un "technicien rampant" face au pupitre de conduite du tir. Notre tableau de bord est rudimentaire, mais pas dénué du tout d'intérêt. Chargez la scène 04) Gestion des paramètres de lancement.scn qui est exactement identique à la situation 03) Mise en orbite de Soyuz 1.scn pour avoir les conditions des paramètres balistiques du lancement commenté ci-avant. Elle ne fait qu'anticiper de quatre minutes l'heure H pour nous laisser le temps d'effectuer les manipulations initiales. Contexte : Plusieurs témoins viennent de passer au rouge et l'on vous demande de stopper immédiatement la séquence synchronisée. Commençons par ouvrir le pupitre de lancement. Dans ce but il faut :

- Dès que la situation s'active, frappez sur [F3] et prendre les commandes de Launch pad.

(Pensez à cliquer sur ou hors de la fenêtre pour sortir et reprendre la main.)

- Frappez sur "," pour passer en contrôle manuel et le compte à rebours est immédiatement arrêté.

Les techniciens analysent posément ce qui se passe et vont nous demander de modifier certains paramètres de lancement. Nous allons étudier les procédures dans cet exercice élémentaire.

- Frappez sur [F1] suivi de [F8] pour passer à la console de lancement. Naturellement la petite fiche CONSOLE DE GESTION BALISTIQUE est déjà à portée de main !

Comme premier essai nous allons reporter le lancement à 00 01 00. Comme prévu dans la fiche, le Page 8 pupitre se fâche tout rouge, inutile d'insister. Testons la valeur 01 99 99. Elle est

acceptée. Revenir au chronométrage sans sortir de la console. Il suffit de frapper sur la touche "," pour voir le décomptage recommencer en bas et à droite de l'écran vidéo.



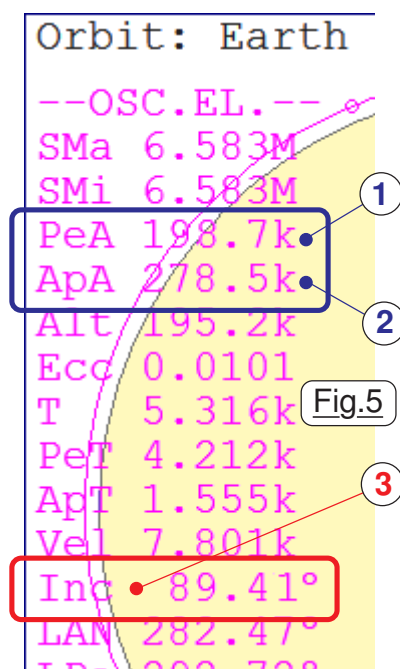
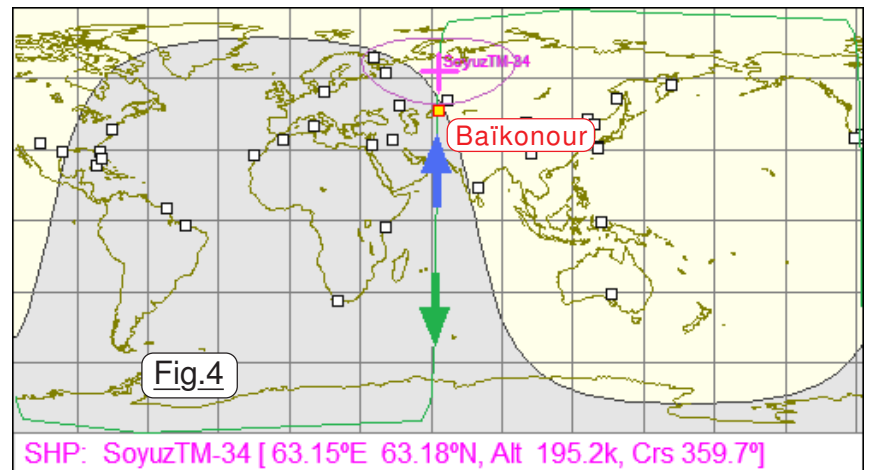
GLUPS, mais la valeur n'a pas changé !

C'est parfaitement normal. La commande "," ne fait que suspendre ou redémarrer le chronométrage de la mission. Alors vous réitérez "," pour stopper à nouveau le décomptage. Si l'on désire pouvoir reporter le tir il ne faut surtout pas descendre en dessous de la limite fatidique de **00 01 40**, c'est la raison pour laquelle nous avons utilisé cette scène qui nous laisse plus de trois minutes pour effectuer ces petites actions. Nous sommes en configuration Console de lancement et en mode de conduite manuel. Cliquer sur le bouton **SET FLIGHT PROGRAM**. La valeur a effectivement été convertie dans le système sexagésimal et le chronomètre affiche bien **Time: T-02:40:38**. Le calcul donne 39 pour les secondes, mais quand on valide avec **SET FLIGHT PROGRAM** il y a toujours perte d'une seconde à la reprise du décomptage, y compris si l'on a ralenti l'écoulement temporel à **0.1x** avant de valider.

Changement d'azimut.

Exercice d'école bafouant déraisonnablement la vérité historique, nous allons effectuer un changement d'azimut de lancement qui n'a jamais été utilisé avec les Soyouz. Nous allons oser lancer sur une orbite polaire ! Puis nous analyserons le résultat obtenu. Nous avons le choix entre $+90^\circ$ ou -90° qui n'influence en principe que le sens de parcours sur l'orbite réalisée. Je vous propose de construire **une orbite**

circulaire d'altitude 250km et d'inclinaison orbitale égale à -90° . Avec cette consigne vous allez imposer les paramètres **250 250 -90.0** dans la sone **A**. Repassez la chronologie à **00 01 40** pour gagner du temps et laissez se réaliser la mise en orbite. **Personnellement j'évite l'accélération temporelle pour m'assurer un maximum de précision sur les résultats.** Plusieurs tentatives consécutives ont conduit à pratiquement les mêmes valeurs dont la Fig.4 donne l'extrait graphique de **Map MFD**. En vert on retrouve la trace au sol caractéristique d'une orbite presque polaire. La croix rose représente notre vaisseau. La zone jaune est celle éclairée par le Soleil, avec en gris celle dans l'ombre. Le petit carré rouge avec l'intérieur jaune précise la position de la base de lancement. En consultant en **3** la Fig.5 qui reproduit partiellement les informations données par **Orbit MFD**, nous constatons que la valeur d'**Inc** sans être strictement égale à celle souhaitée s'en écarte de moins

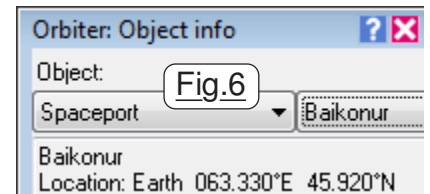


d'un degré. Par contre, la précision pour les valeurs du périégée et de l'apogée sont bien moins précises. Nous allons "étalonner" les caractéristiques du P.A. de Soyouz. Mais avant d'aller plus loin dans nos expérimentations, certains vont immédiatement nous faire observer que l'on a proposé une inclinaison orbitale de **-90.0** ce qui suggère un tir vers le Sud comme montré sur la Fig.4 par la flèche verte. Hors c'est le sens bleu qui se concrétise dans Orbiter, que l'on propose $+90^\circ$ ou -90° . Une explication s'impose me semble t'il.

Les principes fondamentaux de la balistique planétaire ne doivent jamais être oubliés, car Orbiter a été créé principalement pour ça. Hors nous savons depuis toujours, (*Quelle formulation idiote !*) qu'un **lancement quel qu'il soit se termine par une orbite dont le plan passe forcément par le centre de gravité de l'attracteur gravifique prépondérant**. En l'occurrence la Terre dans notre cas. Il résulte de ce principe le fait qu'il est **STRICTEMENT IMPOSSIBLE DE LANCER À UNE INCLINAISON INFÉRIEURE À CELLE DE LA LATITUDE DE LA BASE DE DÉCOLLAGE**.

Et alors ?

Un petit **[CTRL]** I nous fournit déjà une partie de la clef du problème. Comme montré sur la Fig.6 le pas de tir de Baïkonour se trouve à pratiquement 46° Nord ce qui interdit tous les azimuts de valeur inférieure. On comprend du coup pourquoi la console de tir interdit des valeurs plus petites. En grandeur seulement, mais pas en signe, puisque ce dernier précise le coté vers lequel on lance et non sa signification habituelle en mathématiques. Du reste un petit rappel sur la notion d'Azimut de lancement peut s'avérer bien utile. Consultez la Fig.1 donnée dans la fiche [Étalonnage du P.A. du lanceur Soyouz](#). Les deux zones roses correspondent aux inclinaisons orbitales impossibles à atteindre au lancement. La zone bleu ciel est relative aux inclinaisons possibles. Vous avez compris que 90° engendrera la même orbite polaire, que le signe soit positif ou négatif. La zone jaune n'est que théorique car elle correspond aux lancements rétrogrades qui se font en sens inverse de la rotation terrestre. Ces missions sont tellement gourmandes en ergols que le Soyouz ne peut pas les assurer comme on va le voir.



PILOTE D'ESSAI SUR MATÉRIELS SOYOUZ.

Mazette, mais vous venez de prendre des galons ! En tant que PilotskyEssaitrovicht vous êtes chargés d'effectuer la campagne d'essai du système de conduite de la fusée Soyouz. C'est pas rien ça ... ça s'arrosesky vodkasky ! L'exercice est assez "agassif", car il consiste à vérifier les données consignées dans le tableau de la fiche et dans le graphe qui en résulte. Comme chaque mise en orbite impose environ presque neuf minutes, effectuer tous ces essais va rapidement vous barber, et ce d'autant plus qu'il ne faut pas utiliser l'accélération temporelle qui engendre de l'imprécision dans les résultats. Non, rassurez-vous, on ne va tester que quelques azimuts critiques. *(Notez que pour ma part j'ai effectué trois lancements pour chaque ligne du tableau et effectué la moyenne des résultats. Heureusement que pendant ce temps je pouvais en parallèle vous concocter de beaux dessins.)* Pour effectuer cette campagne de tirs, naturellement, vous allez continuer à utiliser la scène **04) Gestion des paramètres de lancement.scn** et lancer Soyuz TM34. L'azimut 46° a déjà été testé et commenté en page 8. Contentez-vous de tester les angles 73° et 75° entre lesquels l'apogée diverge ainsi que 51,8° qui correspond à l'azimut de la mission réelle. Testez également +90° pour vérifier que les résultats sont identiques à ceux obtenus avec -90° et débattus en page 9. Pour terminer cette campagne d'essais, lancez avec une consigne de -80°. Vous aurez remarqué que la consommation augmente quand on approche des orbites polaires. Si de plus vous visez une orientation rétrograde, ce type d'orbite est tellement énergivore que le réservoir est vide avant d'avoir fait "remonter" la valeur du périégée qui reste lamentablement dans les couches denses de l'atmosphère. Le vaisseau va tristement retomber !

NOTE : Consultante les fiches relatives au Soyouz, on observe que les valeurs ont été obtenues avec les scènes fournies dans le complément **7k_orbiter.rar** réalisé par **4th rock**. *(Soyuz 1)* Mais nous obtenons des valeurs tout à fait analogues avec celles de l'ADD_ON **Soyuz_FG(U)_v1.2_25.10.10.rar** de **Thorton**.

COMPENSER N'EST PAS JOUER.

Quand un système quelconque présente un défaut ou une faiblesse que l'on ne peut corriger pour des raisons techniques ou économiques, on contourne la difficulté en établissant des abaques, des tables, des courbes correctrices. Par exemple dans un petit avion, le compas magnétique est toujours faussé par la présence proche de la masse métallique du moteur. On fournit donc au pilote la courbe de compensation. C'est exactement ce que nous allons faire en exploitant les données de la fiche sur les [Performance du P.A. du lanceur Soyouz](#). L'inclinaison orbitale **Inc** obtenue en fin de lancement est systématiquement inférieure à celle souhaitée. Il suffit quand on donne la consigne au pupitre de lancement, de majorer l'azimut désiré de l'écart constaté lors de la campagne d'essais. Par exemple on va tester **250 250 73.5** désirant exactement 73°. Le tir effectué conduit aux résultats montrés sur la Fig.7 où l'erreur n'est plus que de 0.05°. C'est important, si la mission doit effectuer un rendez-vous orbital, il faudra que le plan soit parfaitement aligné avec celui de l'orbite de la cible. Les corrections de plan exigent beaucoup d'énergie, il faut soigner l'inclinaison au lancement. Affaire classée, on va pouvoir passer à la suite.

Fig.7

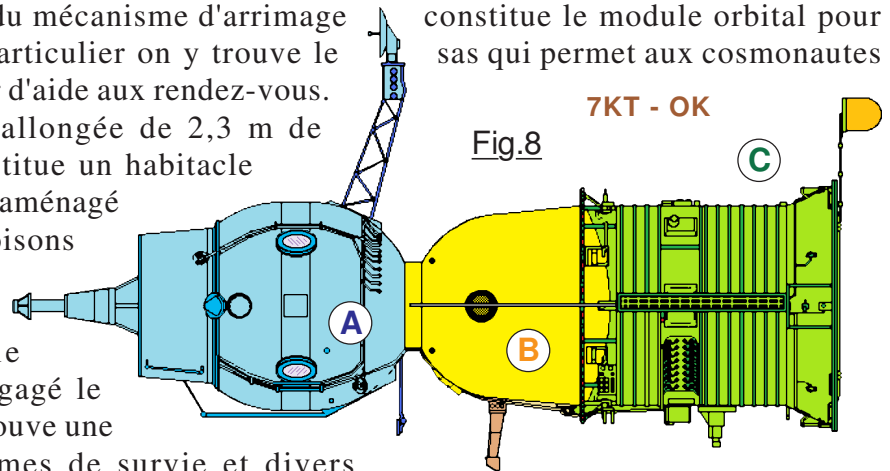
Orbit: Earth
PeA 201.0k
ApA 213.6k
Vel 7.786k
Inc 73.05°

Hé, y en a ralbol des lancements de fusées en automatique, nous on est venu pour piloter le vaisseau !

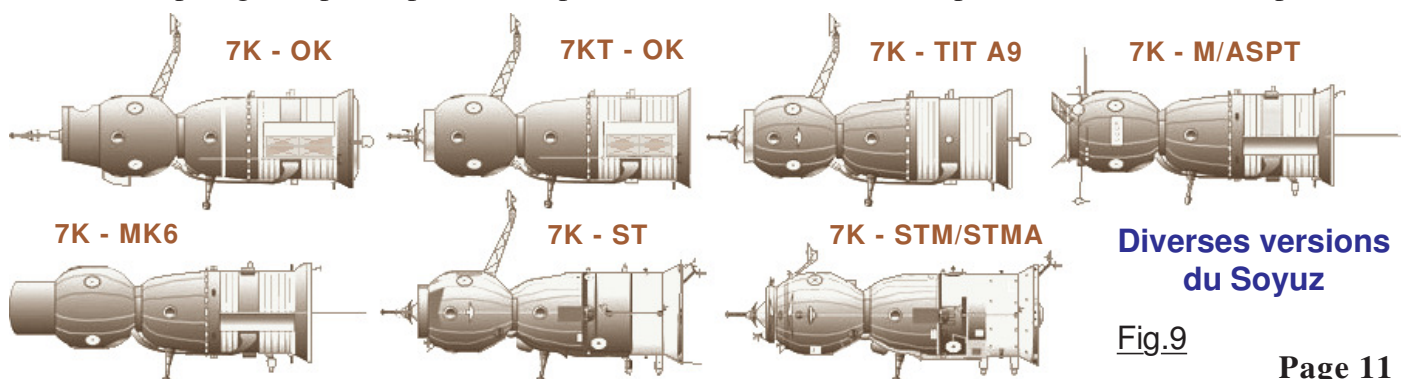


Découverte des vaisseaux habitables Soyouz :

Toujours en service, on se doute que ces machines robustes ont bénéficié de nombreuses évolutions au cours du temps. Ils présentent une masse qui varie de 6450 kg pour Soyouz 1 à 6650 kg pour Soyouz 8. Par contre, leur morphologie globale représentée sur la Fig.8 n'a pas varié. La section **A** pourvu de la sonde et du mécanisme d'arrimage constitue le module orbital pour une masse d'environ 1300 kg. En particulier on y trouve le d'effectuer les EVA et l'antenne radar d'aide aux rendez-vous. Présentant la forme d'une sphère allongée de 2,3 m de diamètre et 2,65 m de long, il constitue un habitacle long de 1,8 m offrant 6 m³ de volume aménagé équipé de quatre hublots. Deux cloisons perpendiculaires à l'axe de roulis en délimitent l'espace. Vers l'avant un sas permet le transfert quand le vaisseau est arrimé, après avoir dégagé le dispositif aidant à l'arrimage. On y trouve une couchette, une armoire, les systèmes de survie et divers appareils de contrôle. Le module **B** dans lequel sont sanglés les cosmonautes durant le lancement constitue la capsule pour effectuer les retours atmosphériques avec ses ressources propres en énergie électrique et en réserves d'atmosphère respirable. Il est équipé d'un parachute ouvert vers 5 km d'altitude complété par des fusées déclenchées juste avant l'impact pour réduire la vitesse à 2m/s. (*Déclenchement automatique*) En **C** se trouve le module de service de 3 m de long avec un diamètre de 2,4 m et une masse de 2560 kg. Dans ce tronçon sont abrités, dans un compartiment thermostaté, les systèmes radioélectriques, les ordinateurs ainsi que le dispositif de régulation thermique.



Le système de propulsion KTDU35 du Soyouz consiste en deux moteurs individuels fonctionnant avec des réservoirs de carburant communs. Un moteur principal et un moteur de secours à quatre tuyères. Le moteur principal permet de pousser à 417 kg force durant 280 secondes. Le moteur de secours permet pendant 270 secondes une poussée de 411 kg force. La durée totale de fonctionnement des deux ensembles est de 500 secondes avec les 755 kg de carburant. Cette performance permet au vaisseau de pouvoir monter jusqu'à une altitude de 1300 km avec une réserve d'ergols suffisante pour redescendre ou effectuer des corrections de trajectoire. Les ergols sont logés dans quatre réservoirs sphériques et un réservoir torique à l'intérieur du module. Sur la paroi externe on trouve quatorze moteurs pour le système d'orientation et de translation. Sur certains modèles deux panneaux solaires situés de part et d'autre, repliés au moment du lancement fournissent l'énergie électrique aux batteries rechargeables. Avec une surface de 14 m² ils permettent de produire 1kW d'électricité sous 27V quand ils sont convenablement orientés vers le Soleil. La durée de vie "orbitale" du Soyouz limitée par les consommables est de 30 jours. Diverses variantes du vaisseau, comme montré sur la Fig.9 se distinguent par des évolutions apportées au cours des années. Elles sont identifiées par les caractères qui complète le préfixe **7K**. Seules certaines versions sont munies de panneaux solaires. Les vaisseaux qui n'en ont pas rechargent leurs batteries une fois accouplés aux stations orbitales Salyout qui dispose de capteurs d'énergie bien plus grands. Ces machines se distinguent par des systèmes d'arrimage différents, des hublots, des antennes et des radars de repérage disposés pour une optimisation en fonction des perfectionnements adoptés.



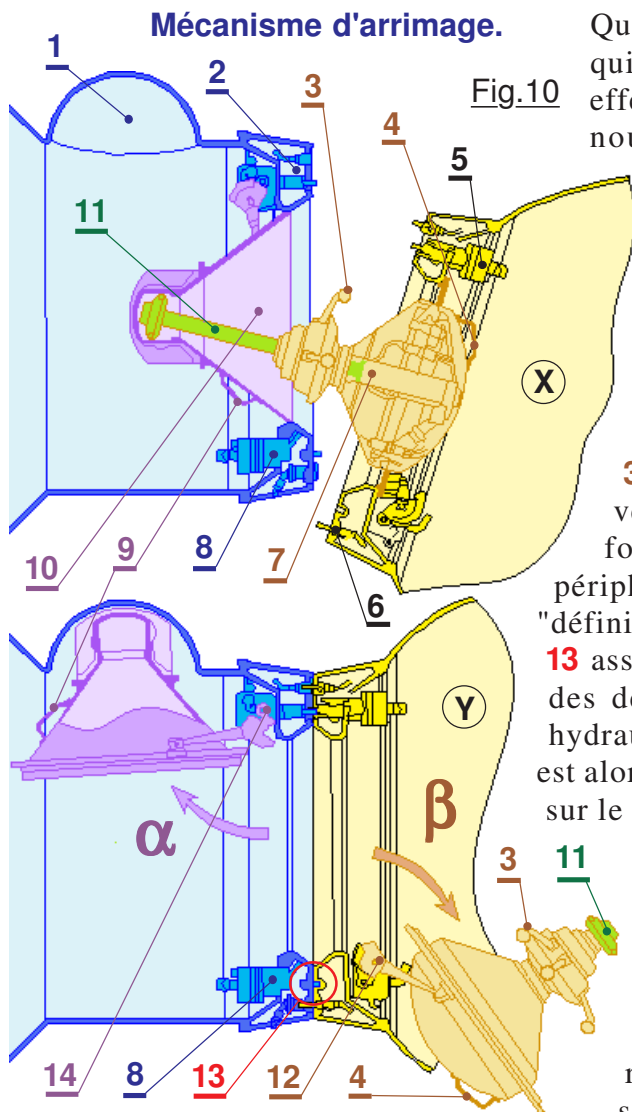


Fig.10

Quand on observe la Fig.8 on remarque la sonde d'arrimage qui permet de guider le vaisseau en approche finale pour effectuer la jonction avec la station Salyout. Nous pouvons nous demander comment font les cosmonautes pour pouvoir transiter du module orbital **A** vers le laboratoire avec lequel Soyuz s'est accouplé. La Fig.10 qui montre un schéma très simplifié du dispositif adopté va nous aider à en comprendre les subtilités. En **X** le vaisseau a effectué son approche, (*L'angle de déviation est très exagéré*) guidé en courte finale par la sonde déployée **11** qui s'insère dans l'entonnoir **10** sur Salyout ainsi que des guides latéraux **3**. Puis, la sonde se verrouille et se rétracte à l'aide d'un vérin électrique **7**. Les deux machines viennent alors fortement se presser l'une contre l'autre. Un système périphérique verrouille alors les deux ensembles qui sont "définitivement" solidarisés. Noter qu'un ensemble de broches **13** assure une grande précision dans l'alignement en roulis des deux ensembles. Quand les jonctions entre liaisons hydrauliques **2** et électriques **5** sont confirmées, la sonde **11** est alors déverrouillée et entièrement rétractée comme montré sur le dessin **Y** sur lequel les deux modules sont entièrement solidarisés. Les cosmonautes effectuent l'équilibrage des pressions, condition impérative avant de pouvoir ouvrir les écoutilles. Saisie par la poignée **4** le système d'arrimage est alors dégagé par la rotation β effectuée autour de l'articulation **12**. Puis, c'est au tour de l'entonnoir **10** muni de sa propre poignée **9** à être repoussé par rotation α de la charnière **14**. Pour pouvoir se dégager suffisamment, un bossage **1** est aménagé sur

Salyout. On comprend pourquoi les carénages sont souvent truffés de protubérances diverses.

