

PILOTAGE DES NAVETTES : PERFECTIONNEMENT

Réalisé par votre serviteur Nulentout et achevé le 8 Décembre 2009.

Oser proposer un tutoriel sur la Navette après l'incontournable document **ALLER-RETOUR TERRE / ISS AVEC LA NAVETTE** de notre Ami Pierre relève à la fois de la présomption et confine à de l'inconscience. Non, rassurez-vous. Il ne s'agit en rien de corriger, de compléter ou d'améliorer ce qui reste à mes yeux une référence en la matière. Je désire juste par ces quelques vols particuliers, partager avec vous quelques expériences spécifiques qui n'ont pas été abordées en détail dans le tutoriel de Pierre, qui me semble réservé aux fondamentaux. Ici, par contre, on peut s'égarer un peu sur le chemin des écoliers, et je vous propose d'explorer quelques vols qui vont nous servir à découvrir des facettes peut-être inconnues dans Orbiter. Enfin, séduit par quelques ADD-ON découverts ici et là, j'avais vraiment envie de les "populariser". Cet essai reste avant tout une petite récréation.

Contrairement à ce que je fais dans mes autres tutoriels, je ne commence pas celui-ci par le chapitre indigeste qui consiste à vous expliquer point par point où aller chercher les compléments et comment les installer. Ce passage obligé a été relégué à la fin de ce document. J'ai préféré commencer par tenter de vous appâter, de vous donner envie de me suivre dans les bois, ayant la faiblesse de croire qu'une fois séduit par le propos, vous serez alors encouragé à mettre les mains dans l'engrenage. De toute façon, installer les compléments utilisés dans ce "didacticiel" n'est pas compliqué du tout.

ATTENTION : Il me semble presque indispensable d'imprimer le manuel de pilotage **Livret NAVETTES.pdf**, ou au moins les trois pages qui sont relatives à l'onglet **PROFILS**. J'en profite au passage pour préciser qu'un grand nombre de conseils et de valeurs indiquées dans le document de Pierre ont été résumés dans ce livret. C'est un résumé condensé de "tout" ce que j'ai lu sur le sujet.

Pour clore cette introduction, sachez que les vols seront effectués et expliqués avec les NAVETTES FLEET. C'est un choix "délibéré", car ces vaisseaux sont bien plus élaborés que la belle Atlantis d'origine dans Orbiter. Ils permettent par conséquent des expériences plus "riches". Bon, vous avez été séduit par ce qui suit, alors vous avez installé les compléments nécessaires. On peut commencer.

LE COIN DES DÉBUTANTS

Piloter une Navette durant la mise en orbite, ou revenir sur Terre n'est pas réaliste du tout. Dans la réalité, ces deux phases d'une mission sont totalement automatisées. Il est pratiquement impossible à un humain de gérer un lancement ou un retour en manuel. Trop complexe. C'est exactement la même chose pour mettre en service une centrale nucléaire. Des centaines d'ingénieurs ont élaboré des procédures pour que tout se passe bien et en totale sécurité. Des individus ont tenté un jour de procéder en manuel ... Chernobyl a démontré que ce n'était pas spécialement efficace. C'est exactement la même chose pour lancer une fusée. La seule phase où les Navettes sont prises en main, question de moral et de prestige pour les pilotes d'exception qui sont à bord, c'est la finale à l'atterrissage. Le vaisseau est alors un "Avion presque comme les autres". Il peut être posé en manuel.

Oui, si être acteur de votre destin est votre philosophie, il est légitime de vouloir tout faire par vous-même, Orbiter est très simplifié, et c'est réalisable. Alors il n'y a aucune raison pour passer à coté de ce plaisir. MAIS, avant de prendre les commandes, je vous invite à tout effectuer en automatique. Ainsi, en spectateur on va calmement apprendre à interpréter les multiples informations données par **GPC MFD**. Ce n'est qu'après ce stage obligatoire, que je vous inciterai à passer votre brevet de base en allant en formation sur **ALLER-RETOUR TERRE / ISS AVEC LA NAVETTE**. Vous profiterez pleinement des cours de notre Ami PAPYREF, corrélant ses conseils avec les multiples données disponibles sur **GPC MFD** et ses calculateurs. Pour cette mission très complexe, je vous invite à réitérer le vol historique STS - 31, qui le 24 Avril 1990, a vu décoller DISCOVERY pour placer en orbite haute les 11,11 tonnes de HUBBLE. Cette mission était particulièrement dangereuse, car elle ne permettait pas à l'équipage de se réfugier sur ISS en cas de problème grave à bord. Le contexte était d'autant plus "dramatique" que ce projet avait été retardé de deux ans suite à la perte tragique de Challenger.

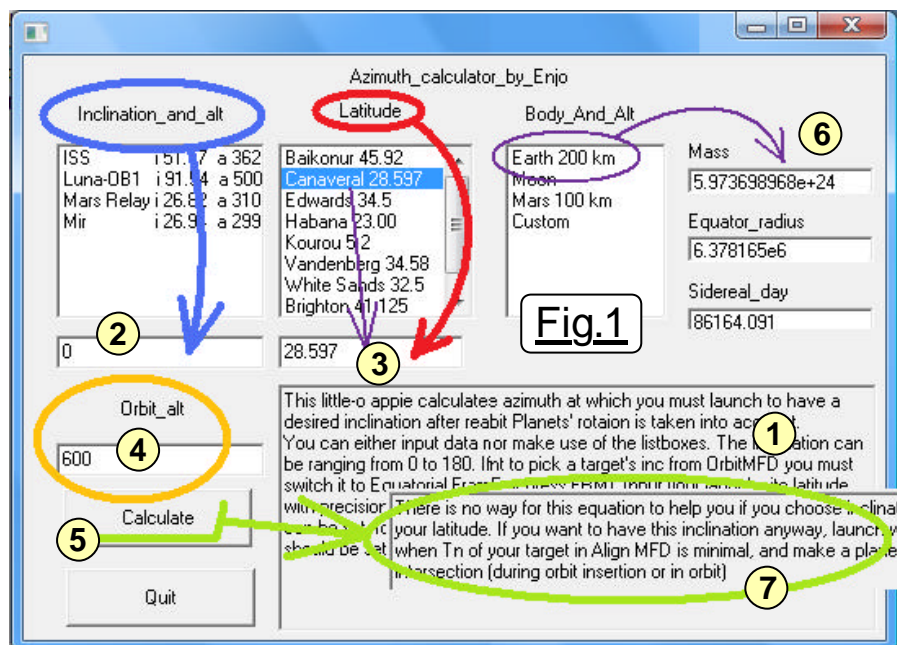
OBJECTIFS DE CETTE MISSION :