Soyuz et Progress : Deux frères.

Pas besoin de regarder à la loupe ces deux vaisseaux en Fig.12 et Fig.13, ils partagent à l'évidence le même ADN. Il suffit de réaménager le module orbital pour en faire une soute, de créer un module central simplifié pour recevoir des réservoirs et du fret, et voici un camion de l'espace conçu à peu de frais. On réutilise un maximum d'éléments du Soyuz ce qui minimise les temps de développement, optimise les frais d'investissement et contribue grandement à fiabiliser les deux machines.

- | | |
|--|---|
| 1 : Écoutille d'arrimage de Soyuz. | 14 : Module de rentrée atmosphérique. |
| 2 : Volant de manœuvre de l'écoutille avant. | 15 : Moteurs de manœuvre. (RCS) |
| 3 : Tableau de bord. | 16 : Antennes radioélectriques. |
| 4 : Logement du parachute principal. | 17 : Motorisation principale. |
| 5 : Support des couchettes. | 18 : Module de service de Soyuz. |
| 6 : Couchette. | 19 : Radar de rendez-vous longue portée. |
| 7 : Isolation thermique. | 20 : Balustrade pour effectuer les EVA. |
| 8 : Système de traitement des déchets. | 21 : Ergols, systèmes de navigation ... |
| 9 : Système de visée optique. (<i>Approche</i>) | 22 : Module de propulsion. |
| 10 : Sonde d'arrimage. | 24 : Instruments et complément de fret. |
| 11 : Écoutille du module orbital. | 25 : Module de service de Progress. |
| 12 et 23 : Radar transpondeur faible portée. | 26 : Réservoir d'ergols pour Salyout. |
| 13 : Volant de manœuvre de l'écoutille arrière. | 27 : Consommables et conteneurs. |
| | 28 : Écoutille d'arrimage de Progress. |

Aménagement des vaisseaux Soyouz et Progress :

Le module de retour atmosphérique de Soyouz.

Les passagers de Soyouz ne voient ni à l'avant, ni à l'arrière de leur vaisseau. Un système de caméras en circuit local permet d'observer ce qui se passe à l'extérieur. (Deux caméras sur bras à l'avant et à l'arrière)

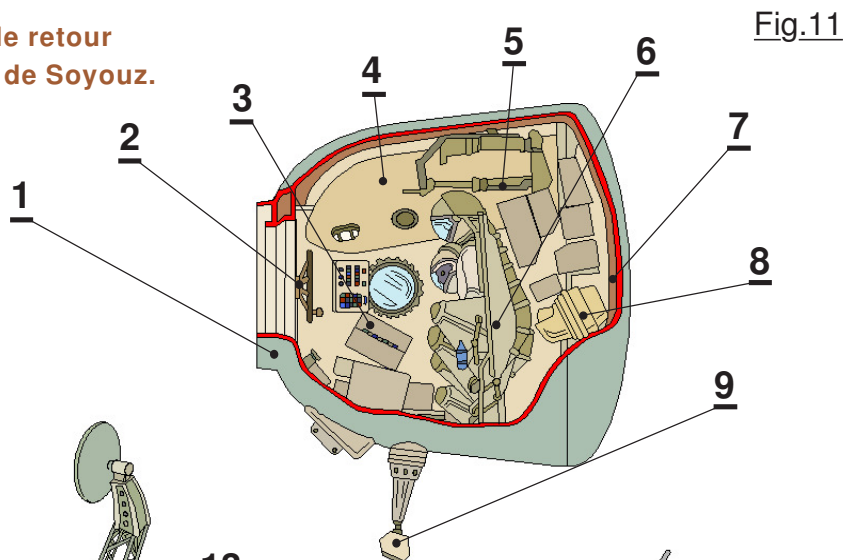


Fig.11

Le vaisseau habitable Soyuz 7K-T.

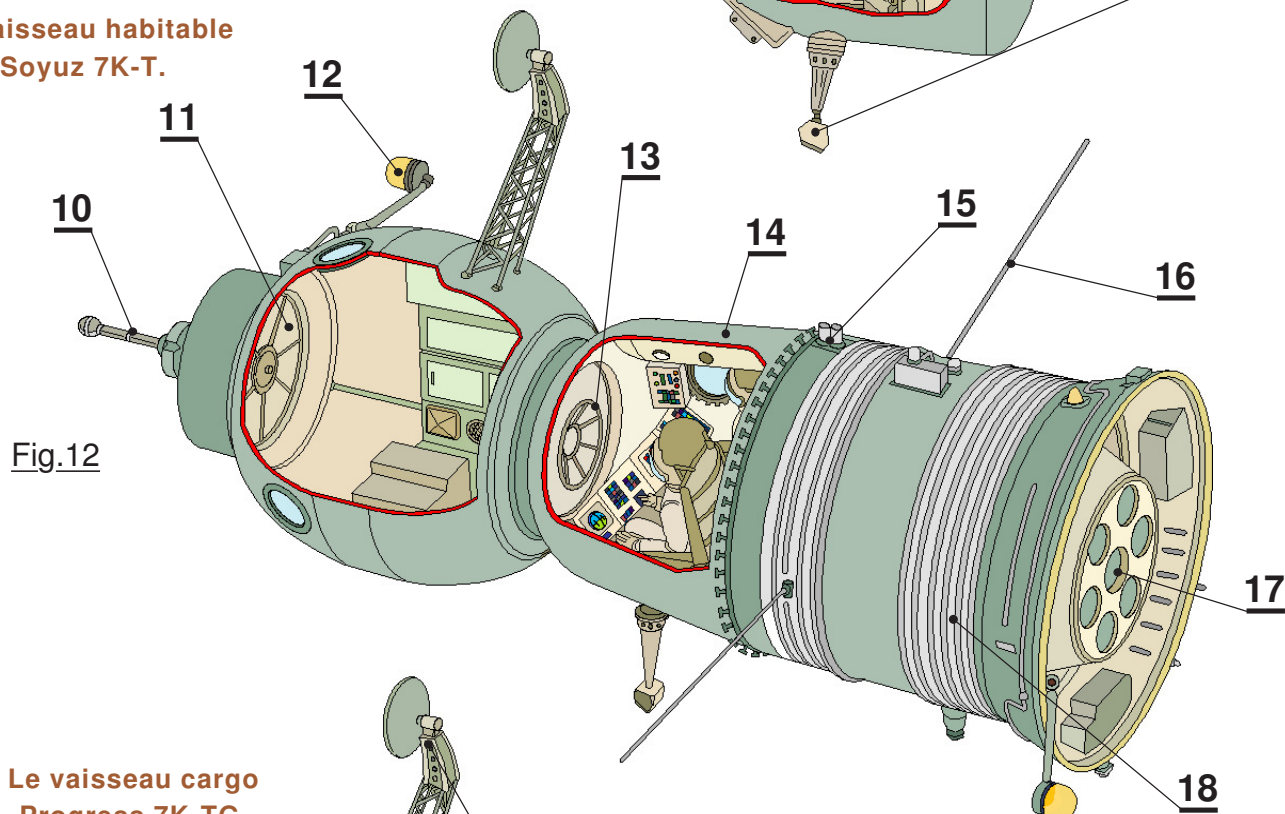


Fig.12

Le vaisseau cargo Progress 7K-TG.

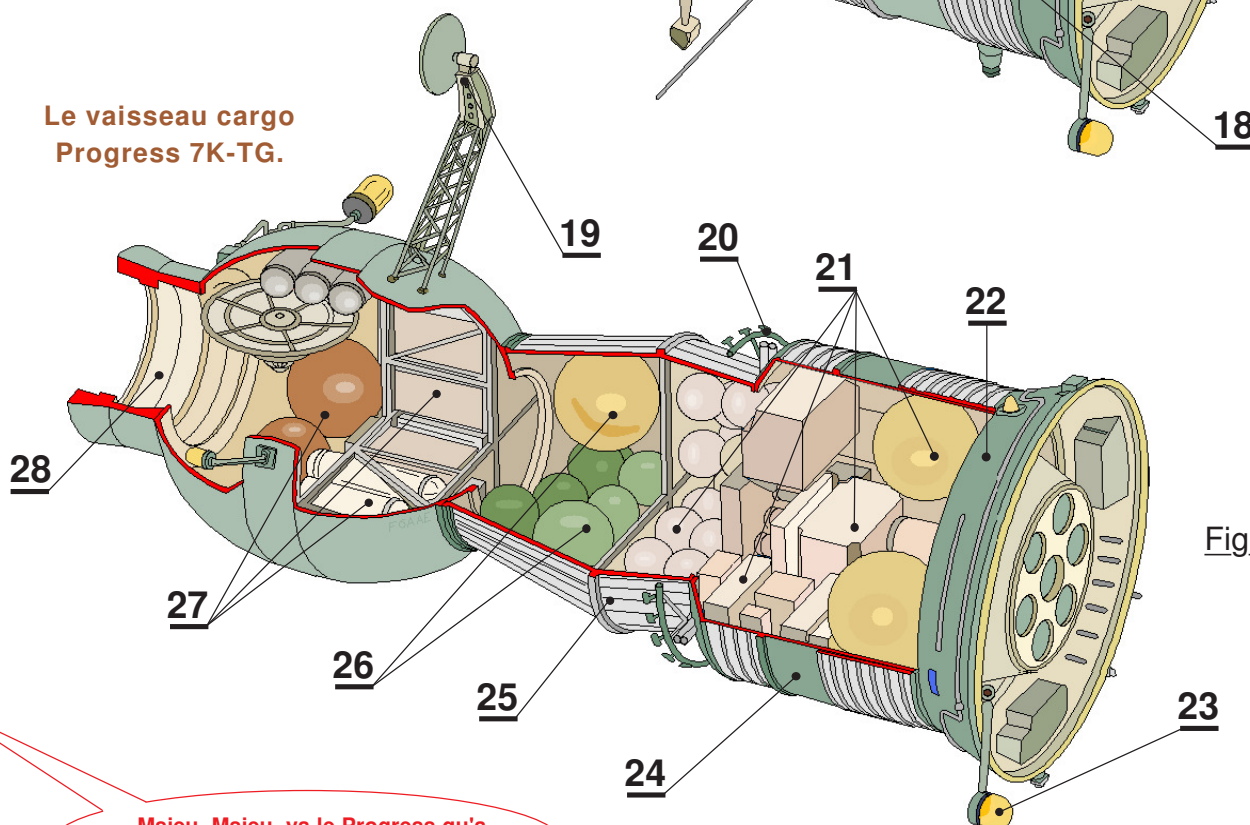
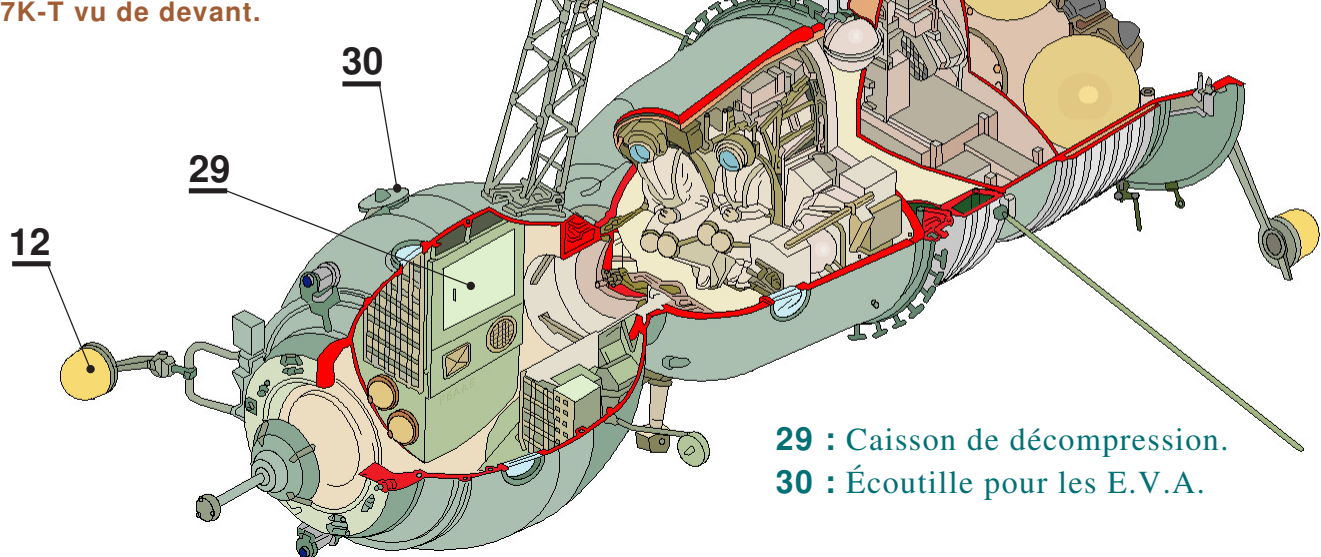


Fig.13

Msieu, Msieu, ya le Progress qu'a copié honteusement sur le Soyouz !

Écorché du vaisseau
habitable Soyouz
7K-T vu de devant.

Fig.14



29 : Caisson de décompression.
30 : Écoutille pour les E.V.A.

Observation des divers modules du vaisseau Soyouz :

Maintenant qu'avec l'aide apportée par ces divers dessins vous avez étudié les nombreux éléments qui constituent le mythique vaisseau Soyouz dans le détail, il est temps de concrétiser avec quelques comparaisons avec nos machines virtuelles. Dans ce chapitre il n'est pas question de s'encombrer de problèmes de pilotage, c'est une petite récréation contemplative à laquelle je vous convie. Nous allons en profiter pour évaluer les divers compléments installés.

Le Mécano n°1 du Soyouz.

Dans ce petit exercice enfantin, nous allons démonter point par point les vaisseaux de la série **7k_orbiter.rar** fournis par **4th rock** et en détailler les commandes. Comme le but n'est pas du tout d'effectuer de savantes manœuvres, on va "éparpiller" la machine en orbite dans l'espace. Il faut le voir comme un simple dessin 3D en "éclaté". C'est d'autant plus amusant que le parachute se gonfle sans problème dans le vide ! C'est magique Orbiter. Par contre, nous allons effectuer toutes les séparations dans l'ordre logique de la mission orbitale. Fiche **Commandes clavier des vaisseaux Soyouz**, celle du vaisseau de **4th rock**, dans **05) Le Mécano n°1 Soyouz.scn** prendre le contrôle du module orbital et procédez à la séparation. Puis, immédiatement passer les commandes sur le module de service et effectuez une poussée vers l'avant pour provoquer un rapprochement à vitesse raisonnable. Comme signalé sur la fiche, les deux modules réalisent un arrimage. Réitérez la séparation, mais cette fois en prenant le contrôle des opérations depuis la capsule de rentrée SA. Il ne faut surtout pas se tromper de port d'arrimage ! Revenir sur la maîtrise du module orbital pour y focaliser la caméra. Le contempler sous toutes les coutures pour admirer le travail du modelleur et de la beauté des textures. Repérer sur cet élément les divers organes dispersés sur sa périphérie. Puis, dans l'ordre logique, prendre les commandes du module de service. Le freinage de désorbite est supposé réalisé. Larguez les canalisations qui éjectent également le masque protecteur externe de la capsule de rentrée. Procédez à la séparation puis effectuez une petite poussée pour vérifier qu'il y a bien réarrimage possible. Si par mégarde vous séparez le module de service parce-que vous n'avez pas sélectionné le bon port, vous saurez comment "rattraper le coup". Étant sur le module de service, testez la touche **K** pour faire fonctionner les antennes. Admirez une fois de plus les nombreux détails qui émaillent ce module. Puis, de retour dans le module de rentrée, provoquez la séparation, car en principe, c'est de son tableau de bord que sont pilotées ces opérations. Repassez en vue extérieure, et procédez aux divers largages. Observez bien l'arrière de la capsule avec bouclier thermique et après avoir éjecté ce dernier ainsi que les "deux gamelles". Pensez en vue intérieure avec **[F1]** à utiliser **[F8]** pour avoir le magnifique cockpit 3D. Allumez au préalable les deux MFD.

La procédure ("Pifométrie") de retour sur terre du Soyouz.

Avec cet exercice nous allons procéder au démontage de notre joujou dans un contexte plus technique, c'est à dire en phase de retour sur le plancher des vaches. À cette époque, la précision des retour au sol des capsules Russes n'avaient rien à voir en précision avec leurs moyens actuels de navigation. La priorité des priorités, c'était le secret absolu. Impensable d'imaginer un retour en territoire hostile. Traduisez : Interdiction absolue que le capitalisme puisse bénéficier de la technologie communiste tellement en avance ... c'était du moins ce que semblaient prouver les événements astronautiques de l'époque, et ce d'autant plus que l'on ne rendait officiels que les succès. Donc, retour à la Maison signifiait atterrir quelque part en Russie, et heureusement la surface à respecter était bien assez grande. Une fois au sol, le "fils du peuple" se débrouillait comme il le pouvait pour prévenir Baïkonour de son lieu d'accueil, ce qui n'était pas si évident vu qu'il n'y avait pas le téléphone dans toutes les chaumières. Par contre, l'immense avantage de la désertification des contrées arides, c'était la discrétion. La procédure de retour n'imposait que trois conditions :

- Que le plan orbital favorise le survol des contrées désertiques le plus longtemps possible,
- Que l'arrivée se fasse de jour,
- Que le flou artistique du décrochage d'orbite vise ci-possible le centre du bloc de l'EST.

La scène **06) Retour à la Maison.scn** réunit ces conditions. Mais il y a urgence, il est déjà pratiquement trop tard pour espérer poser "sur la base de Baïkonour". Nous allons donc suivre avec rigueur, mais immédiatement, à partir de l'item n°2), la fiche **Commandes clavier des vaisseaux Soyouz**. Notez au passage que la fiche et la scène sont relatives à la branche "montante" de l'orbite, mais les conditions à respecter ne sont pas spécialement fréquentes. Comme la durée du séjour en orbite est forcément limitée, c'est parfois la branche "descendante" qui permet de réunir les critères favorables au retour de mission. Peu de commentaires s'imposent pour cet exercice. Il suffit de procéder aux diverses opérations dans l'ordre. Par contre, une fois le freinage de désorbitation effectué il n'y a aucune urgence, pas la peine de se précipiter. Attendre de se trouver dans la zone éclairée pour effectuer les diverses éjections pour continuer à contempler le spectacle. Suivre tout le processus en comparant les informations sur les MFD et celles données sur le dessin de rentrée en bas de la fiche des commandes. Avant que la capsule ne commence à fleureter avec les couches les plus hautes de l'atmosphère, passer le HUD en mode surface **SFRCE EARTH** pour surveiller l'altitude. Pour le plaisir, alternez les vues externes, les vues internes en mode 2D ou en cockpit virtuel. Ne gaspillez-pas les ergols avec les RCS, et surtout à 40m avant l'impact engagez le rétro freinage final car sur le vaisseau virtuel cette fonctionnalité n'est pas entièrement automatique.

Respecter la fenêtre de lancement prévue pour la mission en cours.

J'usqu'à cet exercice, nous n'avons effectué que des lancements "sans cible", avec uniquement pour finalité de placer le vaisseau en orbite basse autour de la Terre. Mais si la mission prévoit un rendez-vous orbital, il faut impérativement respecter des conditions très restrictives qui confinent la possibilité de lancer durant l'étroitesse temporelle d'une FENÊTRE DE LANCEMENT. Le but de cette petite expérience consiste à réviser les concepts fondamentaux du rendez-vous orbital et la notion si importante de fenêtre de tir qui s'impose, que la cible soit une planète lointaine ou un vaisseau dans la banlieue proche de notre sol nourricier.

Avant de refermer l'écouille et d'attendre fébrilement la fin du compte à rebours, il me semble impératif de réviser dans le détail les diverses facettes de la notion de rendez-vous dans le vide cosmique. Non seulement il y a la difficulté inhérente à la concrétisation d'un rapprochement lors d'une évolution en trois dimensions, mais le carburant étant drastiquement limité, le moteur le plus utilisé sera la gravitation universelle. Maintenant, vous ne discutez pas et vous vous gavez jusqu'à plus soif du contenu des pages 16 et 17, car au cosmodrome de Baïkonour le manuel doit couler dans vos veines avec un pourcentage supérieur à celui de la Vodka !

Quel est le cinquième mot de la trentième ligne de la page 17 ?

QUOI VOUS HÉSITEZ ? ... VIRÉSKIDÉFINITIVSKI !

Pour nous assurer que nous avons assimilé l'essentiel, on va se faire une petite expérience très simple. Dans ce but vous chargez la situation **07) Fenêtre de tir.scn** qui est épurée de tout ce qui n'est pas utile. À l'ouverture, nous sommes en vue intérieure 2D. Dans cet exercice c'est **Map MFD** qui va se montrer pertinent pour les observations à effectuer.

PRINCIPE DU RENDEZ-VOUS ORBITAL.

Considérons la Fig.15 qui représente le cas général.