- Découvrir le calculateur d'azimut de lancement **azimuth-1.5.exe**,
- Comment intégrer l'azimut et l'altitude du lancement dans une scène d'orbiter,
- Comprendre et utiliser les informations de **GPC MFD** pour gérer une mission.
- Apprendre à utiliser le bras RMS automatisé des Navettes FLEET pour libérer HUBBLE ou le récupérer pour le replacer en soute en vue de le ramener sur Terre.
- Comprendre et utiliser l'outil de pilotage incontournable **ATTITUDE MFD**.
- Utiliser **Auto FCS** pour effectuer un retour atmosphérique et un atterrissage en automatique.

En résumé, ce vol constitue un passage obligé, pour vous rendre apte à la qualification "niveau 2".

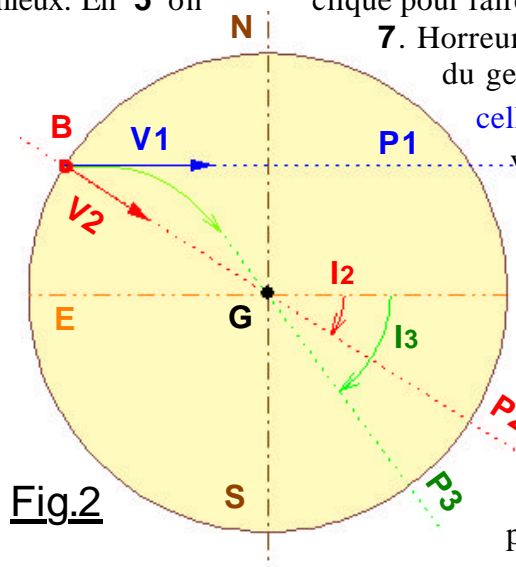
PREMIÈRE ÉTAPE : Calculer l'azimut de lancement.

C'est enfantin, en utilisant le petit programme **azimuth-1.5.exe** que vous activez sans plus tarder. Sa fenêtre s'ouvre comme représenté sur la Fig.1 et présente plusieurs champs de saisie d'information.



L'utilisation de ce petit programme très convivial est élémentaire. En **1**, au départ il se présente. C'est la zone de dialogue dans laquelle il placera les résultats d'un calcul. Pour déterminer un Azimut de lancement, il suffit de renseigner en **2** l'inclinaison orbitale souhaitée par rapport à l'équateur de la planète. Ce logiciel est utilisable pour tout astres dans Orbiter, avec ou sans atmosphère. En **3** on indique la latitude de la base de lancement. Enfin en **4**, on précise l'altitude que l'on désire en apogée suite au lancement. Comme ce logiciel tient compte de la vitesse de rotation de l'astre sur lequel on se trouve, de sa taille et de sa masse,

le temps mis pour monter va forcément entrer en ligne de compte. Il importe donc de renseigner en **6** les paramètres planétaires. Pour nous éviter de rechercher toutes ces informations dans les banques de données d'Orbiter, quand on clique sur une ligne des menus déroulants, comme montré en violet sur la Fig.1, les valeurs associées sont immédiatement instanciées dans les champs appropriés. Si vous voulez en plus rejoindre ISS ou MIR, les inclinaisons équatoriales de ces stations sont également disponibles. Allez, "calculons". En **3** on a placé les coordonnées de KSC, en **4** l'altitude souhaitée de 600km. C'est peu courant d'envoyer la Navette aussi haut, mais des contraintes techniques imposent une telle orbite. Pour de nombreuses raisons, tant astronomiques que techniques, on désirait une inclinaison aussi proche de l'équateur que possible. Alors pas de demi mesure. En **2** on frappe la valeur 0. Coté équatorial il n'y a pas mieux. En **5** on clique pour faire effectuer les calculs et on obtient immédiatement les résultats en



7. Horreur, dans le cadre de dialogue, le programme nous raconte un truc du genre "Il est impossible de lancer avec une inclinaison inférieure à celle de la latitude du pas de tir". Gnarf gnarf gnarf, 🤪 mais c'est

vrai ça, je l'ai déjà lu dans les Papytutorefciels ! Tiens, au fait, pourquoi ça ??? La Fig.2 va nous faciliter la compréhension de ce postulat. Nous nous trouvons sur un astre quelconque, dont la rotation sidérale définit son équateur **E** et son axe de rotation nord /sud **N** et **S**. La base de lancement se trouve en **B**. Supposons que l'on veuille orbiter avec une inclinaison équatoriale nulle, on lance "simplement" vers l'Est avec une vitesse **V1** dont l'azimut de tir est 90°. On espère que le plan orbital sera **P1**. Mais Kepler l'a annoncé il y a bien longtemps déjà : Un objet prisonnier d'un astre d'attraction orbite forcément dans un plan qui passe par le