Le vaisseau **1** circule sur l'orbite rouge dans le sens **S1**. La trajectoire rouge est contenue dans le plan orbital **P1**. Le vaisseau **2** circule sur l'orbite bleue dans le sens **S2**. La trajectoire bleue est contenue dans le plan orbital **P2**. Pour effectuer un RDV, il faut au minimum se retrouver en un point commun **PC** au même moment. Les deux plans orbitaux **P1** et **P2** sont ici d'inclinaisons équatoriales quelconques et présentent forcément une ligne d'intersection commune Δ . Si l'orbite de **2** est trop petite, comme représentée en violet, il suffira d'augmenter la valeur de son périégée jusqu'à ce point d'intersection avec l'orbite rouge. Quand rencontrent en **PC**, **1** se déplace à vitesse **V1** et se rencontrent à presque 90° sur le dessin, la vitesse d'accostage est de l'ordre de 1,4 fois **V1** ou **V2**, ces vitesses restant du même ordre de grandeur. Orbitant entre 200 km et 250 km d'altitude, la vitesse **V_i** est de l'ordre de 7700 m/s soit 27700 km/h ! Ce n'est plus une rencontre, mais une collision qui vaporise les deux mobiles instantanément. Pour effectuer un RDV, il faut aussi que la vitesse de

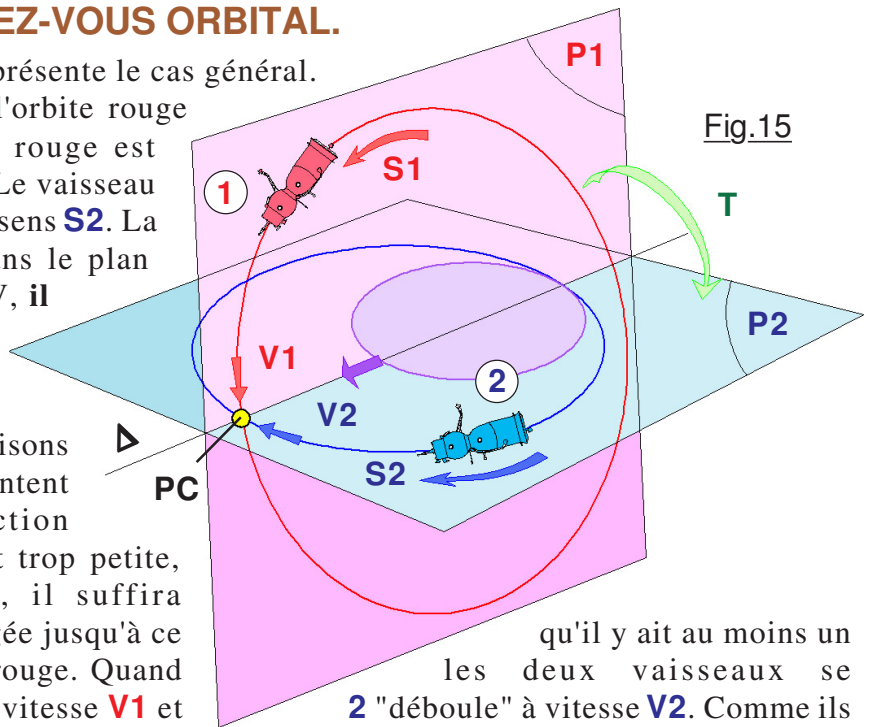


Fig.15

qu'il y ait au moins un des deux vaisseaux se **2** "déboule" à vitesse **V2**. Comme ils se rencontrent à presque 90° sur le dessin, la vitesse d'accostage est de l'ordre de 1,4 fois **V1** ou **V2**, ces vitesses restant du même ordre de grandeur. Orbitant entre 200 km et 250 km d'altitude, la vitesse **V_i** est de l'ordre de 7700 m/s soit 27700 km/h ! Ce n'est plus une rencontre, mais une collision qui vaporise les deux mobiles instantanément. Pour effectuer un RDV, il faut aussi que la vitesse de

rapprochement soit très faible. Comme montré sur la

Fig.16, la seule façon de satisfaire ce critère

consiste à placer les deux vaisseaux sur des orbites confondues. Dans ce cas, quand les deux vaisseaux arrivent au point **PC** ils ont des vitesses **V1** et **V2** du même ordre de

grandeur, circulant dans un sens identique **S1** et **S2**. Si au départ les plans ne sont pas confondus, il suffit

par exemple de faire "tourner" **P1** dans le sens de la flèche **T**

autour de la droite Δ . Mais une telle opération est extrêmement énergivore si l'écart angulaire initial entre les plans dépasse un degré. Il sera donc important au lancement d'obtenir une orbite coplanaire avec celle de la cible.

FENÊTRE DE LANCEMENT.

Conceptuellement, que ce soit pour s'éjecter vers une planète lointaine ou se placer en orbite basse pour rejoindre une cible en attente, la fenêtre de lancement constitue une période plus ou moins grande qui permet de satisfaire le critère de coplanarité des orbites souligné en bleu dans le chapitre précédent. La Fig.17 va nous permettre d'en comprendre les fondamentaux. Le premier acteur à considérer est notre cible **1** qui circule en attente sur son orbite représentée en rouge. (Noter au passage qu'elle se déplace dans le sens **R** de rotation de la Terre. Elle a bien été lancée dans le sens direct.) Son plan orbital **P1** est d'orientation fixe par rapport à l'Univers. (Laissez tomber les petites perturbations de cette orientation au long terme qui n'influencent pas du tout ce propos.) Observons ensuite notre Terre tournant dans le sens **R** autour de son axe Nord - Sud. Le plan perpendiculaire à l'axe Nord - Sud passant par le centre **G** définit le plan équatorial **E** ainsi que l'Équateur. Le plan équatorial **E** est également d'orientation fixe dans l'Univers sur de moyennes périodes. L'inclinaison α entre **P1** et **E** est nommée l'inclinaison équatoriale notée **Inc** dans Orbit MFD par exemple. Le décor est posé, on peut passer au film du lancement. On n'oublie surtout pas que notre cible **1** circule sur un plan "immuable" dans le vide sidéral. La Terre en revanche tourne et entraîne avec

elle tout ce qui est "posé" sur sa surface : Les mers, les nuages, les montagnes et ... les bases de lancement. Baïkonour qui se trouve en **B** est emportée dans cette folle sarabande. Elle se déplace autour de l'axe **Nord - Sud** dans le sens de la petite flèche jaune. Arrivera forcément un moment précis ou ayant "fait le tour par derrière", elle arrivera en **B'** sur la **Trace au sol du plan orbital de notre cible 1**. C'est l'heure précise où il faut lancer pour espérer obtenir une orbite dans le plan **P1**, à condition de surcroît de choisir un azimut pour imposer une inclinaison orbitale α . Dans la pratique il faut tenir compte d'un certain nombre de paramètres comme la vitesse de rotation terrestre, la latitude de la base etc. On peut accepter une légère différence d'inclinaison orbitale qui sera ensuite corrigée une fois en orbite, par exemple plus ou moins un degré. Ainsi, l'heure rigoureuse peut être "dégradée" avec une légère anticipation ou un petit retard. C'est la différence entre ces deux limites acceptables qui constituent ce que l'on nomme LA FENÊTRE DE LANCEMENT.

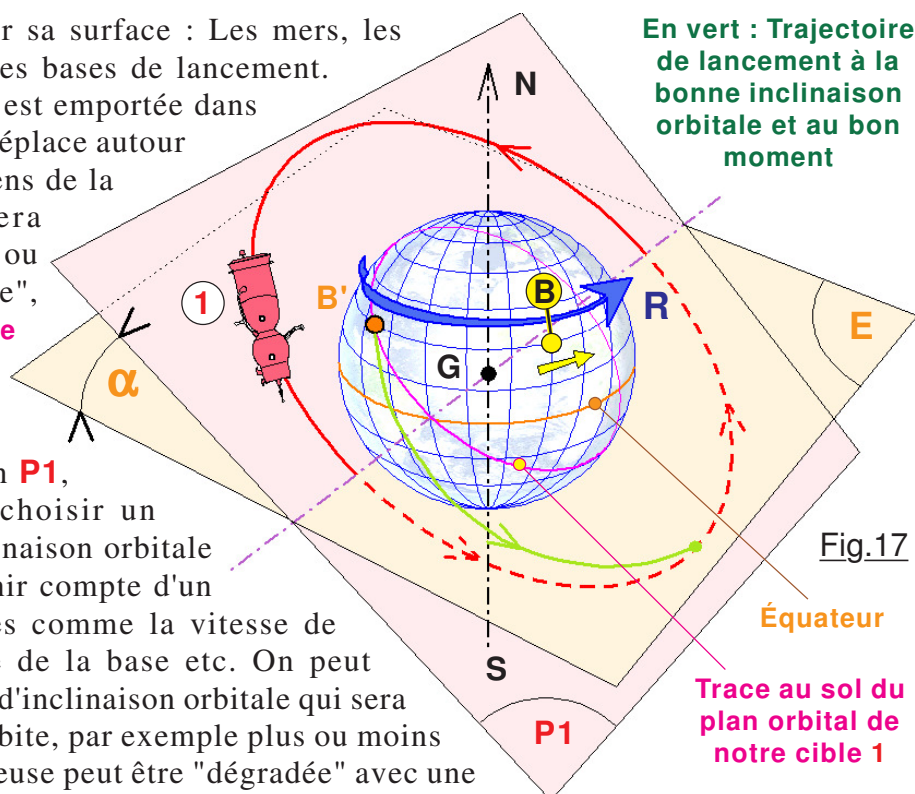


Fig.17

TECHNIQUE POUR RÉALISER UN RENDEZ-VOUS ORBITAL.

Plusieurs méthodes peuvent être pratiquées et dépendent à la fois de la cible visée et des particularités de la mission. On se doute qu'envoyer une sonde vers mercure ne s'optimise pas de la même façon que de rejoindre ISS en orbite terrestres. On peut privilégier une éjection aboutissant à une orbite de Hohmann, chercher une jonction directe etc. Mais souvent on préfère passer par une **orbite d'attente intermédiaire** et effectuer le rendez-vous sur plusieurs boucles. La méthode analysée Fig.18 ci-dessous est l'une des plus économes en carburant.

Au lancement on attend que le plan orbital de la cible **1** déjà satellisée approche au plus près la base de lancement. On lance alors le poursuivant **2** sur une **orbite d'attente presque circulaire**. Naturellement le lancement aura privilégié la bonne inclinaison équatoriale **Inc**. L'orbite d'attente aura été peaufinée pour parfaire la coplanarité des plans orbitaux. Quand **2** arrive en **X** à l'opposée

de l'Apogée de l'orbite de **1**, on accélère pour allonger la trajectoire jusqu'à obtenir un point de tangence **PC**. Le poursuivant **2** est donc sur l'**orbite de transfert** qui sur la Fig.18 est tracée en couleur mauve. Quand le poursuivant arrive à l'apogée de sa trajectoire en **PC**, la cible **1** se trouve généralement en un point quelconque de sa trajectoire. Il n'y a donc pas rencontre. C'est en **PC** que **2** va alors augmenter la valeur de son périégée **pour obtenir une ellipse** telle que celle tracée en vert. Étant toujours plus petite que celle de **1** en rouge, elle est donc parcourue plus rapidement. La **SYNCHRONISATION** consiste à ajuster exactement la valeur du périégée **Y** de la trajectoire verte pour qu'**en un nombre d'orbite plus ou moins grand les deux vaisseaux arriveront au même endroit PC, au même moment**. Une précision maximale s'impose, puisqu'une erreur d'arrivée d'une seule seconde seulement provoque déjà un écart d'environ 7 km !

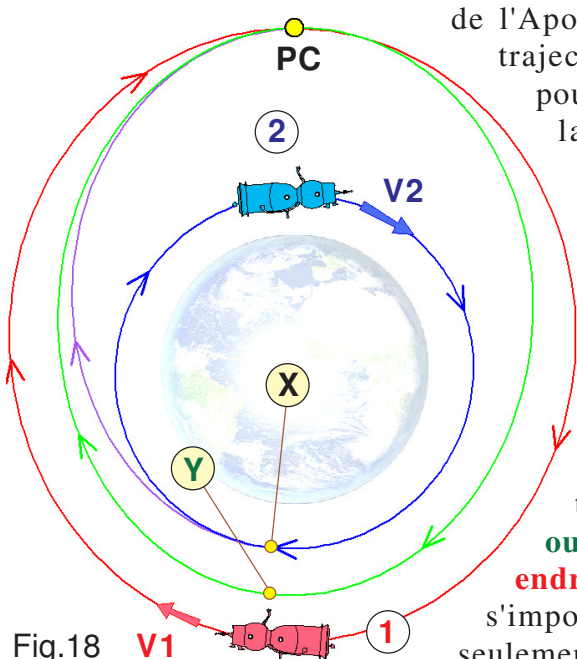
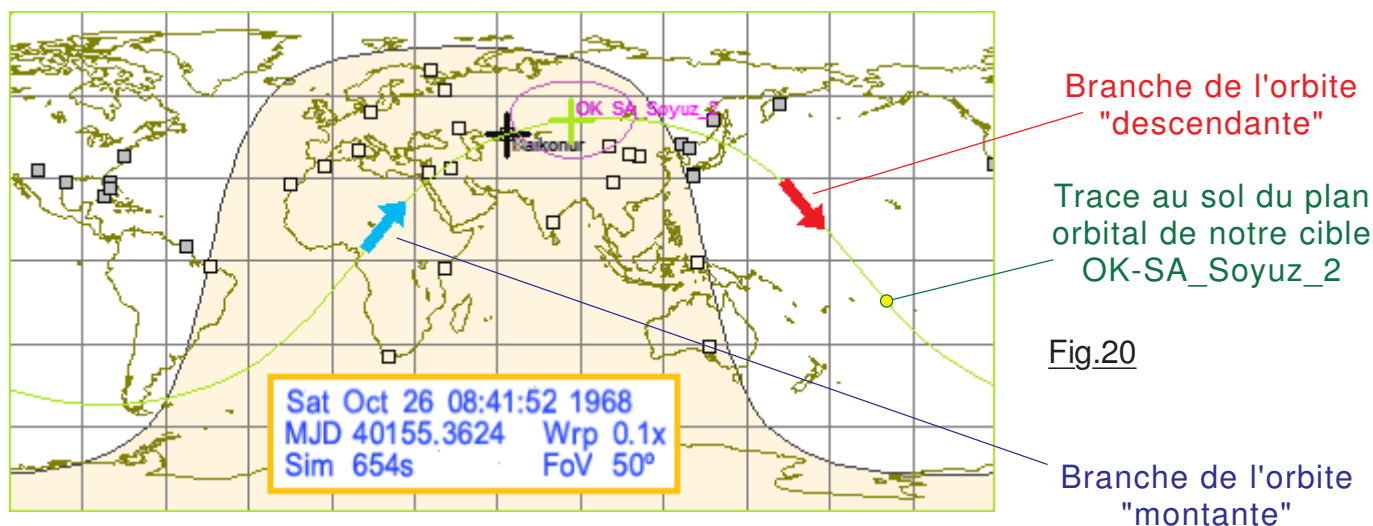
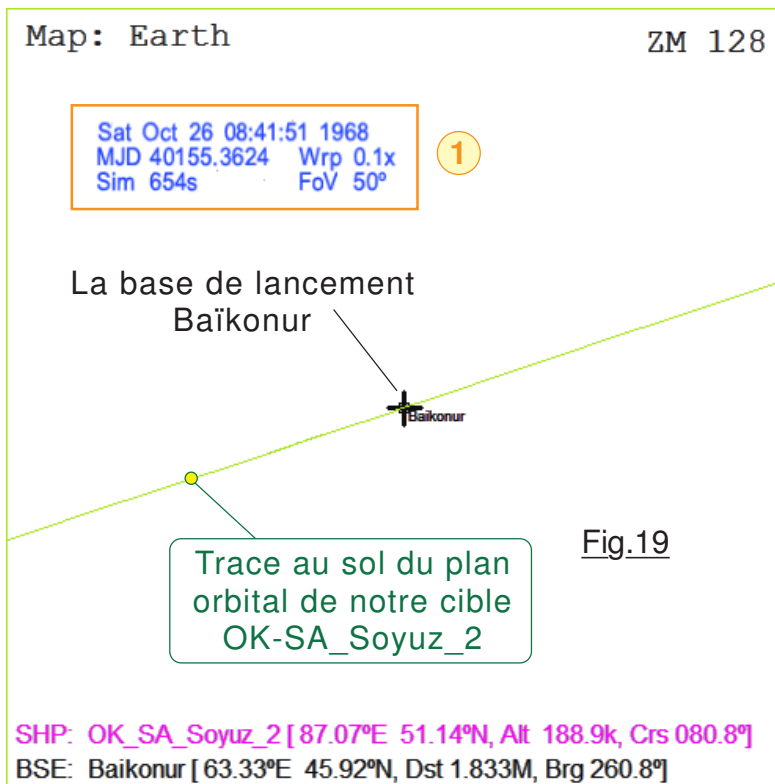


Fig.18

Sans se précipiter, centrez parfaitement la base de lancement dans la fenêtre graphique. Accélérez l'écoulement temporel à **10x**. Lentement on voit se décaler la trace au sol du plan orbital de notre future cible Soyuz 2. Dans la réalité, ce plan est immobile dans l'Univers, c'est la Terre qui "se déplace" par rotation. Donc **Map MFD** inverse un peu les rôles. Quand la trace verte s'approche de la petite croix blanche repérant Baïkonur, ralentir l'accélération temporelle jusqu'à **0.1x**. Poussez le facteur de ZOOM au maximum à 128, et passez en PAUSE au moment précis où le plan orbital de Soyuz 2 passe exactement sur la base. Nous sommes le 26 octobre 1968 à **08:41:51**. Cette information est disponible en haut à droite de l'écran d'Orbiter. La Fig.19 est une copie d'écran de ce que montre **Map MFD** à cet instant. L'encadré orange **1** est extrait de la zone supérieure de l'écran graphique. La Fig.20 reprend la représentation graphique plus globale sur **Map MFD** au même moment. On retrouve la trace verte de l'intersection du plan orbital avec le géoïde terrestre. La flèche bleue et la flèche rouge ont été ajoutées pour repérer la phase "montante" et la phase "descendante" du déplacement de la cible sur sa trajectoire. L'heure **08:41:51** est le moment le plus favorable pour lancer vers la cible, mais ... la chronologie a été suspendue pour raison technique. Pour parer l'anomalie il faut plus de trente minutes aux techniciens spécialistes des installations au sol. Trop tard pour allumer, le plan orbital serait trop décalé angulairement de celui de Soyouz 2, il faut reporter le décollage. Nous avons toutefois de la chance, car nous étions sur "la branche montante".

Heureusement pour le planning, une autre opportunité va se présenter dans un peu plus de quatre heures avec la "branche descendante" comme on va pouvoir le vérifier. Le décompte est réinitialisé pour la prochaine fenêtre de lancement, et évidemment on a recalculé l'azimut de tir. Repassez sur un facteur de ZOOM plus "panoramique" et poussez jusqu'à **1000x** pour ne pas trop déprimer. Quand la trace verte approche, opérations inverses sur le ZOOM et sur le facteur temporel. Toujours à 128 attendre le moment précis de la coïncidence entre la trace verte et la croix blanche. PAUSE ! La date est toujours un 26 Octobre 1968, mais il est **13:22:07**. Si cette fenêtre de lancement ne peut être utilisée, combien de temps faut-il attendre avant de tenter une nouvelle mise à feu ?

Orbiter va répondre facilement à cette



question. Il suffit de recommencer la procédure jusqu'à ce que la branche montante vienne coïncider une nouvelle fois avec notre jalon : 27 Octobre 1968 à 8:37:49. Cette fois l'attente frise 19H 34min. Nous pouvons déduire des conclusions de cette expérience vraiment simple mais qui implique bien des conséquences :

- Globalement il y a deux fenêtres de lancement par jour pour une cible en orbite terrestre.
- Louper le lancement en branche montante oblige à attendre environ 4h 40min.
- Louper le lancement en branche descendante oblige à attendre environ 19h 20min.

NOTE : Suite à ces constats, il devient tentant de privilégier la fenêtre de tir correspondant à la branche montante, car on aura à attendre beaucoup moins s'il faut reporter le lancement. Ce n'est toutefois pas forcément la solution optimale. En fonction de la position de la cible sur sa trajectoire, il peut s'avérer plus avantageux parfois d'attendre la branche descendante, quitte à ajourner de 24H le tir si un incident technique ou la météo stoppent la chronologie.

Le RDV orbital : Une ponctualité obsessionnelle.

Tous les éléments sont à notre disposition, il ne reste plus qu'à concrétiser. N'oublions pas que ce petit tutoriel n'a pas pour objectif l'étude des fondamentaux de l'astronautique. Son but consiste à découvrir les technologies qui ont écrit certaines des plus belles pages de la conquête de l'espace. De ce fait, on va se contenter dans ces lignes, de ne faire que survoler ce thème sans fouiller dans le détail les subtilités de cette phase critique d'une mission ... devenue routinière quelques décennies après le légendaire Spoutnik. Comme prétexte, nous allons revivre la mission de Soyouz 3 dont la mise à feu a eu lieu le 26 Octobre 1968, et qui marquait un tournant dans le programme Russe. En effet, l'écrouille d'arrimage était équipée du mécanisme d'accouplement pleinement opérationnel. Le but du vol consistait à effectuer la jonction avec un Soyouz 2 déjà placé en orbite et à tester le dispositif d'arrimage. Dans la réalité, Georgi Bérégovoy qui était aux commandes a échoué pour cet objectif car il a consommé en vingt minutes les 30kg d'ergols réservés aux RCS. Vous avez déjà "intuité" que contrairement aux vols précédents, un rendez-vous orbital est prévu pour cette mission, et qu'il faut absolument lancer dans la fenêtre de tir c'est à dire :

- Il importe d'attendre que le plan orbital de la cible passe par la base de lancement,
- L'azimut de lancement doit correspondre à l'inclinaison orbitale de la cible par rapport à l'équateur,
- Si les deux conditions précédentes sont respectées, notre orbite sera coplanaire avec celle du vaisseau Soyouz 2. Mais pour minimiser le nombre d'orbites nécessaires à la synchronisation, car le temps disponible est limité par les ressources assurant la vie à bord, il faut de plus lancer au bon moment pour obtenir une position relative des deux vaisseaux favorable à la synchronisation.