centre de gravité **G** de cet astre. Du coup, bien que l'on lance avec une inclinaison équatoriale nulle, la combinaison entre la rotation de la planète et sa gravitation vont dévier la trajectoire qui s'achèvera par une orbite contenue dans le plan **P3**. La seule façon d'obtenir une inclinaison minimale va alors consister à tirer dans le plan qui contient à la fois la base, le centre **G** de la planète avec une vitesse qui ressemble à **V2**. Son inclinaison équatoriale minimale **I2**, plus faible que celle de **I3** correspondra alors à l'angle de la latitude de la base **B**. C'est l'une des raisons entre autre qui fait que les nations cherchent à baser leurs sites de lancement le plus proche possible de l'équateur, encore faut-il y posséder des terres et que ces dernières soient utilisables. 🤖 il ne nous reste plus qu'à respecter le choix fait par les décideurs de la mission STS - 31 : Se contenter de tirer à l'angle permis le plus faible, soit 28.597 la latitude du pas de tir, en arrondissant à 28.6, valeur que l'on saisit dans le champ **2**. On relance les calculs en **5** et, triomphalement on récolte nos valeurs en zone **1**. Trois valeurs nous sont délivrées par ce bien sympathique utilitaire. La vitesse orbitale quand on sera à l'apogée, l'azimut de lancement, pour une orbite "montante" ou pour une orbite "descendante". Nous allons effectuer le tir "vers le haut", le plan de l'orbite sera plus favorable à un déroutement en Espagne si un incident grave se produit durant la montée vers les étoiles.

Normalized launch vector = 7149.50 m/s

Launch with azimuth = 89.5424 (ascending), or 90.4576 (descending) degrees.

DEUXIÈME ÉTAPE : Incorporer les valeurs dans le scénario.

C' est d'autant plus facile à faire, que Pierre nous avait donné la recette en page 6 de son tutoriel. Ceci étant précisé, si à l'avenir vous ne voulez pas chercher, le livret sur les Navettes à l'onglet **AZMT** donne les informations explicitant l'utilisation de **azimuth-1.5.exe**. L'onglet **LANCER** en page **5** redonne les informations pour placer les valeurs dans un scénario. Au travail, notre première scène **01)**

```
BEGIN_SHIPS
Discovery:Shuttle
STATUS Landed Earth
POS -80.6247534 28.6196317
HEADING 0.00
PRPLEVEL 0:1.000 1:1.000 2:1.000
NAVFREQ 0 0

OMS
CALLOUT
TGT_HEADING 0.00 0.00
ASSIST 35.164
END
K-LC-39B-v8:Spacecraft\Spacecraft2
STATUS Landed Earth
POS -80.6242555 28.6191222
HEADING 0.00
TGT_HEADING 89.54 600.00
```

Fig.3

STS-31 HUBBLE version v1.scn est volontairement erronée pour ces paramètres. Vous activez un quelconque traitement de texte tel que **Bloc-notes.exe**, et vous allez dans le paragraphe relatif à la Navette qui est repéré en jaune sur la figure 3. Dans la ligne **TGT_HEADING**, cernée de rouge, la première valeur 0.00 impose un azimut vers le Nord, ce qui n'est pas impossible. Mais la deuxième valeur de 0.00 concerne l'altitude de l'Apogée. Dans ces conditions, elle sera rapidement atteinte ! Allez, changez ces "bêtises" par les paramètres corrects, la ligne devient conforme à celle de l'encadré bleu. Sauvegardez la situation, nous sommes maintenant parés pour passer à bord. Vous avez installé Orbiter comme détaillé à la fin de ce fascicule, il n'y a plus qu'à lancer le **Launchpad**, valider les modules MFD et lancer la situation.

On est le 24 Avril 1990, il est 8 h 30 min. On est à 4 minutes du lancement historique, alors il ne faut pas trainer si on veut respecter la réalité. Dehors il fait un peu froid, et dans **DISCOVERY** il y a déjà plusieurs heures que la séquence de tir est commencée. Les longues listes de vérification ont été égrainées, le décollage est imminent. Ouvrez le Manuel de vol à l'onglet **LANCER**. Sauter les deux premières pages, car c'est du "passé". Il est temps de procéder aux derniers préparatifs du vaisseau comme montré en haut de la page 4.

NOTE : peut être que tout le monde n'est pas au courant. Pour ce qui me concerne, c'est notre copain **Dosage** qui me l'a appris et que je remercie ici. On peut assister en direct aux lancements aussi bien des Navettes que ceux de nos fusées Arianes. Voici les liens, c'est absolument à surveiller.

ARIANE : <http://www.videocorner.tv/index.php?langue=fr>

Site Vidéo en direct de la NASA :

<http://playlist.yahoo.com/makeplaylist.dll?id=1368163>

Où bande passante à plus bas débit si Internet "lent" :

<http://www.nasa.gov/multimedia/nasatv/index.html>

Arf arf, ya une Navette qui va décoller. Je vais à donf allumer mon écran plasma, car ils retransmettent en direct sur NASA TV.



PRÉPARATION DE LA NAVETTE.

- **F1** pour vue intérieure et **RCS mode ROT**.
- **[CTRL] F1** pour avoir le menu caméra >
 Track > Movable target-relative.
- **[CTRL] H** pour afficher le HUD > Touche **H** jusqu'à obtenir le mode **SRFCE**.
- **SEL** > **Radio mp3 Panel** > **RAD** > **MOD** trois fois > **OI** pour **always** et **disabled**.

~~Si Atlantis de base est utilisée, GPC MFD ne fonctionne pas correctement. Il faut alors préparer un chronomètre pour afficher MET.~~

- **F4** > **Custom ...** > **External MFD** > **OK** > **SEL** > **clock MFD**. Placer ce module Externe en bas entre les deux autres MFD et le cadrer de façon à ne pas masquer leurs boutons.

~~Si Navette FLEET ouvrir Auto FCS et configurer pour un RTLS :~~

- **F4** > **Custom ...** > **Auto FCS** > **OK** >
- Faire glisser la fenêtre juste au dessus du MFD de droite et vérifier **KSC** et **RW33**.
- ~~Cliquer hors fenêtre et frapper une fois "U"~~

MFD de gauche :

- **SEL** > **Map** > **TGT** > Sélectionner la cible (ISS ...) > **ZM** > **TRK**. (Vérifier en haut à droite)

MFD de droite :

- **SEL** > **Align Planes** > **TGT** > Station ciblée.
- **SEL** > **Orbit** > **TGT** > Station ciblée > **FRM** pour **EQU** > **PRJ** pour **SHP** > **DST** pour **Apa**.

Si le vaisseau est une Navette FLEET :

- **SEL** > **GPC MFD** > **OPS** > **1** pour passer en mode **LAUNCH TRAJ 1**.

LANCEMENT - 3

C'est juste pour avoir le mode caméra que je préfère, à vous d'imposer ici vos habitudes.

Coupe le radar quand on largue le réservoir et pas de musique durant le vol. À vous de voir.

Sauter cet Item puisque on chevauche une Navette FLEET.

Durant ce vol pour "débutants", il n'y aura pas de panne moteur lors du lancement. Il n'est pas utile à notre niveau de compétences de préparer la fenêtre qui configure l'automatisme pour un atterrissage avec déroutement éventuel. Ignorez cette étape qui sera analysée en vol de perfectionnement.

Comme au cour du vol on va utiliser plusieurs MFD, autant tous les configurer à l'avance. Anticiper, c'est le secret du pilotage.

La tension est palpable. On ouvre le pilote automatique de lancement. Il est temps de tourner la page et d'aller à l'onglet **LANCER "FLEET"**.

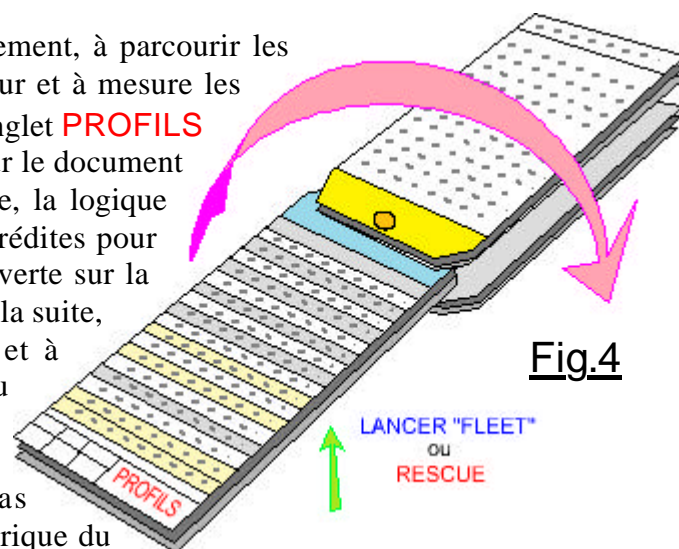


Fig.4

Pour ce vol, le but va consister durant le lancement, à parcourir les pages de **GPC MFD** et d'en décortiquer au fur et à mesure les informations. Parallèlement, le vol sera corrélé sur l'onglet **PROFILS** que vous venez de "dégager". Comme déjà précisé sur le document qui accompagne la réalisation du manuel de pilotage, la logique veut que d'un coté nous ayons la table des valeurs prédites pour le vol. De l'autre coté, comme montré par la flèche verte sur la Fig.4 on a ouvert à l'onglet **LANCER "FLEET"**. Par la suite, on ouvrira les onglets relatifs à **RESCUE** au fur et à mesure des changements de phase du vol. Mais au niveau débutant, on va oublier provisoirement la gestion des pannes. Allez, il est déjà 8h 30 et le temps

UT Tue Apr 24 08:30:07 1990
MJD 48005.3542
Sim 7s FoV 40°

Il ne faut pas manquer l'horaire historique du décollage. Check ouverte page 8-1 on poursuit la litanie du lancement :


- **CTRL X** : On passe en vue extérieure avec **F1** pour voir s'effectuer la purge en O2 des SSME en phase de pré-lancement. Cette procédure permet de maintenir la pressurisation, mais surtout commence à envoyer du gaz froid dans les canalisations qui doivent être refroidies avant d'y envoyer en quantité le carburant. À bord les rythmes cardiaques s'emballent ... dans la salle de contrôle également.

Sur MFD de gauche :

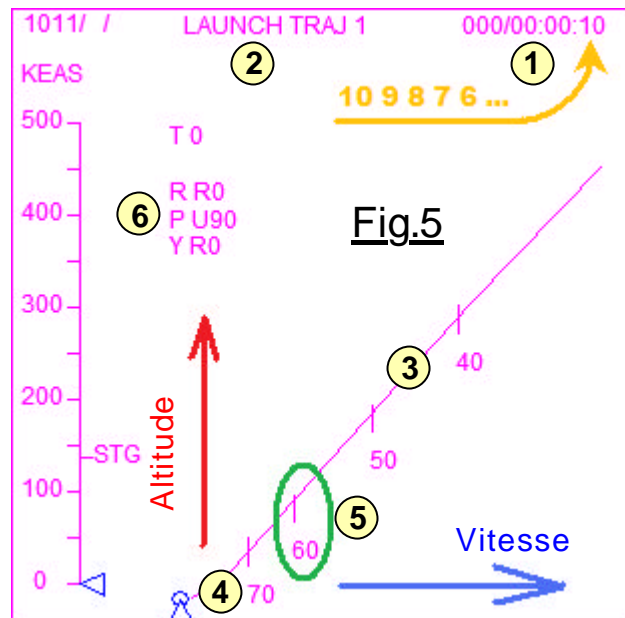
- **SEL** > **GPC MFD** > **OPS** > **6** . **GPC MFD** est un outil de communication avec tous les ordinateurs de la Navette qui supervisent les systèmes et sous-systèmes. Ce MFD spécifique aux Navettes dispose de plusieurs pages que l'on sélectionne avec le bouton **OPS**. La fonction OPS 6 permet d'afficher la page de gestion des moteurs. C'est impératif pour réagir proprement en cas d'incident grave. Nous verrons ça en stage de perfectionnement, mais en toute logique, rien n'interdit de l'activer pour observer ce qu'il nous montre.