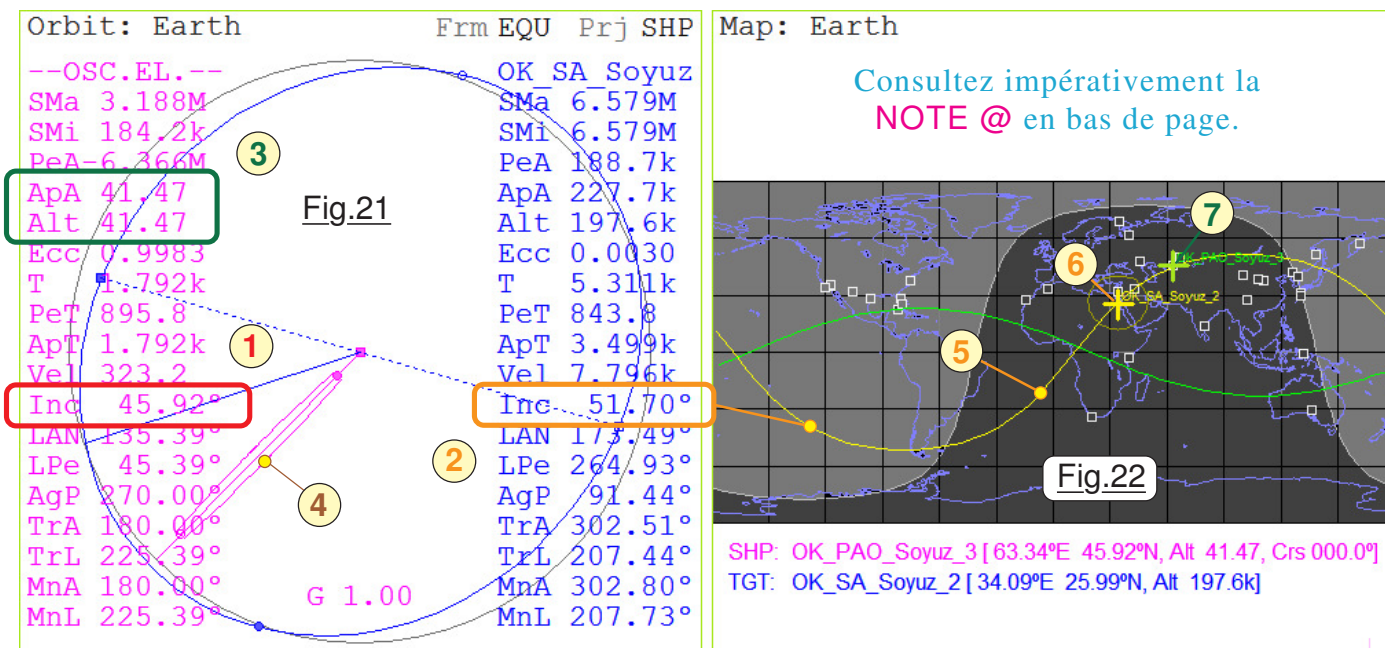
Chargez la scène 08) **lancement de Soyuz 3.scn** qui à peine activée déclenche le processus de lancement. Glups ! La tour de lancement est en train d'effectuer l'orientation en azimut et c'est le silence absolu dans la steppe aride ? Rassurez-vous, le son sur votre ordinateur n'est pas en panne. Mais pour des raisons pédagogiques, la focalisation de la caméra est effectuée sur l'habitacle. Nous sommes donc confortablement installés dans le cocon douillet de Soyouz 3, dans la combinaison et avec le casque anti bruit sur les oreilles. OUF, tout va bien.

OUPS, je crois que **Popolski** n'a pas l'air très très content. Je suis même persuadé qu'il nous invite à rapidement intégrer le vaisseau pour gagner nos roubles. Alors si vous acceptez un petit conseil,

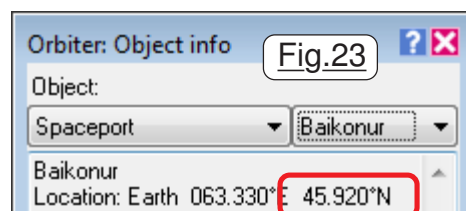
C'est pas fini de jouer les touristes à admirer les lancements avec vue sur la mer ! Voulez-vous que je vous apporte un soda non plus ?



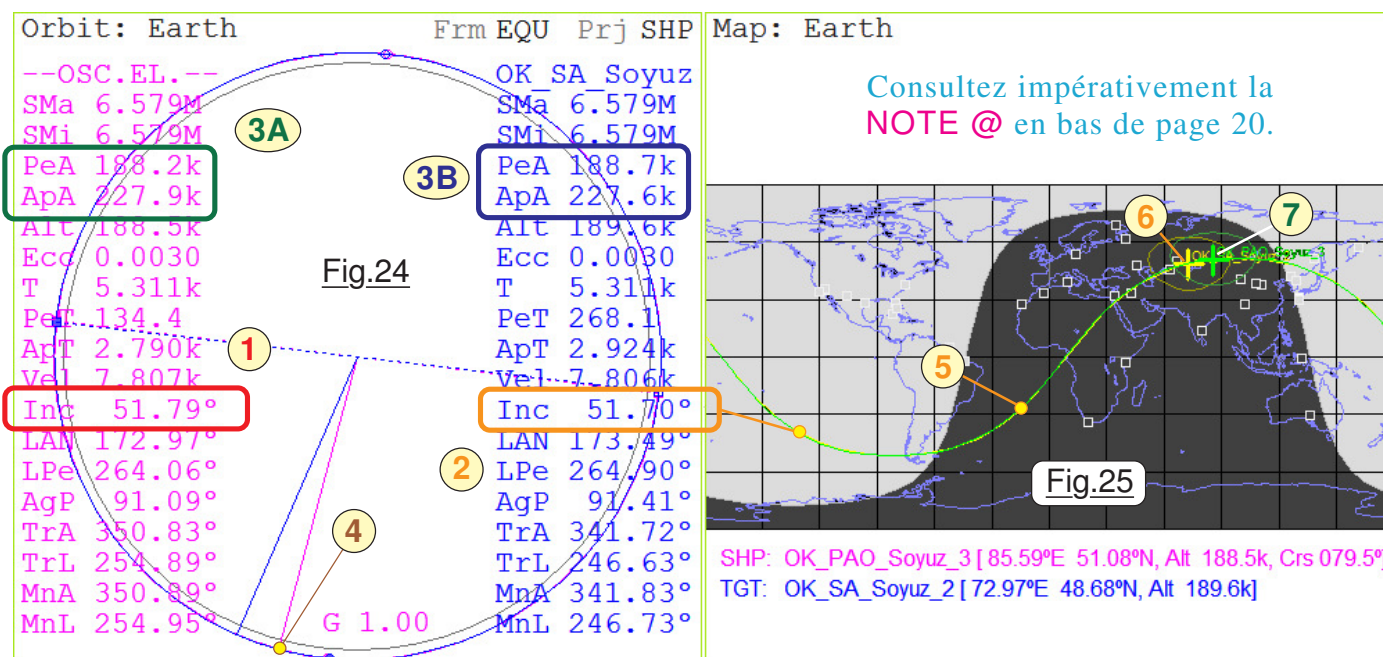
précipitez-vous sur **[F1]** et faites-vous tout petit. C'est d'autant plus justifié que la place à bord n'est pas spécialement spacieuse. La scène a été organisée pour nous fournir les deux outils MFD configurés pour analyser en détail la chronologie du lancement. La Fig.21 montre **Orbit** MFD réalisée dans Prj SHP. Comme nous n'avons pas encore décollé, le plan orbital de notre vaisseau n'existe pas. Dans ce cas **Orbiter** représente la trace au sol du plan qui passe par la base et par le centre de gravité de la Terre. Il ne faut pas se préoccuper outre mesure de cette trace qui sur la Fig.22 en page 20 est représentée en vert. Détaillons maintenant, un chitepu pas trop, les informations pertinentes fournies par l'écran d'**Orbit** MFD. L'inclinaison orbitale **Inc** en **1** n'a pas vraiment de sens puisque l'orbite n'existe pas. Mais la fenêtre contextuelle de la commande **[CTRL] I >** **Camera target** > **Spaceport** > **Baikonur** fournit la source de la valeur affichée.



Il s'agit de la latitude du lieu de lancement, donc l'inclinaison orbitale la plus faible réalisable au lancement. En **2** nous obtenons l'inclinaison orbitale **Inc** de notre cible définie par le bouton **TGT**. C'est la valeur souhaitée en fin de lancement pour notre vaisseau. En **3** l'Apogée est aussi égale à notre altitude actuelle. En réalité, le géoïde dans orbiter étant une sphère parfaite, c'est la hauteur à partir du "sol". Le plus curieux en apparence, c'est l'existence d'une orbite Képlérienne **4** alors que le vaisseau est au repos. Il s'agit de la trajectoire qui serait suivie par le vaisseau s'il était lâché sans vitesse initiale et que la Terre se résumerait à un attracteur gravifique ponctuel. Compte tenu de la vitesse résultant de la rotation terrestre, nous aurions bien une ellipse et non une verticale parfaitement rectiligne. En **5** figure la trace au sol de l'orbite de la cible qui se trouve actuellement en **6** avec en "jaune sale" la surface au sol visible depuis son altitude. Enfin en **7** notre vaisseau qui permet également de repérer la position de Baikour sur la carte. Pendant que nous avons effectué ces révisions, le compte à rebours s'achève et dans une débauche de feu et de tonitrues la fusée nous arrache à la pesanteur terrestre. Surveillez durant toute la montée les deux MFD. Jusqu'à la mise en orbite, la trace verte reste figée à l'affichage, ne pas s'en préoccuper. Par contre, lentement l'orbite de la cible vient dans le plan Prj SHP. En réalité c'est notre plan orbital qui se concrétise et qui va se placer dans celui de Soyuz 2. Puis, au fur et à mesure de la prise d'altitude, la trace verte (*Légèrement plus sombre*) de l'horizon visible au sol augmente de surface car nous voyons de plus en plus loin. Lentement notre inclinaison orbitale **1** s'approche de celle souhaitée **2**. Vous pouvez aussi activer le HUD en mode **SRFCE EARTH**. Il sera ainsi possible de vérifier qu'une fois l'altitude de l'apogée acquise, la fusée va piquer pour faire augmenter la valeur du périégée sans pour autant augmenter celle d'ApA. C'est un grand classique. Enfin, comme à chaque fois, "sortir le périégée" de la Terre est laborieux, et la trace verte n'émerge que dans les dernières secondes du lancement. Quand les moteurs sont coupés et que la séparation se produit pour évacuer la massive fusée devenue parasite, on obtient des résultats équivalents à ceux des Fig.24 et Fig.25 attestant de la réussite du lancement. En bas on va trinquer à la Vodka. Mettre en **PAUSE** dès le lancement achevé. Notre inclinaison orbitale **1** n'est qu'à 1° d'écart de celle de la cible en **2**. En **3A** les caractéristiques de



NOTE @ : Vous avez remarqué que les copie d'écran sont "colorisées" à ma façon. Pour la beauté des couleurs, certes, car je me drogue aux polychromes, mais surtout pour éliminer les grandes zones noires qui vident une cartouche d'encre en quelques dessins. Cette stratégie donne aux copies d'écran des apparences assez inhabituelles, et peut parfois générer des confusions. Sur la Fig.22 la zone la plus claire correspond en réalité à l'ombre, et la plus foncée au coté éclairé de la Terre. C'est volontairement que j'ai osé cette inversion pour pouvoir conserver la couleur jaune pour la trace de la cible qui sur du gris clair ne serait pas visible.

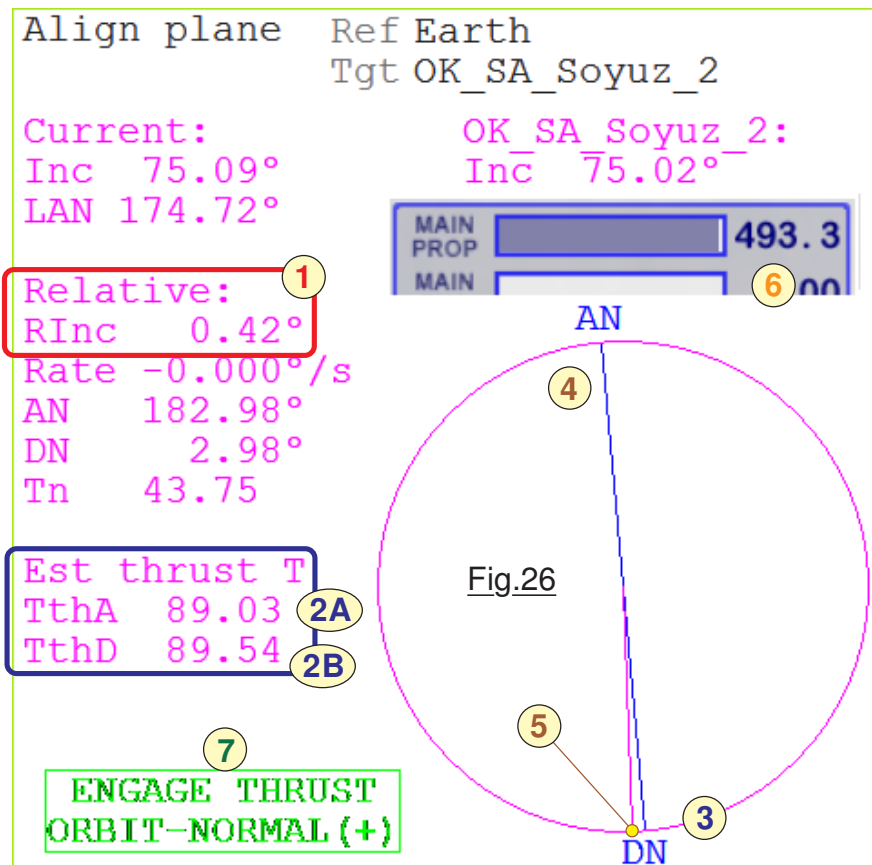


notre orbite sont très proches de celles en **3B** ce qui n'est pas forcément idéal. Une orbite légèrement plus petite serait plus favorable pour réaliser la synchronisation. En **4** notre trajectoire se confond pratiquement avec celle de Soyuz 2 repérée en **5** sur la carte. Seuls quelques pixels attestent des 0,09° d'écart angulaire sur les valeurs d'Inc. En **7** notre module caracole en avance sur l'orbite par rapport à celle de Soyuz 2 en **6**. Si l'on avait tenté un rapprochement sur la lancée, il aurait fallu attendre avant l'allumage, le temps mis par **6** pour parcourir l'orbite jusqu'à **7**. Nous arriverions alors dans sa zone, mais seuls les systèmes de navigation plus modernes permettent cette performance.

Plans confondus avec rigueur.

S' il est un paramètre à soigner de façon maniaque, c'est bien la coïncidence des plans orbitaux. Un écart angulaire même infime engendre lors du rapprochement une vitesse latérale différentielle très importante. Il devient très boulimique en énergie et illusoire de persister dans le rendez-vous avec ces conditions. Pour réaliser cette phase de la mission, **Align Plane MFD** est l'outil incontournable. Il vous suffit de libérer la PAUSE pour faire cet exercice, mais si vous désirez le reprendre ou pour travailler avec des paramètres strictement identiques, je vous propose la scène **09) Aligner les plans orbitaux.scn** dans laquelle la séparation du lanceur vient juste de se produire. Passer en vue extérieure et focalisez la caméra sur l'arrière du vaisseau. Touche **J** pour déployer les antennes puis **K** pour les panneaux solaires. Vous remarquerez un radar situé à l'arrière se positionner. Comme nous adoptons le rôle du poursuivant, on arrivera plus rapidement au point de rencontre. Il faudra donc freiner en fin de poursuite, donc circuler à contre-sens. Il est logique dans ces conditions de disposer d'une aide radio sur l'arrière du vaisseau. **[F1]** pour revenir en vue intérieure. En haut à gauche **MAIN PROP** est rempli à 100% et affiche la valeur 500kg. Comme nous savons que la réserve en ergols est dramatiquement restreinte, il faut absolument optimiser la manœuvre. Comme du temps est nécessaire pour orienter le vaisseau, commencez par une commande de type **NML +**, sans oublier **H** pour visualiser le HUD. Conditionnez le MFD de droite :

SEL > Align Planes > TGT > [↓] pour Spacecraft > [→] > [↓] pour OK_SA_Soyuz_2 > [↩]
 Durant cette préparation du MFD il faudra couper **NML +** dès que l'orientation sera globalement acquise. On anticipe sur cette manœuvre car elle est assez longue et que l'on va atteindre le point d'allumage assez rapidement. Analysons rapidement les informations sur la Fig.26 qui montre l'écran d'**Align Plane MFD** après avoir placé le vaisseau en orientation "Normal Plus" quand on arrive en **5** à proximité du nœud descendant **DN** en **3**. En **1** l'écart angulaire entre les deux plans fait 0,42°. Notez au passage en **6** que l'orientation en **NML +** a consommé 6,7kg d'ergols. Nous savons que les changements de plan doivent s'opérer aux nœuds **DN** et **AN**, mais l'information **2B** montre que si l'on effectue la manœuvre en une seule fois, on va consommer un peu plus qu'en **4** car **AN** est légèrement plus favorable. En principe il serait préférable d'attendre une demi-orbite. Mais le moteur d'apogée du Soyuz n'est pas très puissant, et de toute façon il faudra procéder en deux fois.



Donc dès que l'information **7** nous y invite, on réactive **NML +** et on pousse avec la commande **+num**. Cette information va rester active assez loin du nœud **DN** ce qui n'est pas du tout optimal en terme d'efficacité. Donc ne pas attendre que le texte en rouge prévienne de stopper les moteurs. On va répartir la correction totale par moitié entre les deux allumages. Donc, lorsque **Rinc** avoisine 0.18 à 0.20 coupez le moteur principal et surtout penser à désactiver **NML +**.

Une remarque s'impose : Si vous étudiez en détail le principe d'alignement des plans, vous apprendrez que systématiquement on oriente en **NML +** quand on arrive à un nœud descendant **DN**, et on pousse en **NML -** quand on arrive à un nœud montant **AN**. Comme je savais que nous

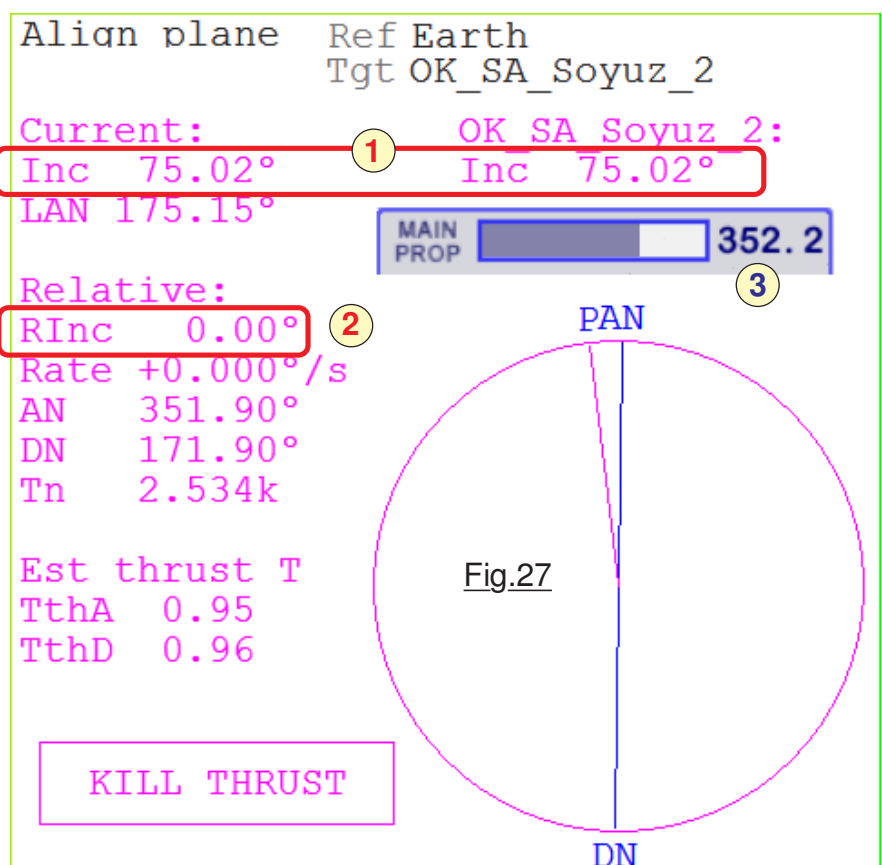
approchions du premier, c'est la raison pour laquelle je vous ai fait anticiper l'orientation dans cette attitude. Maintenant que vous avez assimilé le principe, je vous laisse attendre l'arrivée dans la zone de **AN**, anticiper un peu l'orientation en attitude **NML -** et effectuer la deuxième poussée. Attention à stopper exactement quand on arrive à une valeur de **Rinc** = 0.00°. Le résultat est montré sur la Fig.27 sur laquelle on peut vérifier en **1** que les deux inclinaisons orbitales sont strictement identiques. En **2** il y a confirmation avec un écart angulaire nul. Cette étape de la mission n'autorise aucune approximation. On peut effectuer un bilan énergétique avec l'information présente en **3**.

Partant d'un réservoir plein contenant au départ 500kg d'ergols, il n'en reste après l'alignement des plans que 352.2 alors que nous n'avons réalisé que cette manœuvre. Au fait, avez-vous pensé à couper **NML -** ?

Si vous avez oublié ... je vous conseille de titiller promptement la souris informatique avant que Popolski ne s'en rende compte ou vous allez vous faire allumer plus rapidement qu'un RCS !

Le bilan est aisé à formuler :

On a consommé 148 kg de carburant alors que l'écart angulaire était inférieur à un demi degré. Vous comprenez maintenant pourquoi il faut soigner les azimuts de tir et respecter la fenêtre de lancement ?





Le coup de la panne sèche.