Tous les voyants sont au vert, on a l'autorisation de CAPCOM, cette fois c'est la bonne !

Sur MFD de droite :

- **ITEM** > **777** est la fonction qui déclenche le compte à rebours dès que l'on valide cette valeur. C'est la raison pour laquelle si on veut vraiment respecter une mission historique, il faut attendre l'affichage du MJD précis et de l'heure précise du lancement historique pour valider. (Affichés en haut et à droite sur les écrans d'Orbiter) L'invitation  **Vérifier immédiatement que Auto FCS n'affiche aucune donnée ou "U"** ici est sans objet puisque Auto FCS n'a pas été ouvert.

En 1 sur la Fig.5, le décompte à dix secondes commence. Il se complète par le décompte vocal habituel. Dès que l'ensemble commence à s'élever, et que l'on voit "bouger" la tour de servitudes sur le côté gauche en tableau de bord simplifié, cet emplacement va afficher le **MET**, donnée vitale qui constitue la première colonne du tableau de profil de lancement.



C'est quoi MET ??? Un acronyme de la NASA, et ce divertissement va en comporter une grande variété. Donc, quand un sigle vient encombrer ce texte ... onglet **LEXIQUE**, "tout y est résumé". Revenons à l'interprétation de OPS 1. L'information **LAUNCH TRAJ 1** montré en 2 devient immédiatement **ASCENT TRAJ 1** comme visible sur la Fig.6 de la page 6. Ce graphique représente par la courbe 3 l'évolution attendue de la vitesse en fonction de l'altitude. Durant la progression du vol, l'écran change d'échelles et de position sur la courbe pour montrer une autre partie du profil prévu. Le passage en **ASCENT TRAJ 2** est automatique et se produira au moment utile, tant que l'on est sous pilote automatique, c'est à dire qu'on ne le coupe pas avec "B" ou que ne se produit pas un incident moteur. En 4, le petit triangle bleu représente l'index du point figuratif actuel. Ici, tout en bas du graphe, la Navette est à l'altitude zéro et vitesse nulle. C'est normal puisqu'elle piaffe d'impatience, elle n'a pas encore quitté son assise. Le petit cercle bleu représente la prédiction à 20 secondes, c'est à dire où sera le sommet de l'index dans ce laps de temps si les conditions de vol ne sont plus changées. Ceci dit, quand les boosters vont déclencher leur enfer, les conditions vont sacrément changer, le petit cercle bleu va rapidement prendre son indépendance. Des repères tel que celui en 5 encadré en vert représentent des jalons caractéristiques de la valeur du cabrage durant le vol. Autant dire qu'il faut impérativement respecter toutes ces conditions si on teste un lancement en manuel. La zone 6 indique les valeurs des angles de Roulis (R), de Cabrage (P) et de Lacet (Y) avec ici R pour Right, U pour Up et R pour Right. Il est temps maintenant, de faire notre travail de pilote, c'est à dire de corrélérer en permanence les informations disponibles avec les valeurs attendues pour la mission. Vous avez parfaitement compris, qu'il est impossible de lire le didacticiel et de suivre sur l'écran. Avant de

	Orbit: Earth
	--OSC.EL.--
REF	SMA 3.219M
	SMi 513.8k
	PaA 6.330M
	ApA 24.80k
AR	Alt 15.16k
	VEL 993.8
NT	Inc 51.85°
	LAN 173.84°

valider **ITEM** > **777**, il importe d'avoir lu les quelques pages de cet "exercice", et une fois que vous savez ce que vous aurez à faire ... décoller. Tout se passe très rapidement, et si vous n'avez pas pris de l'avance, vous allez courir en permanence en arrière des événements. Alors, avant de monter à bord, il vaut mieux avoir ouvert le manuel de vol à l'onglet **GPC MFD**, et consulté au moins les deux pages 3 et 4 pour savoir ce qui est représenté sur les écrans. Les deux autres pages 8 et 9 sont également à regarder, pour ne pas se faire trop accaparer par toutes ces informations, dont seules quelques unes sont pertinentes à chaque instant du vol. Allez, cette fois on va vraiment se le faire ce décollage, et tout regarder. Au bon endroit et au bon moment. Notez au passage que sur le

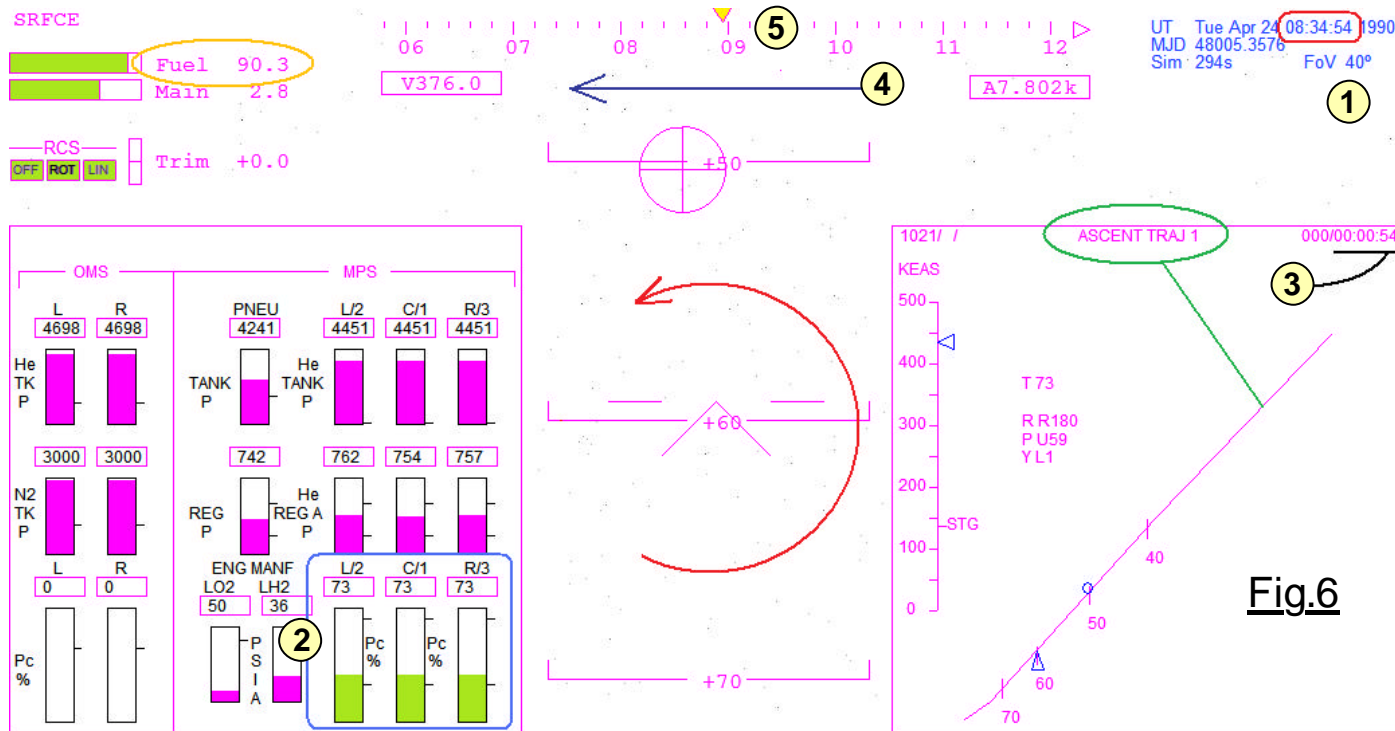
MFD de gauche, on devra de temps en temps changer de représentation, quitter les moteurs pour l'écran **Orbit** qui permet d'avoir la valeur de l'Apogée actuelle, et de surveiller l'inclinaison orbitale **Inc**. Bref, il faut tout surveiller à bord.

NON, NON et NON ! Comment il faut vous le dire ! ON NE DÉCOLLE PAS TANT QUE L'ON N'A PAS TOUT VU, TOUT COMPRIS, TOUT ASSIMILÉ. Le prochain qui titille le bouton de **ITEM** > **777** sans avoir lu ce chapitre, **JE LE VIRE ILICO DE L'ÉCOLE !!!!!**

Rassurez-vous les copains. Il a l'air très mauvais comme ça l'instructeur, mais au fond, c'est un brave nounours.

ARRÊT SUR IMAGE : Que va t'il se passer ?

Sur la Fig.6 nous allons relater les premiers moments du décollage. Le manuel de vol est ouvert convenablement, **777** est saisi dans la fenêtre de **ITEM**. Comme vous avez l'intention de décoller exactement à l'heure H historique du vol STS-31, (H pour heure, H pour historique, ça fait H au carré ! 😊) vous attendez d'être à exactement 10 secondes du lancement en **1** pour valider. Compte à rebours, montée en puissance en **2** des moteurs principaux. (Cadre bleu) Quand la pression dans les chambres de combustion atteint 80%, c'est la mise à feu des boosters. Immédiatement, la portance est positive, et débridée de son support, la Navette et son encombrant réservoir commencent à monter. Top chrono, le compteur **MET** en **3** débute son incrémentation. À ce stade, ceux parmi vous qui sont victimes de strabisme divergent seront avantagés, car il faut bloquer une mirette sur l'écran vidéo, et l'autre sur les lignes du manuel de vol. Dès que le vaisseau a dégagé la tour de lancement, il effectue une rotation en roulis pour s'orienter vers l'azimut programmé. On voit alors les étoiles tourner autour de **^** comme symbolisé par la flèche rouge sur la figure 6. Par contre, le compas en **4** ne tourne pas ??? C'est normal, car il indique la direction et le sens du vecteur vitesse. Comme la Navette est en train de monter à la verticale, elle ne se dirige pas plus vers Paris que vers Rome. Donc pas de réaction sur la rose des caps. Sans tarder, dès que l'orientation en roulis correspond à l'azimut prévu, le vaisseau va "cabrer" pour pointer son museau vers l'Est. C'est à ce moment là, que brusquement le vecteur vitesse prend une direction précise et que le compas s'affole en rotation comme représenté par la flèche bleue. L'index **5** du HUD se stabilise rapidement à la valeur imposée au P.A. qui est pour ce vol de 89,54°.



Vous allez constater durant le déroulement des opérations, que la puissance sur les MPS n'est pas constante mais varie au cours du vol. C'est l'un des points faibles du tableau **PROFILS**, j'aurais dû y faire figurer les valeurs en fonction de MET. Je propose aux fanas du pilotage manuel, de noter ces paramètres lors d'un lancement, pour ensuite les respecter quand ils prendront les commandes en main.