Strictement interdite quand on chemine à plus de 100km d'altitude, ou c'est la perte inexorable de l'équipage. Cette problématique est assez semblable à celle des pilotes d'avions qui doivent soigneusement calculer leur emport carburant pour être certains d'arriver au terrain prévu dans le plan de vol ; avec une marge de sécurité compte tenu de la météo, des attentes au décollage et à l'arrivée, du déroutement possible si la piste prévue n'est plus praticable. Seule différence fondamentale : Quand l'avion tombe (*Ouafff, c'est bien vu comme jeu de mot !*) en panne sèche, il redescend obligatoirement vers le sol, alors que le vaisseau en orbite lui n'y reviendra plus jamais. Durant une mission, la réserve de carburant est surveillée en permanence. Si un seuil calculé à l'avance est atteint, le programme est immédiatement allégé de toutes les phases qui impliquent l'usage des moteurs, **les ergols encore disponibles étant alors réservés intégralement au retour.**

Piloter en virtuel n'exempte en rien l'obligation fictive d'assurer une rentrée quels que soient les problèmes rencontrés durant le vol virtuel. Naturellement, il est totalement exclus dans ce propos de faire usage de l'éditeur de scènes d'Orbiter pour "ravitailler en vol". Cet exercice au demeurant très simple consiste à ouvrir une parenthèse durant la mission en cours pour évaluer la réserve de carburant en dessous de laquelle on abandonnera les objectifs balistiques prévus au programme de la mission Soyouz 3 si pour une quelconque raison Georgi Bérégovoy (*C'est à dire NOUS !*) dépasse les quotas autorisés lors d'une étape quelconque du profil de mission. La trame de cette expérience consiste à réaliser une rentrée à partir d'une configuration la plus défavorable, et de noter combien elle exige de carburant. On ajoutera une réserve de 30kg pour s'octroyer une marge de sécurité. La valeur trouvée deviendra le seuil officiel en dessous duquel les réserves seront réquisitionnées pour les opérations de désorbitation.



Logiquement, pour effectuer cette manipulation il faudrait continuer avec la mission en cours, et ce d'autant plus que nous ne faisons qu'ouvrir une parenthèse durant ce vol. Mais bien que cette scène soit directement issue de celles fournies avec le complément de **4th rock**, le vaisseau OK_PAO_Soyouz_3 présente, tout au moins sur mon ordinateur, un aléas informatique : Impossible de séparer les divers modules du train spatial. Nous allons, par conséquent, charger la scène **10) Plans alignés.scn** avec pour avantage de tous démarrer l'exercice avec des paramètres identiques. Je me suis contenté, dans l'état résumé sur la Fig.27, de remplacer dans la situation le vaisseau OK_PAO_Soyouz_3 par un vaisseau de type OKS qui accepte le "démontage".

1) Commencer par placer l'ensemble en attitude Prograde. Ainsi pour passer en Rétrograde on va consommer un maximum de carburant car il faudra effectuer un demi-tour complet plus les oscillations induites par une inertie maximale. (*Condition la plus pénalisante*) Durant cette manœuvre assignez le MFD de droite à la fonction **Map** avec une seule "trajectoire" affichée. Noter qu'au chargement de la situation n°10 nous avons 352,2kg de carburant dans les réservoirs.

PRO GRD > Attendre la stabilisation de  sur  confirmé par le bruit des RCS qui s'arrête. *La préparation du freinage de désorbitation va commencer avec 334,1kg de carburant. L'orientation en sens direct a donc consommé 18,1 kg d'ergols.*

2) Nous allons larguer le module orbital **BO** pour diminuer les inerties, et ainsi minimiser les consommations : **[F3]** > **OKS_SA_reentrymodule** > **[CTRL] D** > Dock1 > . Le train spatial vient de s'alléger de plus d'une tonne, ce que l'on peut vérifier avec **[CTRL] I** > Vessel > **OKS_BO_orbitalmodule**.

3) Orientons ce qui reste du train spatial en marche arrière pour pouvoir freiner, mais comme nous avons laissé : **PRO GRD** activée, le temps d'évaluer la masse larguée, il ne reste plus que 333,8kg dans les réservoirs ! Il vaudrait mieux que Popolski n'en soit pas informé.

[F3] > **OKS_PAO_servicemodule** > **RETR GRD** > Attendre la stabilisation de  sur  annoncée par le passage en mode impulsif du bruit des RCS. Les réservoirs ne contiennent plus que 324.3kg du précieux carburant. Nous en avons donc brûlé 9,5kg pour effectuer la prise d'attitude, soit deux fois moins que lorsque le train spatial est complet. On mesure au passage l'importance d'effectuer les opérations dans l'ordre des items de la check-list donnée dans la fiche du Soyouz.

4) Freinage de désorbitation : Comme on peut le constater sur **Map** MFD nous avons largement dépassé le point orbital pour déclencher un retour idéal. Mais on suppose ici une urgence, et bien que l'atterrissage va se produire sur le côté obscur de la Terre, l'impact au sol sera

encore largement en territoire Ami. Nous avons donc l'autorisation de procéder au freinage orbital. Le pilote automatique étant toujours sur **RETR GRD** allumer au maximum de poussée le moteur principal avec **+num**. Surveiller la valeur de **PeA** et lorsqu'elle arrive aux 60km d'altitude couper les moteurs. Couper également **RETR GRD**. Il reste actuellement 176.7kg de carburant dans les réservoirs. Nous en avons donc consommé environ 148kg pour quitter l'orbite. Pensez à larguer immédiatement le module de service et le périscope pour que ces deux voisins dangereux puissent s'écarter au maximum de notre trajectoire de descente. Pour le plaisir conduire la rentrée jusqu'à l'atterrissage en douceur. On peut tranquillement faire un bilan.

BILAN ÉNERGÉTIQUE POUR UN RETOUR ATMOSPHÉRIQUE :

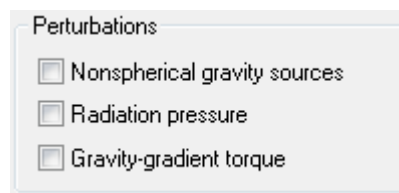
- * Orientation en attitude rétrograde : 10kg,
- * Freinage de désorbitation : 150kg,
- * Réserve de sécurité : 30kg.

SEUIL MINIMAL : 190kg.

Le respect des horaires.

L'exercice précédent n'était qu'une parenthèse ouverte que nous pouvons refermer pour reprendre le vol de Soyouz 3 qui doit aller s'arrimer à Soyouz 2 si l'on parvient à respecter les objectifs de cette mission. Recharger la scène **10) Plans alignés.scn** qui va nous permettre de constater qu'une jonction assistée d'un ordinateur actuel avec des outils de calculs qui font rêver, ne peuvent compenser totalement le manque de performance des machines de l'époque. Nous allons également nous rendre compte que le rendez-vous orbital n'est pas une opération élémentaire, et encore ... nous avons un simulateur simplifié dans lequel nous avons, comme montré sur la Fig.28, soigneusement érudé les facteurs physiques qui viennent joyeusement compliquer la balistique. Quoi qu'il en soit, le RDV orbital reste une activité où la patience s'impose. Il faut généralement plusieurs orbites avec corrections de trajectoire pour réaliser le rapprochement de façon économique.

Fig.28



1) À droite, conditionnez le calculateur pour utiliser **Sync Orbit** MFD spécialement conçu pour nous fournir une aire précieuse pour réaliser la synchronisation des orbites :

SEL > Sync Orbit > TGT > [down arrow] > [right arrow] > [down arrow] pour **OK_SA_Soyuz_2**.

2) Passer immédiatement en **PRO GRD** > Attendre la stabilisation de \oplus sur \wedge et allumer le moteur orbital jusqu'à avoir **DTmin** qui avoisine 0,4 secondes. On a relevé le périégée pour obtenir un point commun entre les deux orbites. (*Notre ellipse était entièrement "sous" celle de la cible*)

ATTENTION : Après chaque manœuvre il conviendra de couper l'automatisme **PRO GRD** ou **RETR GRD** utilisé pour ne pas gaspiller le carburant. Je ne vais pas le mentionner à chaque correction, donc conserver bien présent à l'esprit cet impératif.

3) Quand on arrive à l'opposé, notre orbite se dégrade et l'on perd le point commun. Activez le mode **PRO GRD** et recréer une intersection. Diminuer **DTmin** vers 0,1 secondes. Il serait tentant de peaufiner à exactement zéro avec les RCS en mode translation, mais c'est du luxe car de toutes façons l'orbite va continuer à se dégrader. La rencontre est prévue dans quatre boucles.

4) À deux orbites du rapprochement, étant arrivé à l'opposé du point de rencontre, en mode **RETR GRD** annulez encore **DTmin** en utilisant les RCS en configuration translation.

5) Quand on contrôle la valeur de **RInc** en bas à gauche on constate que par moment elle devient égale à 0.01 puis redevient nulle. Notre plan orbital ne doit pas être totalement coplanaire, le 0.00 résultant d'un arrondi à l'affichage. Attendre la dernière boucle, et quand on se trouve diamétralement opposé au point de convergence, annuler une nouvelle fois **DTmin** avec les RCS.

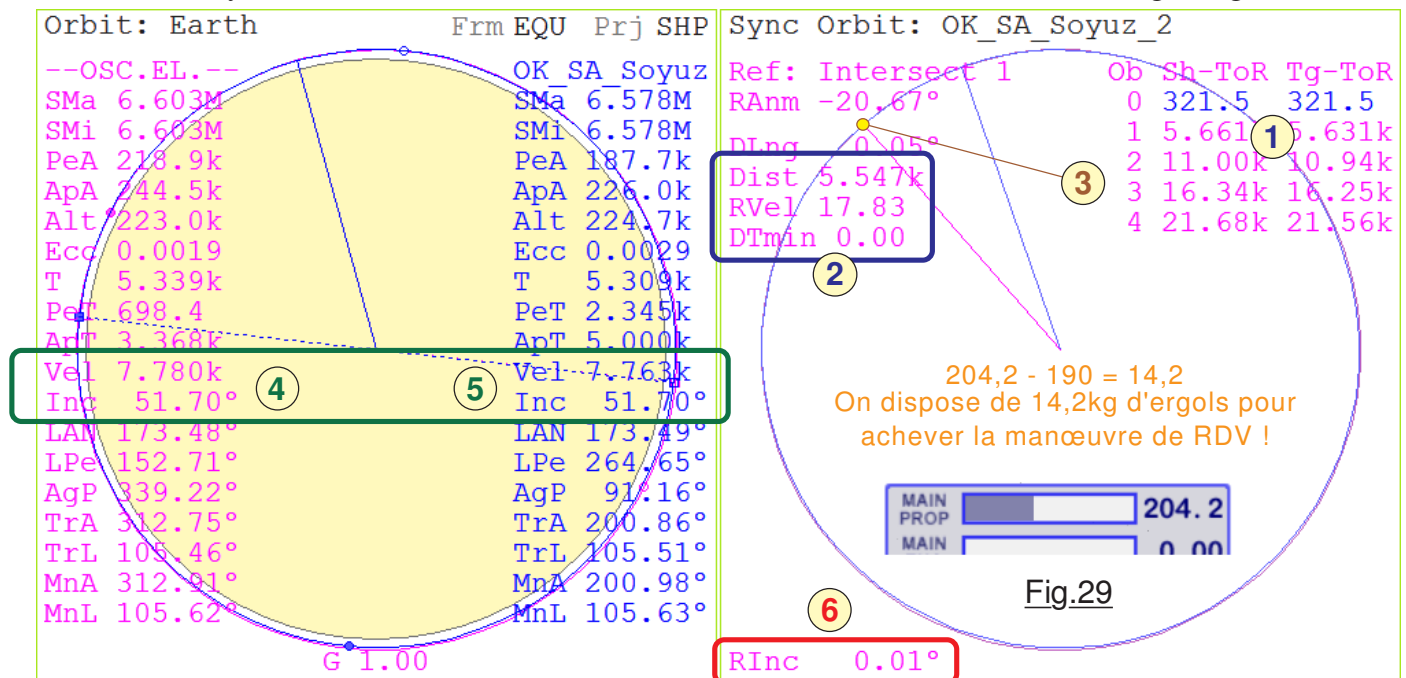
ATTENTION : Il ne reste plus qu'environ 208kg de carburant dans les réservoirs. Sachant qu'à la valeur fatidique de 190kg on recevra la consigne d'abandonner la manœuvre, la mission sur ce point semble bien compromise. Autant dire que l'on ne peut pas lancer la pierre à Georgi Bérégovoy qui a échoué lors de sa tentative. Cet exercice nous permet singulièrement de relativiser.

Pendant que les deux mobiles balayent l'écran de **Sync Orbit** MFD, ressemblant à deux rayons de bicyclette qui lentement se rapprochent l'un de l'autre, on va évaluer la distance à laquelle il sera possible de voir notre cible sans le secours d'un quelconque télescope. Dans ce but

il suffit de prendre le contrôle de la cible à l'aide du menu de **[F3]**. Puis en vue extérieure on fait varier la distance de la caméra préalablement orientée pour observer le vaisseau avec en arrière plan une zone claire de l'atmosphère terrestre. J'arrive personnellement aux conclusions suivantes :

- 5km de distance : Un pixel vient "s'ajouter" sur l'image du moniteur vidéo.
- 1km de distance : Si l'arrière plan et le vaisseau sont bien contrastés, on peut repérer la cible.
- 500m du vaisseau : Parfaitement visible on en distingue les formes générales.

- 6) Aux environs d'un quart d'orbite avant la rencontre, toujours en mode **RETR GRD** annulez encore **DTmin** en utilisant toujours les RCS. La distance entre les deux vaisseaux diminue lentement. Les apparences sont encore encourageantes, le bébé se porte bien ...
- 7) À 600 secondes du rapprochement, réitérer l'ajustement de **DTmin** derechef avec les RCS. Du reste cette donnée critique n'évolue plus beaucoup. La distance continue à décroître et à bord on commence à y croire. Dans dix minutes on aura abouti. Il reste encore 204,2 kg d'ergols.

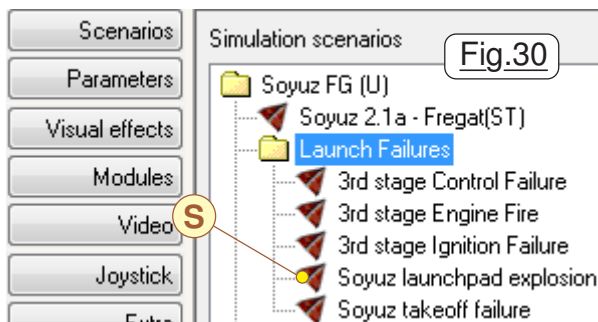


Analysons en détails la situation présente que vous pouvez valider si vous le désirez avec la situation 11) **Approche finale.scn** qui nous situe à cinq minutes de la finale. En 1 le temps restant pour chaque vaisseau avant d'atteindre le point commun des deux trajectoires en 3. Il est identique pour la cible et pour le poursuivant, c'est parfait. En 2 les conditions sont nominales à cinq kilomètres de la cible. La vitesse relative au point de rencontre sera de 17,83m/s une valeur raisonnable qui pourra se résorber dans les derniers "cent mètres". En 4 et 5 la différence entre les vitesses orbitales est également convenable, sauf que $7780 - 7763 = 17\text{m/s}$. D'où vient la différence **Rvel** de 0,83m/s ? La réponse se trouve en 6. À 330s de la jonction, la valeur affichée vient de passer à 0.01° qui prouve que les plans orbitaux ne sont pas totalement confondus. Nos deux routes pratiquement parallèles sont en réalité légèrement convergentes. Aux vitesses orbitales "individuelles" des mobiles affichées en 4 et 5 s'ajoute en relatif une vitesse "latérale". **Rvel** est donc légèrement supérieure à **Vel**. La différence est très faible, mais ajoute une difficulté notable pour gérer la finale du rapprochement. En pratique, si les plans étaient parfaitement confondus, il suffirait à courte distance de freiner pour ramener la valeur de 4 à celle de 5. Nous serions alors totalement stables à proximité de notre cible. On terminerait ensuite par l'approche finale aux RCS suivi de l'arrimage. Mais cette vitesse "latérale" provoque une fuite de notre cible assez indigeste à contrer. On peut corriger l'approche, le résultat est disponible dans la situation 12) **RDV réalisé.scn**, il suffit immédiatement d'utiliser **Align Plane** MFD pour ramener **RInc** à 0.00, puis de réorienter en **RETR GRD** et d'effectuer le freinage final. On se stabilise sans problème à proximité de Soyuz 3. En fait la situation était sans issue car nous avons oublié de consulter une information vitale : La vitesse relative au moment de la jonction. On a trop focalisé sur le moment de la rencontre en oubliant la vitesse relative à l'arrivée. Et le freinage final implique une consommation qui fait passer les réserves largement en dessous du seuil critique. Pas si facile que ça le RDV avec des machines crédibles ...

LE LANCEMENT D'UN SOYOUZ ... problèmsky.

Imaginer que toutes les tentatives du bloc de l'Est ont été couronnée de succès serait bien naïf. Coté Américain on assistait en direct aux déconvenues, car outre Atlantique "on ne cache rien". Mais coté Russe la philosophie qui prédomine est le secret absolu. Il ne faut pas s'étonner que les installations de lancement soient géographiquement situées au plus mauvais endroit possible, tant du point de vue météo que de son éloignement de l'équateur. Ceci étant précisé, des deux cotés de l'Atlantique les premiers pas furent laborieux et jonchés d'incidents, d'accidents, d'explosions et autres tragédies. Il ne faut pas s'étonner de la conception des bunkers de lancement qui n'avaient rien à envier aux abris antiatomiques militaires. Cependant, chaque échec apportait son lot d'expériences qui additionnées ont conduit à la fiabilité des lanceurs Soyouz toujours d'actualités à Kourou. Après le thème précédent un peu technique il faut

Ben Môamôa je dis qu'il faut afficher
"DEFENSE DE FUMER" sur les réservoirs de
gogol, heueu d'erbol, eueu de carburisant !



bien l'avouer, nous revenons à du plus récréatif grandement justifié dans un tutoriel prétendu "découverte" d'ADD_ON. Récréation également pour votre narrateur qui pour la circonstance n'a pas à se torturer les neurones pour créer une situation compliquée. Résumé par la Fig.30, le complément de **thorton** nous propose un petit festival pyrotechnique dont je vous invite vivement à apprécier la qualité. On peut le voir comme une autre façon de démonter la

machine déjà abordée dans le chapitre *Le Mécano n°1 du Soyouz ...* mais plus rapide !

Cet amusement est surtout une bonne démonstration des actions à conduire dans l'urgence lors d'une situation de crise. N'oubliez pas que c'est vous qui êtes enfermés dans la petite boîte de conserve, alors il faut enchaîner rapidement les opérations pour l'atterrissage en douceur, et ce d'autant plus dans la précipitation que l'incident se produit proche du sol. Dans le tutoriel sur Apollo de NASSP il fallait se former, car c'était les astronautes qui devaient déclencher les mesures de sauvegarde. Dans cette découverte, les séquences d'urgence sont automatiques. Il suffit "de subir". Chargez par exemple la scène **13) BOUM !.scn** qui se passe largement de commentaires. Je me suis contenté de reprendre la scène **S** dont j'ai imposé la focalisation de la caméra sur le vaisseau habité et le mode **Movable target-relative** dans l'option **Track**. Contentez-vous d'admirer les diverses phases de la séquence de sauvegarde. En particulier l'ouverture des aérofreins lors de l'éjection. Puis faites-vous plaisir en utilisant les cinq autres scènes ... et n'oubliez pas de balayer ensuite les alentours pour enlever tous les détritits fumants. Le succès s'appuie très souvent sur une longue suite laborieuse d'échecs ...

Les premières stations orbitales :

P récursus dans ce domaine, les Russes ont été les premiers à envisager de très longs séjours en orbite terrestre pour évaluer les influences de la micro-gravités sur le corps humain. On peut considérer Saliout comme la première station orbitale qui méritait la réputation d'être une vraie habitation spatiale. Observez dans le détail les deux planches que je vous propose pour en faire connaissance. Manifestement ce n'est plus un vaisseau aménagé, un étage de fusée converti, mais une machine spécifiquement étudiée et construite dans le but de vivre pendant de longues périodes en orbite terrestre. Plusieurs de ces habitats ont sillonné la route des étoiles, la planche propose l'une des plus élaborées. Ses grands panneaux solaires fournissaient assez d'énergie pour l'habitat, mais également pour recharger les batteries des vaisseaux Soyouz qui de se fait n'avaient plus besoin de ces appendices encombrants. Pour apporter vivres et matériels expérimentaux, les machines Progress ont été dérivées des vaisseaux habitables. Un habitat, une navette, des cargos de servitudes ... tous les ingrédients sont réunis pour coloniser le cosmos et remporter des records de durée de séjour en apesanteur. L'espace commençait à lentement dériver de l'exploration incertaine à "l'industrialisation". Comme on peut en juger par la présence des éléments **13** et **33**, la forme physique des cosmonautes devenait aussi importante que les expériences techniques et scientifiques.

Ces maisons spartiates portaient le nom de "laboratoires orbitaux" dont les cobayes étaient des humains, sélectionnés par des critères particulièrement exigeants.

Découverte du laboratoire orbital.

Grâce au complément [Salyut6_MT_v1.01.zip](#) réalisé par [majortom](#) nous avons l'opportunité d'aller admirer cette station spatiale mémorable dans son milieu naturel. Elle orbite sur un cercle presque parfait de 306km d'altitude ce qui simplifie grandement les calculs pour réaliser les rendez-vous. N'oublions pas qu'à cette époque le mot ordinateur n'est pas encore dans le dictionnaire. Cette hauteur la place en outre bien au dessus de l'atmosphère ce qui confère à cet habitat céleste une longue durée de vie. Dans la scène [14\) Salyout 6 en orbite.scn](#) le laboratoire se trouve dans la zone éclairée favorable à son observation. Sans changer le point de vue de la caméra, frappez la touche **K** pour écarter les antennes. **[CTRL] K** permet de les rétracter. La touche **G** sert à déployer les panneaux solaires, alors que la combinaison **[CTRL] G** est utilisée pour les replier.