Il me semble important à ce niveau de narration, de faire avec vous la part des choses, entre ce qui relève des causes, et ce qui en traduit les effets. Piloter, c'est agir sur les causes en vue de faire

correspondre les effets à nos désirs, c'est à dire au respect des paramètres de la mission. Vitesse horizontale, Altitude, Inclinaison orbitale, valeur de l'Apogée sont des effets, on ne peut pas agir dessus. Pour les obtenir à des valeurs convenables, on doit focaliser sur le Cap en **5**, dans une moindre mesure sur la puissance en **2** et **SURTOUT SUR LE CABRAGE**, sachant que Roulis et Lacet seront maintenus au neutre presque tout le long. (Sauf pour le retournement avant de larguer le réservoir extérieur) Vous comprenez maintenant pourquoi sur la courbe **TRAJ 1** on a fait figurer les valeurs particulières de 60, 50 etc ?

CONCLUSION : Le beau tableau de **PROFILS** est bien pour corrélérer un vol, pas pour le conduire. Pour ceux qui veulent maîtriser en manuel, il faut vous en faire un (en notant lors d'un vol automatique) en y faisant figurer les "paramètres de type causes" : **MET** / **CABRAGE** / **Poussée** ainsi que les données à obtenir en priorité comme Altitude, Vitesse, "cabrage du vecteur vitesse" ...

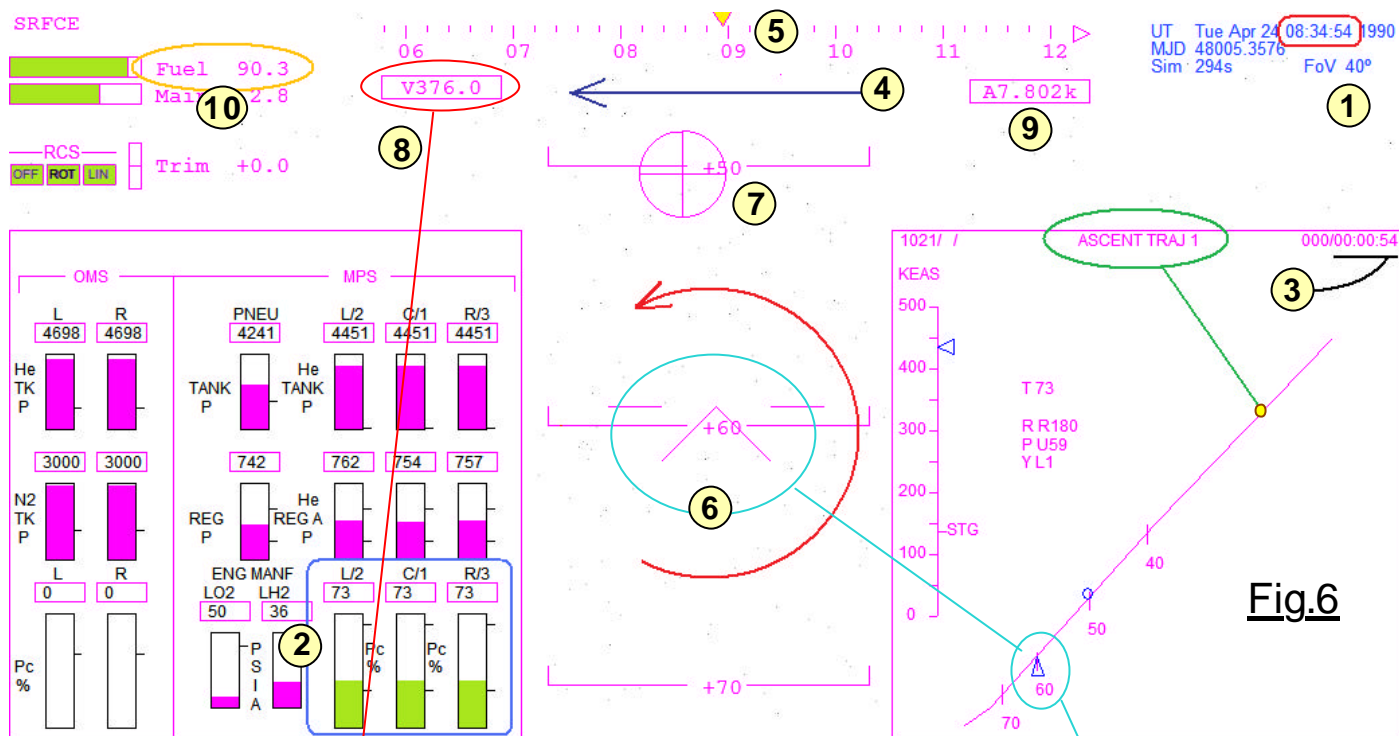


Fig.6

Valeurs enregistrées pour **TGT_HEADING 44.5 250**.

Si une panne moteur survient durant les quatre premières minutes : Retour vers la base par un RTLS ou réaliser une procédure ECAL.

MET	⤴	⊕	Vitesse	▲	Fuel	ApA
00:10	+86°	+88°	49 m/s	296 m	97.3 %	400 m
00:15	+81°	+82°	77 m/s	616 m	96.3 %	915 m
00:20	+79°	+76°	109 m/s	1.07 k	95.4 %	1.63 k
00:30	+73°	+68°	179 m/s	2.40 k	93.6 %	3.80 k
00:34	Marqueur 70° sur courbe ASCENT TRAJ 1					
00:40	+66°	+60°	257 m/s	4.37 k	92.1 %	6.89 k
00:50	+61°	+54°	345 m/s	6.83 k	90.8 %	10.8 k
00:53	Marqueur 60° sur courbe ASCENT TRAJ 1					
01:00	+56°	+48°	450 m/s	9.92 k	89.5 %	15.7 k
01:10	+51°	+44°	589 m/s	13.6 k	87.6 %	22.2 k
01:10	Marqueur 50° sur courbe ASCENT TRAJ 1					
01:20	+44°	+40°	769 m/s	18.2 k	85.7 %	30.7 k
01:26	Marqueur 40° sur courbe ASCENT TRAJ 1					
01:30	+37°	+35°	991 m/s	23.5 k	83.9 %	40.9 k
01:40	+29°	+31°	1.25 k	29.6 k	82.0 %	51.8 k
01:50	+21°	+26°	1.54 k	33.3 k	80.2 %	36.3 k
01:59	PC<50					
02:00	+16°	+22°	1.80 k	43.5 k	78.3 %	69.9 k

Non, ce n'est pas une erreur, c'est toujours la Fig.6 clonée pour ne pas avoir à tourner constamment la page. Que prédit le tableau à **MET 00:54** ?