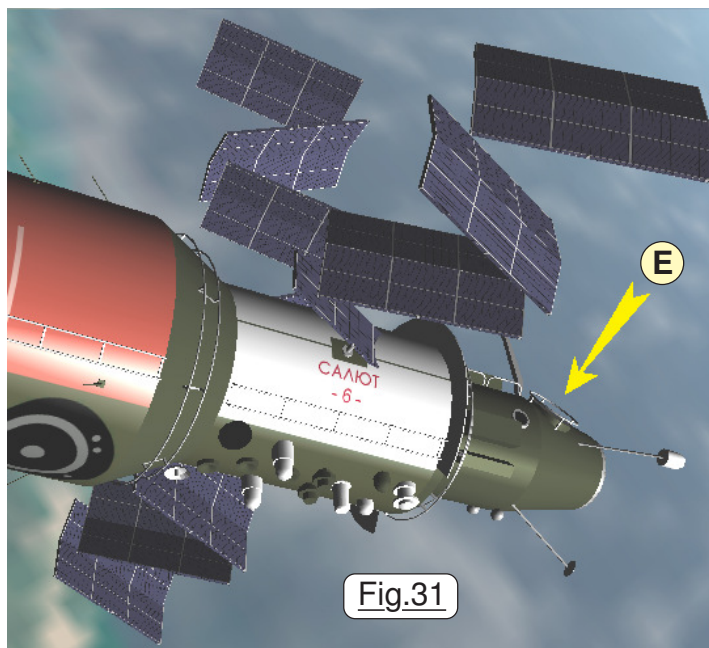
Notez au passage que les informations relatives aux commandes clavier fournies dans la documentation jointe ne sont pas directement utilisables. Pour orienter les panneaux solaires les commandes clavier ne fonctionnent que si

la fonction **[Verr Num]** n'est pas activée. La combinaison **[MAJ] 1num** fait tourner les cellules photovoltaïques dans un sens. Pour obtenir la rotation inverses il faut utiliser **[CTRL] [MAJ] 1num**.

Toutes ces commandes sont du type "Activer / Figer" avec une petite particularité pour les panneaux solaires. Comme ils ne peuvent faire qu'un 360° autour de leur axe de rotation, la butée annule l'une des commandes dans le sens devenu impossible. Passons à la revue de détails : Ne pas combiner l'extension/rétraction des panneaux solaires avec leur rotation simultanée. Ils adoptent alors, comme montré sur la Fig.31 une configuration pour le moins imprévue. Profitons de notre position privilégiée pour admirer les nombreux éléments qui habillent l'enveloppe de cette "datcha cosmique". En particulier à l'arrière on remarque les deux croix rouges de la mire d'alignement qui facilite le travail d'approche du Progress. Certains vont objecter que cette machine est entièrement automatisée. Toutefois, en courte finale les occupants du logement orbital peuvent en prendre les commandes en cas d'incident. C'est alors les images des caméras utilisées en réseau local qui permettent d'assister le travail d'approche. Par contre, cette mire n'est pas parfaitement représentée. Dans la pratique ses deux croix sont placées sur un mat unique comme représentées sur les deux planches de Salyout 6 en [27](#). Ainsi tout écart par rapport à l'orientation et la position relative idéales engendrera un désalignement des jalons rouges facile à interpréter. Regardez également les innombrables balustrades toriques et rampes longitudinales qui facilitent les sorties extravéhiculaires. En particulier on peut voir en **E** le sas de décompression avec son écrouille externe. Curieusement dans cet ADD_ON il sert de sas d'arrimage n°3 ce qui ne me semble pas très historique. (*À vérifier*)



Les cargos de servitude :

Troisième élément de la trilogie, les Progress vont entrer dans la danse. Pour ce chapitre nous allons embarquer (*Façon de parler puisque ces machines n'emportaient que du fret*) à bord des appareils mis en ligne par [no matter](#) dans le fichier [ProgressM1v1.zip](#) qui a été installé au début de ce tutoriel. Elles méritent d'autant plus le détour que ce sont les plus élaborées en terme de systèmes à prendre en compte. Inutile de changer de situation. Dans la scène précédente, un Progress issu du complément de [no matter](#) se trouve en proximité à l'arrière de Salyout. C'est le port d'arrimage réservé aux véhicules d'approvisionnement comme spécifié sur la gravure du dessin au format A4 représentant le train spatial constitué du trilo Soyouz / Salyout / Progress. Si vous avez trainé dans l'exercice précédent et que notre camion de l'espace s'est trop décalé ou que le duo soit passé dans l'ombre de la terre, vous pouvez librement recharger la scène [14\) Salyout 6 en orbite.scn](#) ce que je vous conseille vivement pour avoir le loisir d'en faire le "tour du propriétaire".




Découverte du camion de l'espace.

Machine rudimentaire au possible, mais d'une fiabilité démontrée, ce vétéran n'est toujours pas déclassé. Relativement peu couteux au regard des autres véhicules commerciaux plus modernes, il continue vaillamment de servir la grande station internationale ISS. Lancé depuis Kourou il achemine aux scientifiques d'ISS, matériel technologiques, carburants, vivres et peut également servir de poussoir pour recaler la grande Dame sur son orbite nominale qui lentement se dégrade au cours des semaines. Scène rechargée, orientez la caméra pour voir vers l'arrière de Salyout. Effectivement on y remarque le vaisseau proche de la station et qui la suit bien gentiment comme un toutou fidèle. Touches **K** et **G** pour "étaler" Salyout puis **[F3]** pour sélectionner **Progress**. Placez la caméra à une distance favorable à l'inspection puis balader l'objectif inquisiteur pour contempler une fois de plus l'ouvrage du modeler informatique et les belles textures. Avez-vous remarqué que les ouvertures pour les hublots sont condamnées ? (*Normal ce gros container du vide sidéral n'est qu'une soute à bagages !*) Il saute aux yeux que le lancement à traumatisé un peu les séquenceurs électriques car la configuration externe de la machine n'est pas du tout apte à engager un arrimage. Le moment est venu de reprendre les commandes et de procéder en manuel avec la check-list de la fiche spécifique sous les yeux. Restez en vue extérieure et déployer avec **K** l'ensemble des appendices qui vont hérissier le fuselage du cargo. Glups grunch grunch grunch ... mais ça tournicoti !



Probablement présent sur tous les ordinateurs, ce petit bug passager ne nous a pas permis d'observer la mise en place des divers éléments coloriés en jaune sur le dessin de la fiche. On recharge la situation et on va recommencer, mais cette fois on va parer ce petit "bug". Comme indiqué sur la fiche on va utiliser la séquence **[F4]** > Camera ... >  >  avant d'agir sur la touche **K**. Le mieux pour observer l'ensemble des animations consiste à adopter la position d'observation correspondant au dessin de la fiche du Progress. En particulier on peut voir la potence du périscopie tourner comme montré sur l'image. Testez au passage les éclairages avec la touche **9** du clavier principal. Si vous laissez allumés les phares et que vous tentez **[CTRL] 9** ils s'éteignent car vous avez validé le mode automatique et qu'actuellement on se trouve dans une zone éclairée par le Soleil. Quand on arrivera dans l'ombre de la Terre, ils se rallumeront automatiquement. **[F1]** pour passer en vue intérieure, **H** deux fois pour que le HUD soit en mode **DOCK**. Coupez les deux MFD avec **PWR** pour épurer l'écran. Avec **[CTRL] 9** on peut alterner l'information **Autolights ON** et **Autolights OFF**. Puis **[F8]** pour avoir le rappel des commandes à droite, et à gauche la configuration globale du Progress. (*État des systèmes et bilan des consommables*)

Procéder à un arrimage entre Progress et Salyout. (Attention : Pas de D3D9)

Passons en cockpit 3D avec **[F8]**. Comme déjà précisé dans l'encadré jaune sur la fiche du Soyouz il ne faut pas utiliser la molette de la souris qui engendre une sortie brutale du simulateur. Reculez au maximum le point de vue (**zoom**) avec **X** et admirez ... que des caisses et des réservoirs ! Normal, nous sommes dans une soute, alors ne cherchez pas de beaux tableaux de bord avec plein plein plein d'écrans et de boutons. **[F8]** pour revenir à l'écran 2D. Combinaison de touches **[CTRL] 0** (*Zéro du clavier principal*) pour imposer les informations d'arrimage **Docking mode**. Préparez l'approche finale conformément à la check-list de la fiche du Progress. Restez en vue intérieure car maintenant il faut faire confiance aux informations de l'écran. **[CTRL] 7** et surveillez l'information **Probe Retracted** en haut à gauche qui devient **Probe moving** puis **Probe Extincted**. Vérifiez la présence de l'information **2A0-VKA Extended**.

[CTRL] K et surveillez l'information toujours dans la zone des informations moteur d'Orbiter, l'affichage devient **2A0-VKA moving** puis **2A0-VKA Retracted**. D'une façon générale quand les informations sont pratiquement illisibles en bleu foncé c'est que la configuration est la bonne. En jaune nous avons les transitoires. En rouge il faut se demander si l'état précisé correspond bien à l'opération qui va suivre. Enfin on désigne la cible avec **[CTRL] 5** suivi du nom dans le menu **[F3]** soit **Salyut6_MT** . Il est possible de tout frapper en lettres minuscules, mais personnellement par mesure de rigueur je donne toujours un clone textuel dans ce type de saisie. Maintenant, à vous de gagner vos galons, en effectuant l'approche finale et l'arrimage entre les deux vaisseaux. Personnellement je ne suis pas assez aidé par les informations spécifiques à la fonction **Docking mode**. Je préfère utiliser le classique **Docking** MFD d'Orbiter qui rend cette manœuvre d'une facilité **Page 28** déconcertante. Rien n'interdit de comparer les divers paramètres pour les interpréter.

Une famille recomposée.

Cette mission, si vous l'acceptez, va consister à arrimer les trois unités du train spatial complet. Nous allons procéder à l'arrimage du Progress avant celui du Soyouz. Sur le plan opérationnel ce n'est pas du tout logique. En pratique, un vaisseau cargo est envoyé pour ravitailler une équipe déjà à poste dans le laboratoire spatial. Mais par cet exercice qui sera encore élémentaire, je vais vous montrer qu'Orbiter tient compte des inerties et des énergies cinétiques. Chargez la situation **15) Une famille éparpillée.scn** et observez bien, en vous rapprochant, la position du Soyuz par rapport à la station Salyut. Vous pouvez vérifier qu'il est parfaitement stabilisé. Prenez le contrôle du vaisseau Progress avec le menu **[F3]**. Vérifiez en vue extérieure que la sonde d'arrimage est bien déployée. Puis passez en vue intérieure et procédez à la jonction comme vous savez le faire. Inutile d'activer un quelconque MFD. Le cargo est parfaitement orienté. Ne vous laissez pas leurrer par les antennes de notre cible qui donnent l'impression d'être incliné en roulis. C'est faux, ce sont ses panneaux solaires qu'il faut considérer en approche visuelle. Nous sommes légèrement décalés latéralement. En mode **LIN** translatez à droite avec les RCS pour amener le sas d'arrimage juste au dessus du symbole . **[CTRL] 0** pour imposer les informations de **Docking mode**. Désignez la cible avec **[CTRL] 5** suivi de **Salyut6_MT**  comme nous l'avons déjà fait. Puis, toujours avec les RCS poussez vers l'avant avec la touche **6num**. On ne va pas faire dans la dentelle mais "allez cogner comme des bourrins". Activez la poussée jusqu'à ce que l'information $rs = -0.1$ environ. Ce n'est pas une vitesse de collision, mais à 10cm/s notre énergie cinétique n'est pas dérisoire du tout. GLONK-Ploutchhhh, l'arrimage se produit sans casse, mais vous avez certainement ressenti la secousse ! Passez immédiatement en vue extérieure et focalisez sur le vaisseau habité Soyouz. Immobile au début de cette manipulation, maintenant il s'approche du train spatial. En réalité, c'est nous qui avec notre inertie avons donné une poussée à la station orbitale. *(C'est rigolo, le Soyouz va s'arrimer sans que nous n'ayons rien de plus à faire. Génial non ?)* Bon, il est temps de tirer des conclusions de cette expérience amusante :

- Tout arrimage provoque une modification de la vitesse orbitale de la cible par choc inertiel. La trajectoire de la cible est donc altérée, et ce d'autant plus que la vitesse d'accostage est importante.
- Pour ménager le mécanisme de centrage et celui de solidarisation il faut effectuer l'approche finale à une vitesse relative très faible. Une bonne technique consiste à diminuer la vitesse relative au fur et à mesure que la distance de séparation décroît.

Incident et perte potentielle d'un vaisseau.

Gérer les innombrables systèmes électriques et électroniques qui assurent le pilotage d'un vaisseau exige la disponibilité de ressources électriques de forte puissance. Comme mentionné en Fig.9 de la page 11, les premiers vaisseaux, tant habités que de servitude, utilisaient des batteries assistées de panneaux solaires pour les recharger et ainsi disposer de l'autonomie fonctionnelle durant plusieurs jours. Avec les perfectionnements de la navigation d'une part et la possibilité de recharger sur les ressources des stations orbitales d'autre part, ces appendices fragiles ont été supprimés pour des raisons autant économiques que techniques. Déployer ces grandes ailes n'allait pas dans le sens de la simplicité, sans compter la nécessité d'orienter convenablement le vaisseau. Des incidents techniques pouvaient fort bien empêcher l'extension de ces grandes surfaces délicates. Dans cet exercice élémentaire pour lequel vous allez réutiliser **14) Salyout 6 en orbite.scn** nous allons simplement passer à bord du Progress dont les cellules photovoltaïques vont rester bloquées. Passez en vue intérieure sur les informations de la page **Periscope**. Rien à faire de spécial, juste passer en accélération temporelle maximale de **10000x** et comparer les informations de la jauge électrique **2** et du temps écoulé **1** aux valeurs du tableau donné dans la fiche des **Caractéristiques diverses de Progress**. Notez au passage que **MET** n'est pas vraiment un chronomètre de mission. C'est un simple compteur qui fonctionne dès le chargement de la scène. Il ne sera représentatif du chronomètre de mission que si le décollage est "immédiat" ou si la valeur du paramètre **MET** est ajustée dans le scénario. Notez qu'avec ce type de problème, si la jonction avec la station en orbite n'arrive pas à se faire dans les délais il faut impérativement provoquer la rentrée atmosphérique pour libérer l'espace, avant que le vaisseau ne devienne inerte. Mais dans cet exercice, laissez faire pour observer la lente agonie de notre machine et ainsi tester les conséquences de sa léthargie accidentelle.

Fig.32



Ouvrir la boutique et servir les clients.

Investir dans la mise en orbite d'une machine aussi couteuse qu'un Progress ne se justifie que si l'arrimage est suivi de l'utilisation de son précieux chargement. Autant dans Orbiter déplacer des matériels scientifiques et des caisses de vivre ne présente pas un intérêt prioritaire, autant utiliser les ressources en ergols peut devenir très utile si l'on veut simuler l'exploitation sur le long terme des stations orbitales telles que Salyout ou la belle ISS. Mais cette activité ne sera possible dans le simulateur que si l'on dispose du tableau de maitrise de la "plomberie". Le moment est venu de retourner au magasin et d'approvisionner le matériel indispensable à cet exercice :

- Vous allez sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=4725>,
- Vous téléchargez le fichier **ReFuelMFD-v003.zip** réalisé par **rstarkov**,
- Vous installez de façon classique ce complément et surtout quand vous redémarrez Orbiter vous n'oubliez pas d'aller sur l'onglet **Modules** cocher la case ☒ **ReFuelMFD**.

Pour cette petite expérience sans complication on va utiliser **16) Le train orbital complet.scn** et intégrer **Salyut6_MT** comme si nous étions l'un de ses résidents. La vue interne 2D nous place face au vaisseau habité **OKS** dont on reconnaît les plaques protectrices des panneaux solaires. Allumez l'un des MFD, celui de gauche par exemple. Avec **SEL** imposez **Fuel transfert** qui va nous servir de tableau de maitrise des carburants. Le but de ce didacticiel n'est pas spécialement technique, mais découverte des vaisseaux Russes. Je ne vais donc que "survoler" cette facette des activités en orbite, d'autant plus que **Fuel transfert** MFD est d'une utilisation élémentaire.

Pour ces diverses expériences nous allons utiliser la fiche spécifique relative à l'**Utilisation de Fuel MFD**. Au sol, Baïkonour nous signale que les techniciens ont détecté une pollution du réservoir de carburant suite à une erreur de manipulation lors des transferts à bord. Avant de réapprovisionner les ergols, ils nous demandent de purger entièrement le reste de "fuel" douteux. Nous consultons la check-list relative à **Purge d'un réservoir**. Nous sommes déjà à bord de la station qui ne contient qu'un seul "Tank". Il est rempli à 88.26% ... quel gaspillage ! Tant pis, on va polluer le cosmos environnant. Bouton **VNT** puis quatre fois sur **DN**. Avez-vous vu le débit des pompes ? À peine quelques secondes pour évacuer plus d'une tonne de liquides. Drôlement performant le système ! Maintenant nous allons remplir le réservoir avec des carburants propres apportés par le Progress qui nous le savons est accouplé sur le port n°2 :

TNK > **BV+** > pour **docked vessel 2 of 3**, c'est à dire le **Progress** > **BT+** pour **Tank 2 of 4** > **DN** ... message d'erreur car on tente de transférer depuis un réservoir entièrement vide.

UP deux fois, pas plus, pour avoir le temps de voir changer la couleur sur la jauge de transfert. Avec **[F3]** passer dans le véhicule habitable **OKS_PAO_servicemodule**.

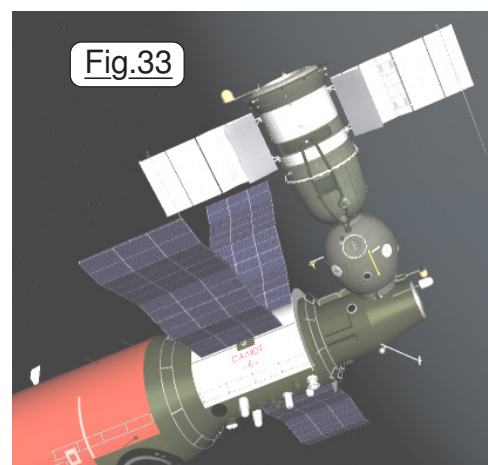
Mince, son réservoir ne contient que 83kg de carburant. De plus, le seul transfert "externe" possible se fait avec le module de rentrée qui ne contient que 40kg et qui en aura besoin.

Avec **[F3]** revenir sur Salyut. Nous ne pouvons nous connecter que sur le module orbital du Soyouz qui lui ne dispose d'aucun réservoir. Bref c'est la Dechsky Panikski !

CONCLUSION : Ne jamais descendre en dessous des 190kg d'ergols sur le module de service du vaisseau habitable pour pouvoir revenir sur Terre.

Comment rentrer à la maison dans ces conditions ?

La situation en orbite est sans issue. La seule façon pour rapatrier l'équipage consiste à envoyer un autre vaisseau habitable ou un Progress en secours qui peut venir se stabiliser à proximité. Il amènera avec lui une tuyauterie de connexion spécialement étudiée pour établir la jonction entre les deux vaisseaux concernés au prix d'une EVA. S'accoupler sur le port d'arrimage n°3 comme montré sur la Fig.33 ci-contre est une fantaisie possible dans Orbiter, mais ne correspond pas à la réalité. Entre la fausse manipulation qui a pollué le réservoir de la station orbitale et la surconsommation hors marge de sécurité sur le Soyouz, il me semble un tantinet prématuré d'aller réclamer pour le moment



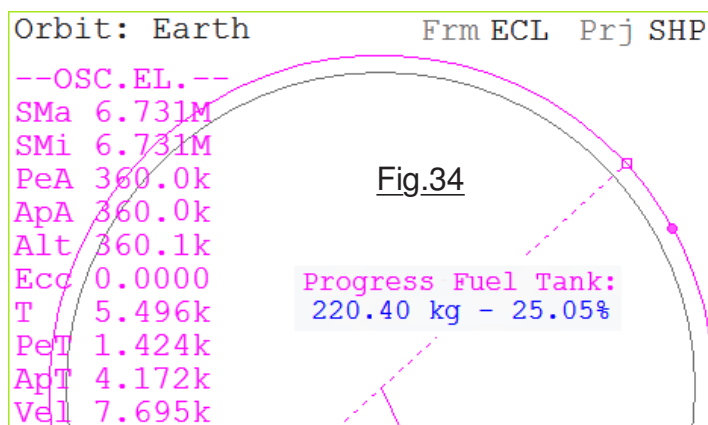
Soyouz, Progress et la station ISS :

Servant de prétexte, ce chapitre va nous permettre de faire connaissance avec les beaux vaisseaux de **thorton** fournis avec la grande ISS dans le fichier **ISS_v3.2_07.09.10.rar**. Avec ce complément nous changeons d'époque. Salyout a été supplantée par des stations orbitales de plus en plus grandes, telle que MIR coté Russe, avec pour aboutissement d'une coopération internationale la gigantesque plateforme modulaire ISS. Dans ce contexte, avec la fin des vols de la Navette, la fin des vols de l'ATV, les vétérans Soyouz et Progress restent d'actualités comme vous pouvez le vérifier en chargeant la scène **17) Replacer ISS sur son orbite.scn** qui débute avec une vue panoramique sur le colossal mécano de l'espace.

Remettre ISS dans le droit chemin.

Totalement autonome, la magnifique ISS dispose de ses propres RCS pour effectuer de petites manœuvre tel que le "KILL ROT" impératif pour les opérations d'arrimage, ainsi que deux moteurs orbitaux pour réaliser les corrections de trajectoire. Tous les jours, les différentes perturbations qu'elle subit engendrent une lente dégradation de son orbite. Les deux moteurs principaux permettent de la maintenir sur sa trajectoire nominale. Mais il n'est pas impossible qu'un jour la motorisation principale ne soit déficiente et que sa réparation ne puisse se faire avant une longue période. Dans ce cas, un vaisseau Progress pourrait servir de poussoir pour la recaler sur ses rails gravifiques. C'est l'objet de cet exercice pas très compliqué. Baïkonour nous a donné pour consigne de replacer la station sur une orbite parfaitement circulaire de 360km d'altitude. La méthode est simple mais va imposer plusieurs manœuvres. Vous savez que pour augmenter la valeur du Périogée ou celle de l'Apogée, il suffit d'attendre de se trouver de l'autre coté de la Terre, et de pousser en mode **PRO GRD**. L'orbite actuelle fait **342.7 x 355.1** km. En théorie, comme il faut remonter les deux valeurs, il suffit de pousser une fois quand on se trouve à l'Apogée, et une fois quand on avoisine le Périogée. Mais la masse à accélérer est considérable et Progress n'est pas une grosse fusée. On doit pousser un long moment. Il faut donc anticiper avant d'atteindre l'Apogée. On allume et l'on observe **PeA** qui augmente. Mais il faut surveiller la valeur de **ApA**. Dès qu'elle commence à augmenter, couper le moteur. Avant de rattraper le déficit sur le Périogée, il faut recommencer deux autres fois. Quand **PeA** commence à avoisiner la valeur de l'Apogée, corriger les deux points à chaque orbites. À la fin, quand chaque paramètre est à **359.8** environ, on termine en une seule brûlure à chacun des points opposés sur l'orbite. C'est plus facile à faire, tout compte fait, que de rédiger les consignes. Inutile entre chaque manœuvres de couper **PRO GRD** car de toute façon le réaligement avant d'allumer consommerait autant que durant le cheminement. Par contre, après avoir achevé le travail coupez ce pilote automatique. La Fig.34 ci-dessus montre le résultat final, mais l'exercice ne sera valide que si vous avez pensé à prendre les commandes de **ProgressM-56** pour cette manipulation ! On notera que cette correction a fait passer la jauge de 574.17kg à 220.4kg soit une consommation de 353.77kg de carburant. Naturellement vous avez utilisé la fiche **Commande des vaisseaux Soyouz / Progress** et vu que pour pouvoir faire usage de **MAIN** il faut au préalable ouvrir le protecteur de tuyère comme indiqué dans la check-list **Commandes du moteur principal**. Vous avez visualisé les paramètres pertinents avec **U**, choisi éventuellement la bonne caméra avec **C**, vérifié la poussée maximale de 619N etc.

Replacer ISS sur ses rails était une urgence, mais maintenant que sa pérennité est confirmée, nous pouvons reprendre des opérations de routine. Avec les laboratoires orbitaux, nous quittons définitivement l'épopée aventureuse où la notion de risque passait au second plan pour s'engager résolument dans l'exploitation rationnelle de cet environnement si particulier que constitue la "microgravité". En constatant que onze fiches sont dévolues à la grande station internationale, vous pourriez penser que l'on va explorer toutes les facettes de l'ADD_ON de **thorton**. Ce n'est pas mon intention dans ce didacticiel. Ce serait "hors sujet" puisque nous abordons ici les machines Soviétiques.



Mais alors pourquoi avoir réalisé toutes ces fiches pour finalement ne pas les utiliser ? Pour deux raisons. La première, tant qu'à avoir exploré toutes les finesses de ce complément, c'est un impératif quand on prétend "tartiner" un tutoriel, autant résumer tout ce que j'ai découvert au cours des heures d'expérimentation. (*Rien ne prouve du reste que tout a été révélé au cours de mes pérégrinations*) La deuxième raison, c'est que les stations orbitales motivent à elles seules la réalisation d'un didacticiel spécifique. Rien que pour ISS il y a largement de quoi rédiger plusieurs pages. je ne peux m'engager à vous fournir un tel document sous huitaine, la vie de famille passe avant tout le reste, et puis avec ce tutoriel je n'ai plus programmé Arduino depuis des mois, ni piloté le B737 ... si ça continue on va m'enlever ma licence ! Ceci étant précisé, quand l'envie de retourner en Orbite titillera mes loisirs, pourquoi ne pas le faire pour un nouveau didacticiel. Les fiches seront alors toutes prêtes, c'est autant de gagné pour la motivation. Avant de retourner à l'Ouest, si on s'octroyait une petite récré ?

Divertissement : Éparpiller ISS !


Pas très raisonnable comme exercice, mais, bien que n'ayant rien à voir avec les vaisseaux et les stations spatiales Russes, je ne résiste pas à l'envie vous proposer cette petite récréation. Pour s'amuser un petit chouilla, on charge la scène **18) Larguer le matos !.scn** dans laquelle ISS est en rotation rapide pour mieux bénéficier du spectacle. C'est du pur vandalisme, nous allons démonter et éparpiller la station ISS. Pour mieux visualiser les effets obtenus les panneaux solaires sont en contrôle manuel pour ne plus s'orienter automatiquement vers le Soleil. Ainsi, seuls les "pétales de notre marguerite effeuillée" seront en mouvement relatif. Les éléments éjectés seront ainsi plus aisément discernables en vue extérieure. C'est la fiche n°5 qui dans le chapitre **Gestion des points d'ancrage** nous livre les commandes à utiliser. Logiquement ces commandes servent à assembler un à un les modules du grand laboratoire. Mais au cours de son histoire, certains d'entre eux ont été désolidarisés pour être ensuite réimplantés sur un autre port. Dans cet amusement, nous allons nous contenter de dépiauter à la volée les éléments "actuels" de la majestueuse station. Une séquence de démontage se résume à peu de chose :

- 1) Avec **[F3]** prendre la commande d'ISS, (*Ou d'un module déjà séparé*)
- 2) Avec **[CTRL] Q** ouvrir le menu d'assemblage/désassemblage,
- 3) Avec **D** sélectionner l'entité à larguer, ←
- 4) Avec **A** libérer le candidat à l'évasion ... proutichhhh, il se sauve.
- 5) Et pi on recommence en **3** tant qu'il y a des "Empty" qui s'affichent ! —

Avant de commencer à tout démonter, passer en vue intérieure avec **[F1]** puis **U** pour afficher les données énergétiques. Vous constatez que le grand panneau solaire P6 fournit du courant électrique. Sur les trois générateurs les valeurs évoluent rapidement, car la station tourne et ils ne sont plus dirigés vers le Soleil. En fonction de l'angle d'incidence, l'énergie reçue est donc très variable. Retour en vue extérieure et à vous la clef à molette mousiforme à clic clic clic.

Notez au passage que la nature et le nombre des éléments à disperser dépend de la configuration d'ISS qui change au cours des années, *c'est à dire directement fonction de la scène utilisée.*

Et vla le travail : Une magnifique chorégraphie cosmique, un tourbillon artistique pour émerveiller nos mirettes d'un spectacle grandiose. Pour l'amusement, par exemple avec **[F3]** prendre la commande de **Strela2** par exemple. Fiche n°6 en main testez les diverses commandes. Glups ... mais tout fonctionne même quand il est débranché ! C'est vraiment du bon matos. (*En réalité chaque élément d'ISS est vu par Orbiter comme un vaisseau indépendant et conserve ses commandes spécifiques*)

Maintenant que ces divers éléments peuvent être sélectionnés avec **[F3]** et que l'on peut les observer à part, c'est l'occasion rêvée pour en découvrir les détails. C'est ainsi que vous pourrez admirer, par exemple, l'intérieur du PMA avec les rampes pour se tenir, les postes de travail CETA1 et CETA2, l'architecture en "dentelle" du MBS etc. Un petit  pour constater que cet élément comporte pas moins de sept points d'accrochages, voilà qui promet bien des manipulations avec cet ADD_ON. Enfin, histoire de voir un fifrelin l'utilité des fiches, avec la n°2 vous repérez où se trouve le module UNITY, puis, conformément aux informations du petit

Hé bé, quand Popolski va apprendre que vous avez tout cassé, il va orbiter une colère qu'elle ne sera pas démontable !



carton au format A5 n°9 vous frappez **[ALT] 1** à **[ALT] 2** et vous observez l'ouverture, ou à convenance la fermeture si vous réitérez les commandes, des protecteurs thermiques de ce caisson. Si vous avez la curiosité de revenir en vue intérieure, P2 n'est plus dans la liste des panneaux solaires actifs. La gestion des paramètres électrique tient compte de la configuration de la station spatiale. Outre l'effet spectaculaire à voir tous ces objets tourner autour de nous, il y a une autre raison à faire tourner rapidement la station spatiale : Si elle ne change pas d'orientation, ou bien le fait lentement, quand on a effectué des libération sur l'ensemble des éléments possibles, une nouvelle "boucle" de démontage produit l'effet inverse, car la commande **A** réalise la liaison de tout objet proche de son point d'accrochage.

M'éparpiller ISS juste pour la cor et graphie mais vous êtes définitivement au périgée de votre intelligence, c'est pas possible ! Vous allez illico me lancer un Sous Youze et me récupérer rapidos tout ce matos et me le remontos !



C'est vrai ça, où allez-vous chercher des idées pareilles !

Livraison à domicile ... Le retour :

Avec un sentiment de déjà vu, nous allons reprendre les vols de servitude vers les étoiles pour avitailler le grand laboratoire orbital. Ce thème a été abordé en page 30 de ce didacticiel. Mais cette fois, c'est avec les machines de **thorton** que l'on va rendre visite à notre résidence du cosmos. Elles sont plus élaborées pour certaines fonctionnalités, et nous n'aurons plus besoin de **Fuel transfert** MFD pour effectuer des transbordements d'ergols. Pour cette découverte nous pouvons réutiliser la scène 17) **Replacer ISS sur son orbite.scn** dans laquelle un cargo Progress est accouplé au **port 1** (**Dock 2**) qui est pourvu des connections hydrauliques pour des échanges fluides. À votre guise vous pouvez opter pour la fiche n°4 qui dans la check-list **Gestion des ergols** nous fournit la procédure à utiliser. Lorsqu'une procédure est élémentaire, c'est à dire qu'elle n'inclus que peu d'items, souvent je préfère un schéma avec rappel des commandes. C'est le cas pour la fiche n°11 qui emporte ma préférence. Nous allons effectuer plusieurs manipulations pour découvrir les diverses facettes d'un avitaillement d'ISS avec l'utilisation de ce magnifique complément.

[F1] > H deux fois pour afficher les paramètres et épurer l'écran.

C pour utiliser la vidéo de **ZARYA NADIR CAM** qui dégage entièrement la droite de l'écran.

Première étape, on va transférer du carburant en interne pour libérer au maximum le seul réservoir apte à recevoir des ergols depuis les ports d'arrimage : **V** pour **LP -> HP**. Puis **[CTRL] F** pour vider entièrement le réservoir LP. (*Gloub gloub gloub ... c'est fait !*)

V pour **None** suivi de **[CTRL] F** : Aucun effet sur les jauges ce qui est assez normal.

V pour **Progress -> LP (port 0)** suivi **[CTRL] F** qui fait afficher **Activated** mais les compteurs restent inertes. Rien d'anormal à ça puisqu'il n'y a pas de vaisseau cargo sur le **port 0**.

[CTRL] T : Les paramètres s'animent confirmant le déplacement du carburant. Si on réitère plusieurs fois la commande **[CTRL] T** nous obtenons des alternances entre évolution des paramètres puis stabilisation de leurs valeurs. Laissez sur **port 1** et un transfert en cours.

[F3] > ProgressM-56 l'information **Fuel Tank** diminue confirmant que l'on fournit à ISS.

>>> Avant de procéder à une séparation, toujours effectuer un KILL ROT sur ISS.
Si pour une quelconque raison on doit ré accoupler la manœuvre en sera simplifiée.

Pompage en cours, provoquer la séparation depuis ISS :

[F3] > ISS > [CTRL] D > ↓ pour sélectionner **Dock 2** > Valider.

Immédiatement **Deactivated** est affiché et le compteur se fige. Heureusement qu'il y a des clapets anti-retour et des mano-contacts sur les nourrices d'approvisionnement !

[F3] > ProgressM-56 > ? pour **continuous** puis **6num** pour s'arrimer. (*Avez-vous pensé à vérifier le mode **LIN** avant d'effectuer la poussée avec les RCS ? Il faut vraiment tout vous dire !*)

[F3] > ISS > [CTRL] F jusqu'à épuisement des réserves du Progress. Les pompes se coupent.

À titre d'exercice transférez en interne l'intégralité de LP dans HP, puis procédez à l'inverse. Vous pouvez ainsi constater que HP se charge à 73,68% alors que LP monte à 89,06%. HP présente donc une capacité plus importante que celle de LP. Pour achever ces petits exercices relatifs aux transferts de carburant, ramenez LP à 50% environ. Il ne faut pas mettre tous les œufs dans le même panier. Imaginez un clapet qui s'ouvre accidentellement sur la nourrice, tous les ergols seraient perdus dans le vide sidéral. Alors qu'avec cette précaution, une EVA permettrait de "réparer la plomberie", suivi d'un transfert interne pour retrouver la pleine autonomie de manœuvre sur ISS.

Faisons nos Emplettes :

Résider dans le cosmos avec vue sur la mer impose comme ici bas de pouvoir respirer, boire, manger ; des facettes si élémentaires dans notre vie de tous les jours que l'on en oublie presque l'aspect fondamental. Mais compte tenu des frais de transport exorbitants pour amener à bon port toutes ces denrées, on se doute bien que le loyer n'est pas gratuit ... il faut travailler. Le Progress transporte une foule de matériels scientifiques et techniques pour donner du grain à moudre aux locataires privilégiés qui en outre doivent assurer la maintenance des locaux. Des caissons de pièces détachées complètent donc la cargaison. Enfin, pour éviter que l'appartement ne devienne une poubelle cosmique, il faut évacuer les déchets, et en particulier les eaux usées. C'est l'objet de ce petit chapitre qui réutilise **17) Remplacer ISS sur son orbite.scn** parfaitement apte à illustrer ce propos. Les manipulations sont assez élémentaires, au demeurant nous pourrions pratiquement nous passer de la fiche n°4 d'ISS qui aborde le sujet dans le chapitre sur le **Transbordement des consommables**. Hop, on retrousse les manches et avec grâce et souplesse on va léviter entre les divers sas et compartiments pour déplacer les nombreuses charges entassées dans cette caverne d'Ali Baba qui vient de s'arrimer au **port n°1**. C'est reparti pour le quotidien orbital, j'ai presque la sensation de réciter ma table de multiplication : *(Fastoche avec le Copier/Coller !)*

[F1] > H deux fois pour afficher les paramètres et épurer l'écran.

C pour utiliser la vidéo de **ZARYA NADIR CAM** qui dégage entièrement la droite de l'écran.

Première étape, transférez le carburant à titre de révision, si Popolski passe dans les environs ça donnera un air studieux et sérieux à vos cliquetis clic clic. Équilibrez également le contenu des deux réserves HP et LP. Transvasez tout ce qu'il y a dans les soutes du Progress avant qu'il n'y ait une nouvelle hausse des tarifs à la pompe ! Passons ensuite aux consommables liquides :

B pour choisir la nature du fluide transbordé. (**Gas** en premier) ←

[CTRL] X si nécessaire pour imposer **port 1**. (*Car le Progress est arrimé au Dock2*)

[CTRL] Y qui fait afficher **Activated** et observer la variation du compteur associé.

Que ce soit pour les respirables **Gas** ou pour l'eau **Water** nous sommes désormais bien pourvus. On a même laissé 25kg d'eau dans le Progress. Ils seront pompés dès que possible, et bien entendu avant de renvoyer le "camion dans ses foyers".

Pour le matériel, il n'y a naturellement pas de jauge avec son ruban lumineux colorié. On se prend par la main, et au travail. Après de multiples vas et vient entre la station et le cargo on range le mieux possible tous ce fatras technotrucmachin dans les placards et recoins possibles à bord. L'entropie augmente, mais c'est la norme ici. Sur l'ordinateur c'est plus facile :

B pour **Equipement (port 1)** suivi de **[CTRL] Y** pour **Activated**,

[F3] > ProgressM-56 : L'information **Equipement** : Diminue confirmant que l'on transpire.

Une fois avoir tout déplacé, tout casé avec plus ou moins de bonheur :

[F3] > ISS > B pour **Waste (port 1)** complété par **[CTRL] Y**,

Quand l'indicateur **Waste** diminue indiquant que les eaux usées passent d'ISS au réservoir du Progress, passer à bord de ce dernier avec **[F3] > ProgressM-56**. (*Je commence vraiment à avoir l'impression de radoter Môamôa*) Arrivé à 100% de la capacité de notre poubelle, 1498kg de fluides usagés ont été vidangés. Mais, revenant à bord, on constate qu'il reste encore 19,38% de déchets dans le réceptacle d'ISS. Rien de tragique. Si vous consultez la fiche relative aux caractéristiques diverses de Progress, un remplissage complet du réservoir correspond à une période de 200 jours de vie à bord de la grande station. Nous avons donc largement 160 jours d'attente possible avant un autre approvisionnement / vidange.

Reste qu'avec un simple clic de souris pour faire afficher **Equipement Activated**, nous avons déplacé 700kg de matériel en 132 secondes. Heueueueu ... alors arrêtez de râler chaque fois qu'e l'on, vous demande de descendre la poubelle de la cuisine au local spécialisé. Imaginez-vous flottant dans l'espace confiné d'ISS, vous cognant sur les structures au moment de croiser le copain qui va pour son compte chercher la spiroulette à tête trifugale à cintrage rectiligne !

Ya jamais personne pour sortir les poubelles, ou pour faire le ménage. La Hi esse esse est devenue une vraie décharge publique, du bazar partout. Faudrait un peu vous grouiller pour me remettre un peu d'ordre et de dignité dans cette foire d'Ampogne. C'est quoi Ampogne d'ailleurs ???



C'est pas une grande marque de parfum Ampogne ???

Réparer une injustice : La station MIR :

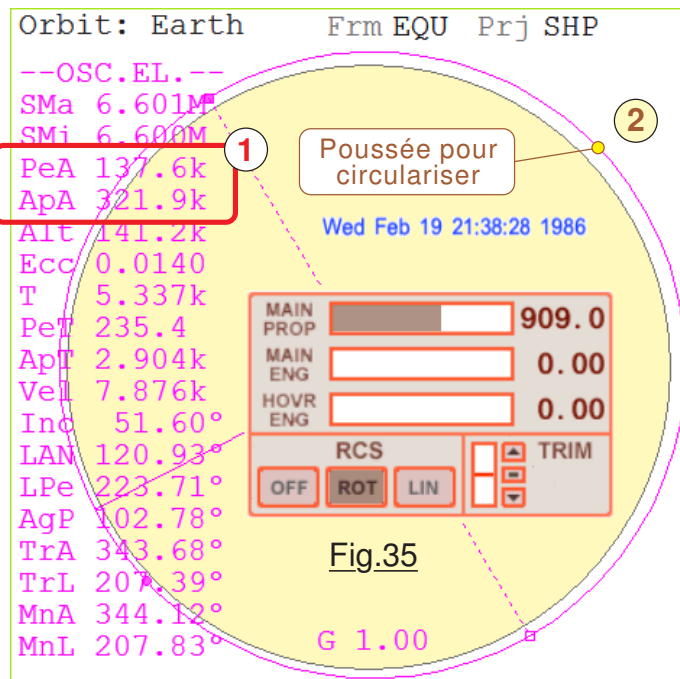
Ayant abordé la découverte des Soyouz et des Progress avec les beaux vaisseaux de **thorton**, par raison de "continuité" du fil de notre exploration, notre cheminement nous a ramené à l'actualité avec la grande ISS. Mais il serait totalement scandaleux d'oublier la mythique station MIR qui fut l'une des plus belles stations mise en orbite par les Russes. Découvrons une superbe réalisation de notre fournisseur du cosmos **thorton**, ADD_ON qu'il faut installer. Je vous suggère de remettre les mains dans la graisse. **ENCORE !!!** Et voui, désolé. Il aurait été plus cohérent de tout installer en complétant les directives de la Page 3. Mais ayant rencontré trop de difficultés, j'ai préféré commencer le tutoriel, repoussant plus avant l'installation de MIR. Il en existe plusieurs versions possibles sur la toile. Pour une raison d'homogénéité je me suis imposé celle de **thorton**, à vous, naturellement, de tester les autres. Commencer par aller sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=2536> et téléchargez **Mir_Station_27.07.08.rar** que vous décompactez de façon classique. Puis petite visite sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=4555> pour s'approprier **Mir_v1.3.1_patch.rar**. Sans que ce ne soit impératif, on peut améliorer l'ordinaire avec **mir_photoreal.zip** qui se trouve sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=3870>. La documentation associée au premier de ces ADD_ON stipule qu'il faut installer encore d'autres compléments, mais je n'en donne pas la liste complète, me contentant ici de n'ajouter que ceux impératifs à cette découverte. Il faut toutefois obligatoirement intégrer le lanceur Proton fourni avec le fichier **Proton_LV_R2.2_01.09.10.rar** que vous trouvez sur http://www.orbithangar.com/search_quick.php?text=Proton&submit.x=0&submit.y=0 ainsi que **Orlan.zip** disponible sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=5953>. C'est suffisant pour ce didacticiel, mais la majorité des CTD pour les scènes fournies avec MIR résulte du fait qu'elles utilisent **TM-8:soyuztma** qui n'a pas été installé. Il suffit d'enlever ce vaisseau des scénarii ou de rechercher le bon fichier sur Internet.

Naissance de MIR :

A l'instar d'ISS, la première station modulaire de l'espace a commencé timidement avec un unique module habitable. Mais l'avenir de ce Mécano cosmique était déjà tout tracé dans son ADN, le caisson mis en orbite étant pourvu sur "son museau" de pas moins de cinq sas d'arrimage. Pour assurer une longue vie à ce gros bébé, il importait en outre qu'il soit relativement autonome pour pouvoir corriger régulièrement les dégradations d'orbite, ce qui exige à bord la présence d'un moteur orbital assez puissant. Mais les sas d'arrimage ne seraient pas utilisables si au moment de s'accoupler, la station cible présente une rotation par rapport à l'Univers. Il faut donc qu'elle soit pourvue de moteurs RCS, pour réaliser aussi bien des KILL ROT et des PRO GRD. Le gros cylindre MIR mis en orbite constitue alors un vaisseau autonome à part entière, avec comme il se doit de grands panneaux solaires pour la fourniture "gratuite" d'énergie électrique. Tout débute avec **C:\ORBITER\Scenarios\Mir Space Station\1. Core Launch\1. MIR Core Launch.scn**. Le 19 février 1986, il fait un froid glacial et la nuit cache la grande fusée magnifiquement érigée sur les installations de lancement. Le compte à rebours est à huit minutes de l'allumage, et pour l'instant tout semble correct. Vous pouvez utiliser un petit **100x** pour écourter la torture, car avec cette scène il n'est pas possible de prendre en main le lancement et d'en modifier l'heure d'allumage. Arrivé en fin de décomptage, tout va bien et la séquence synchronisée déclenche le spectacle. Tout s'illumine dans les environs, et cette fois ce n'est pas suite à une explosion du lanceur. Pour utiliser la magie du simulateur et suivre la fusée dans sa course obstinée : **[F4] > Camera ... > [Track] > Movable target-relative**. Durant le lancement, avec **[F3]** sélectionnez tour à tour les étages **P1**, **P2** puis **P3** du lanceur et ainsi pouvoir admirer en vues extérieure, bien que seules les flammes dominent la scène. Le MFD de gauche n'est pas bien utile en vue interne, autant le couper. Avec **H**, **ORBIT EARTH** me semble plus judicieux. Que ce soit en vue intérieure ou en vue externe, on peut parfaitement voir l'orientation des moteurs verniers qui changent de position quand le troisième étage **P3** est en fonctionnement. Après un décollage à **21:28:22** et trente minutes sur les braises ardentes du stress déclenchant une poussée d'adrénaline au plus petit tuit tuit sur une console, la première phase de mise en orbite s'achève à **21:38:08**. C'est déjà une victoire, nous pouvons faire le thème astral de ce gros bébé de plus de 20 tonnes et de 40m de long. Touche **K** pour déployer les antennes et obtenir les télémessures. L'orbite actuelle n'est toujours pas correcte. On va devoir la corriger avec **MAIN**, et pour ménager les panneaux solaires on les laisse rétractés.

Pérénner l'avenir de MIR :

Promue à un bel avenir, pour peu que les panneaux solaires acceptent de se déployer normalement le moment venu, (*C'est toujours une inquiétude, car ce sont des éléments vulnérables lors du lancement*) il faut maintenant assurer la longévité du laboratoire céleste. En effet, nous pouvons constater en **1** sur la Fig.35 que le Périgée ne fait que 137km. C'est insuffisant pour que la station puisse caracoler durant des mois sans retomber dans l'atmosphère. Au sol on prépare la poussée de circularisation de cette orbite qui doit se faire à l'Apogée en **2**, mais vous savez ça par cœur. Pour expérimenter avec les valeurs de la Fig.35 vous pouvez faire appel à **19) lancement de MIR achevé.scn** qui nous place exactement dans ces conditions. N'oubliez pas quand vous approchez de l'apogée d'imposer avec une bonne anticipation la manœuvre **PRO GRD** qui prend pas mal de temps pour aboutir à la bonne attitude. Comme nous l'avons déjà rencontré, la poussée pour remonter la valeur de **PeA** est longue compte tenu du rapport masse/puissance de MIR. Non seulement il faut anticiper l'allumage avant d'arriver au Périgée. Mais il faudra quatre manœuvres si l'on accepte une imprécision d'un kilomètre. Si l'on désirait plus de précision il faudrait diminuer la durée de chaque correction et en effectuer un plus grand nombre. C'est strictement sans intérêt. Comme nous l'avons vu en page 31, il est inutile entre chaque manœuvres de couper **PRO GRD** je vous suggère donc de le conserver. Pour chaque corrections d'orbite, il faudra allumer quand **ApT** fait ≈ 90 secondes. Vous stoppez le moteur pour chaque poussée quand :

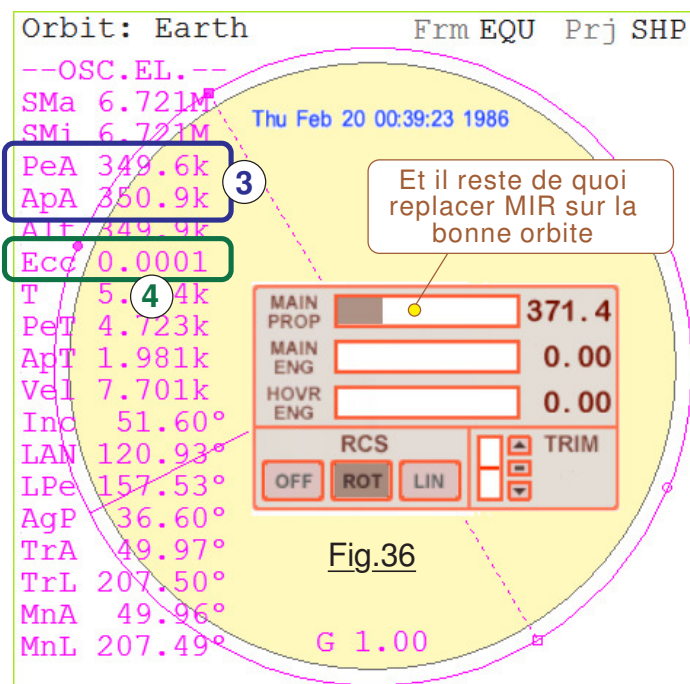


PRO GRD qui prend pas mal de temps pour aboutir à la bonne attitude. Comme nous l'avons déjà rencontré, la poussée pour remonter la valeur de **PeA** est longue compte tenu du rapport masse/puissance de MIR. Non seulement il faut anticiper l'allumage avant d'arriver au Périgée. Mais il faudra quatre manœuvres si l'on accepte une imprécision d'un kilomètre. Si l'on désirait plus de précision il faudrait diminuer la durée de chaque correction et en effectuer un plus grand nombre. C'est strictement sans intérêt. Comme nous l'avons vu en page 31, il est inutile entre chaque manœuvres de couper **PRO GRD** je vous suggère donc de le conserver. Pour chaque corrections d'orbite, il faudra allumer quand **ApT** fait ≈ 90 secondes. Vous stoppez le moteur pour chaque poussée quand :

- **ApA** ≈ 330 km.
- **ApA** ≈ 340 km.
- **ApA** ≈ 350 km.
- **PeA** ≈ 349.6 km.

Quatre manœuvres de correction orbitales.

Comme visible en **3** sur la Fig.36, suite à ces divers allumages nous aboutissons à une orbite de 349.6 x 350.9 km ce qui est très bien. En particulier en **4** la valeur de l'excentricité est cinq fois meilleure que celle de la situation



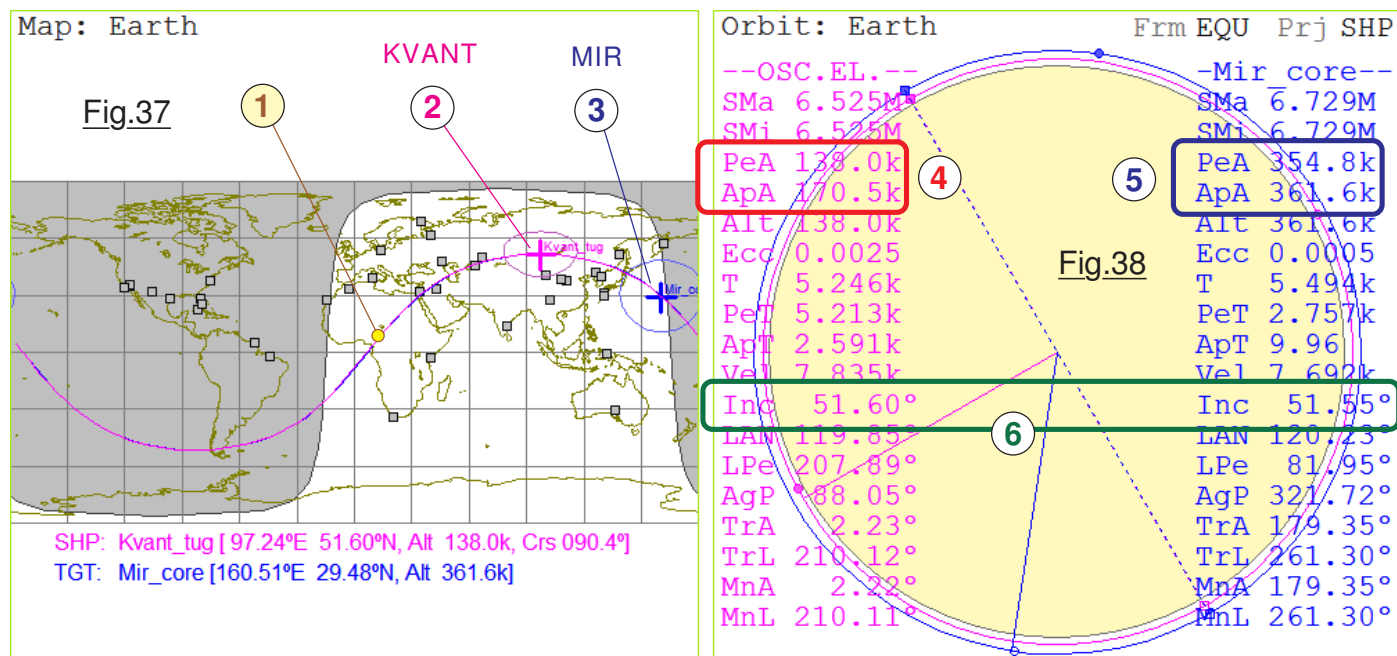
fournie dans l'ADD_ON. Passez en vue extérieure, et attendre que MIR soit bien éclairée. Il ne reste plus qu'à télécommander l'expansion des panneaux solaires avec **G**. Quand la confirmation arrive sur les consoles de maîtrise, à Baïkonour c'est l'explosion de joie. On se congratule. Bientôt un Soyouz va emporter un équipage. Une superbe page d'histoire vient d'être tournée.

Agrandir l'appartement :

Kvant fut le premier module à venir se solidariser avec le laboratoire initial pour augmenter le volume habitable d'une station orbitale. Dans orbiter il est toujours difficile de se faire une idée exacte de la grandeur des stations spatiales et des modules qui les composent. Mais en observant la fiche consacrée à MIR du côté de KVANT, le cosmonaute situé sur le dessin permet de ce rendre compte de l'ampleur de ce caisson. Pour découvrir cet élément à solidariser à l'arrière de

MIR on peut commencer par son lancement. La situation disponible à activer est

C:\ORBITER\Scenarios\Mir Space Station\2. Kvant Launch\1. Kvant Launch.scn et propose le décollage qui se situe de nuit à l'aide d'un lanceur Proton-K le 30 mars 1987. Comme Kvant ne possède pas de système de propulsion, il est associé à un véhicule 77KE (**Kvant_tug**) qui complète la fusée Proton. Le pousueur 77KE est largué une fois que l'amarrage est confirmé. Une fois de plus nous allons nous contenter d'être des spectateurs. Il n'y a rien à faire puisque le lancement est automatique. On peut regarder de l'extérieur. C'est sombre mais l'on distingue assez bien les divers éléments du train spatial qui éjecte un à un les sous-ensembles devenus inutiles. En vue intérieure le choix des MFD ne me semble pas très judicieux. Je préfère avoir à gauche **Map** MFD et sur les deux écrans je désigne **Mir_core** comme cible **TGT**. Ainsi configurés on peut analyser les



caractéristiques de l'orbite en fin de lancement. Sur la Fig.37 on constate en **1** que les deux traces au sol des plans orbitaux sont presque confondues. Du reste en **6** sur la Fig.38 on peut vérifier que l'écart angulaire des inclinaisons orbitales n'est que de 0,05° ce qui est très bien. Non seulement la fenêtre de tir a été parfaitement respectée, mais en outre l'azimut de tir est également très précis. En **5** nous avons les caractéristiques de l'orbite "haute" de MIR. On voit bien que son Ecc = 0.0005 qui est bien cinq fois plus grande que celle dont il était question sur la Fig.36 de la page 36. En **4** nous avons les paramètres de l'orbite actuelle du poursuivant. La méthode pour effectuer la jonction va consister dans un premier temps à effectuer un changement de plan pour rechercher deux inclinaisons **Inc** strictement identiques. Puis, dans un deuxième temps on va circulariser cette orbite. Vous constatez sur la Fig.37 que KVANT en **2** est assez loin de MIR en **3**. Il faut donc synchroniser les mouvements avec la technique déjà abordée en page 19. Notez que plus on effectue la synchronisation sur une période longue, moins il faut de carburant pour réaliser la jonction. Dans la réalité, la fusée Proton a décollé le 31 Mars. L'arrimage s'est effectué le 5 Avril. Mais comme souvent en astronautique un incident sérieux a compliqué le planning et allongé les procédures. Alors que le module n'était qu'à 200m de la station, le système d'amarrage automatique Igla a "perdu" sa cible et Kvant n'a pas ralenti. Il a frôlé MIR à une dizaine de mètres seulement.

Comme les fondamentaux du vol orbital ne constituent pas le but de ce tutoriel, je vous laisse vous débrouiller pour effectuer le rendez-vous. Mais il faudra soigner les manœuvres car Kvant_tug n'est pas un pousueur d'une puissance phénoménale, et surtout la quantité de carburant disponible pour réaliser cette phase de la mission est calculée au plus juste. C'est tout à fait possible sans chercher à faire des miracles, mais précision et méthodes seront vos meilleurs gages de succès. N'oubliez-pas de commencer par **K** pour déployer les antennes indispensables pour réaliser les télémesures. Attendre que l'ensemble soit au soleil pour en vérifier la cinématique. Enfin, notez au passage que c'est Kvant qui est solidarisé avec le troisième étage du lanceur Proton. De ce fait, la mise en orbite place la charge utile en attitude rétrograde. L'arrière du pousueur **Kvant_tug** est le coté conique qui se trouve vers l'avant du mouvement. Alors prenez-en compte ...

Arrimage de KVANT sur MIR :

J' imagine assez facilement que vous puissiez désirer effectuer la finale du rapprochement et l'accrochage sans pour autant avoir à vous agacer avec l'aspect un peu fastidieux du rendez-vous orbital. Pour satisfaire les "frustrés", avec **20) Assembler KVANT 1.scn** je vous livre une scène dans laquelle il ne reste plus qu'à se faire plaisir. Dans le cadre d'une découverte, cette facilité qui pourrait favoriser la paresse me semble tout à fait justifiée. N'oubliez-pas de sortir la sonde d'arrimage avec **K** en prenant le contrôle de **Kvant**. Puis repassez sur **Kvant_tug** pour peaufiner l'orientation et achever l'approche finale. Je vous ai fait un cadeau : Dans la scène, MIR est en fonctionnement de type **KILL ROT**. Auriez-vous pensé à ce détail ?

Amusez-vous bien à revivre le passé ...

Découverte du module pousseur FREGAT :

I mpossible de passez tout ce que la "cosmostique" a développé depuis Spoutnik. Seules les réalisations les plus remarquables ont été abordées dans ce document de présentation. Avec FREGAT on change d'époque. Quand une fusée devient insuffisante pour traiter les charges utiles dont la masse pondérale ne cesse d'augmenter au cours des années, on peut soit lui ajouter des "boosters", (*Augmenter le nombre des moteurs agglutinés au premier étage*) soit compléter le lanceur par un étage de plus au sommet, juste en dessous du "payload". FREGAT appartient à la deuxième approche. Présent dans l'ADD_ON de **thorton**, il serait dommage de ne pas faire le petit détour durant notre voyage spatiotemporel. Pour mieux observer cette belle réalisation dans notre monde virtuel, chargez **21) FREGAT orphelin.scn** qui le situe en plein soleil mais sans charge utile. Sur le plan opérationnel c'est une hérésie, mais ainsi nous pouvons admirer tous les détails de cette machine sans se voir gêné par une imposante charge utile qui en masquerait les subtilités du modèle 3D ou des textures. En bas à gauche de l'écran la ligne d'état. Quand nous sommes en vue extérieure, nous n'avons aucun moyen de savoir si les RCS sont en mode **LIN** ou **ROT**, il faut passer en cockpit 2D. Le changement de configuration avec **/num** est silencieux. Pour le reste, la ligne d'état est bien utile. Repassez en vue extérieure, éloignez la caméra et frappez **[CTRL] D ... OUPS !**

Yapluka rechargervitch **21) FREGAT orphelin.scn**, heureusement que Popolsky n'était pas dans le secteur. Frappez plusieurs fois sur **E**, en bas à gauche on peut savoir à tout moment la valeur nominale de poussée avec le paramètre **Thrust**. Avant de titiller le moteur orbital, imposez **ROT** aux RCS. Puis **4num** et **6num** suivi de **KILL ROT**. On retrouve un comportement tout à fait banal dans Orbiter. Maintenant, testez **2num** et **8num** suivi de **1num** et **3num**. Vous constatez que les allumages des petits moteurs de manœuvre sont complétés par des changements d'orientation de la tuyère du moteur orbital quand on corrige en cabrage ou en lacet. Refaire cette expérience, mais cette fois en vue intérieure. OUAOUououou, quelle belle ouvrage ! Vous pouvez noter au passage que cette machine dispose de réservoirs spécifiques pour les moteurs RCS et pour **MAIN**. Revenir au fonctionnement pour générer des translations avec **LIN**. Seule la commande **6num** reste utilisable, les autres touches sont devenues inertes, conformément aux informations contenues dans la fiche sur **Le module pousseur FREGAT**. Nous allons maintenant observer un peu le comportement de **MAIN**.

C ontrairement à ce qui se passe sur Terre où l'on profite de la gravité pour que les carburants de nos anciennes automobiles et antiques aéronefs soient correctement dirigés vers les carburateurs, en microgravité les fluides s'évalent aléatoirement dans le volume du réservoir. On pressurise avec un gaz inerte pour que les ergols soient chassés vers les distributeurs d'injection. Mais si c'est du gaz qui se trouve proche des orifices de pompage, le moteur ne va pas fonctionner et l'on va perdre le potentiel de pressurisation. Pour résoudre ce problème, on utilise l'inertie. La technique consiste à accélérer légèrement en translation vers l'avant avec les moteurs RCS. Plus denses que le gaz de pressurisation, les ergols sont alors plaqués vers les nourrices de distribution. Pour les vols Apollo cette phase avant allumage du gros moteur était nommée ULLAGE. Passons à la pratique : Déclenchez un allumage avec la commande **+num**. (*Inutile de la maintenir enfoncée, la séquence d'allumage est enclenchée et le moteur va pousser au nominal dès que Ullage sera achevée*) Immédiatement les huit moteurs RCS se mettent en fonctionnement et le chronomètre commence à décompter ses 54 secondes. On peut stopper la séquence à tout moment avec ***num** et le compteur

conservé. Déclenchez à nouveau Ullage. Attention, cette manipulation n'est pas gratuite puisque les réservoirs d'Hydrazine se vident lentement. Quand le plaquage des ergols est complet, le gros moteur déchaîne son enthousiasme et poussera tant qu'il reste du carburant, ou stoppera sur commande d'extinction de votre part avec ***num**. Ici on s'amuse, mais plus tard il faudra absolument optimiser les corrections de trajectoire. En particulier il sera sage avant de déclencher un allumage du moteur orbital de passer les RCS en mode **ROT** pour éventuellement pouvoir corriger l'attitude en manuel. Il faudra aussi avoir anticipé la prise d'une orientation typique de type **PRO GRD** par exemple. Bref, un allumage du gros moteur sera sérieusement planifié et déclenché avec une anticipation de 54 secondes par rapport à l'heure prévue pour le début de la poussée. Tout un programme ...

FIN DE LA VISITE GUIDÉE :

Notre petite promenade dans le cosmos touche à sa fin, et c'est toujours pour moi avec un sentiment confus de regrets ou de frustrations. Il existe une quantité considérable de réalisations disponibles en ligne, toutes aussi intéressantes que celles abordées ici. Quand il a profusion, il faut faire un choix ... et choisir c'est un peu "renoncer". Et surtout, un parfum d'injustice pour ceux qui ont consacré des heures à créer des compléments et qui ne seront pas mentionnés dans ce didacticiel. J'en suis navré, mais je sais que les orbinautes savent chercher sur la toile. J'espère par ce document leur aura donné faim, et qu'ils ne manqueront pas "d'aller chercher fortune ailleurs". L'avenir est devant nous, on peut espérer d'autres tutoriels spécialisés. Par exemple une saga sur les stations orbitales, avec utilisation de **soyuz_guidance-mfd** victime d'une scandaleuse impasse dans ces pages. Tout est possible, de nombreuses pistes sont encore à défricher ... Quoi qu'il en soit, je tiens à exprimer ici une fois de plus mon admiration et mes remerciements pour toutes celles et tous ceux qui nous concoctent de si belles machines virtuelles. Chapeau bas ...

RENDONS À CÉSAR ...

Vous aurez forcément observé qu'une kyrielle de dessins illustrant mes propos sont inspirés de belles gravures disponibles en ligne. Pour tout ce que je publie sur Internet, je ne me rends jamais coupable d'un Copier/Coller. D'une part je reste ainsi totalement responsable, mais aussi propriétaire de mes documents. D'autre part, j'ai toujours une envie d'améliorer ces dessins, soit "pédagogiquement" soit "artistiquement" par usage abusif des couleurs. (*Bonjour les cartouches d'imprimante, heureusement qu'il y a les tablettes !*) En résumé, pour éviter tout problème de propriété intellectuelle, et pouvoir utiliser librement et sans contrainte ces derniers, tous les dessins proposés dans ce tutoriel sont entièrement de mon fait. Certains émergent d'un travail totalement personnel, mais plusieurs sont directement inspirés des magnifiques gravures qui illustrent un ouvrage exceptionnel qui constitue MA RÉFÉRENCE en terme de bibliographie astronautique. Il s'agit de :

L'EXPLORATION DE L'ESPACE.

Sous la direction de **KENNETH GATLAND.**

Préface de **ARTHUR C. CLARKE.**

ENCYCLOPEDIE VISUELLE BORDAS.

C'est vraiment un ouvrage qui sort du rang et dont je ne peux que vous conseiller l'acquisition si par chance il s'avérait disponible. Malheureusement, je ne peux ici vous proposer une source d'approvisionnement, car je possède cette merveille depuis "toujours" et serais bien embêté si je devais citer l'époque et le lieu où j'ai eu la bonne fortune de croiser sa route. **NON, IL N'EST PAS À VENDRE !** Cette petite parenthèse n'a pas un objectif commercial, mais je devais rendre justice à ceux qui sont à l'origine de ce trésor bibliographique.

Que cosmostyk soit avec vousky.

Amicalement : Nulentout.

Houououou lalala, tous ces addonnes compléments truc sur Internet, faudrait un MFD machinsky quyski avec plein plein plein de boutons permettrait clic clic clic de les avoir directsky dans Orbisky.