On doit arriver au marqueur de 60°, ce qui est le cas comme on peut le vérifier sur la courbe, et sur le HUD en **6**. Par contre, le vecteur vitesse **⊕** en **7** n'a qu'une inclinaison de 50° par rapport à l'horizon. Forcément, il se modifie avec pas mal de retard, car il faut pousser longtemps dans une direction pour voir l'inertie du vaisseau se plier à nos exigences. La vitesse est actuellement de **376 m/s**, ce que l'on constate sur le HUD en **8**. Plus de Mach 1 déjà ! C'est la caractéristique des fusées à poudre de complément. Sacré moteur, 1 km départ arrêté en 20 secondes ! Sur Ariane c'est pareil, on atteint promptement des vitesses hallucinantes. C'est aussi pour cela qu'il faut rapidement sortir de l'atmosphère et éviter de l'échauffement cinétique et un freinage bien inutile. Vous avez compris je pense que l'Altitude en **9** et la réserve de carburant en **10** sont également des valeurs à "strabiser". De temps en temps, on commute le MFD de gauche pour se rassurer concernant **Inc** qui assez rapidement va s'approcher de

nos désirs. La valeur de l'apogée au début n'augmente pas de façon vertigineuse, c'est qu'il faut absolument atteindre les 7000 m/s en composante horizontale comme l'a prédit le programme **azimuth-1.5.exe**. Sur le tableau des valeurs, les fonds de page en gris ne sont là que pour surligner une ligne sur deux et en faciliter la lecture. Par contre, les lignes mises en évidence en jaune correspondent à des **Événements attendus**, donc à surveiller avec attention. (Soit pour les déclencher en manuel, soit pour vérifier que tout est conforme aux prévisions) Dans cet ordre d'idée, à **MET : 01:59**, on voit s'afficher l'information **PC<50** sur **GPC MFD**. Elle signale que les capteurs de pression des SRB détectent une valeur <50 psiet

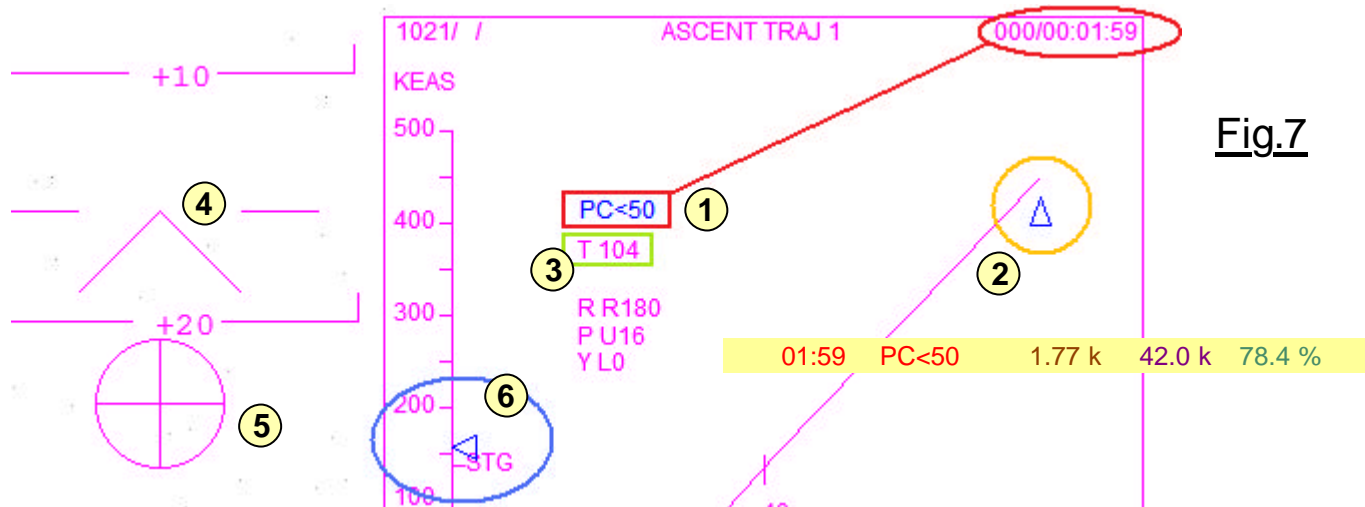


Fig.7

que la séquence de leur séparation est activée. Cet événement était bien catalogué dans le profil de mission. OULP ! En 2 on observe que pour la vitesse actuelle, la Navette n'est pas à la hauteur prévue. À CAPCOM c'est la crise. Les spécialistes cogitent ... Mais non, c'était prévu, et on poursuit normalement !

(En fait, chaque mission devrait dans GPC MFD introduire le vrai profil qui est spécifique. De plus, j'ai bien surchargé le vaisseau avec les 11 tonnes de charge utile. Alors, Orbiter qui est un modèle forcément simplifié de tout le processus se décale un peu. C'est normal)

Du reste on peut vérifier en 3 que les MPS sont toujours à 104%, que le cabrage en 4 est nominal et que le vecteur vitesse en 5 reste globalement conforme en prévision. Par contre, en 6 on remarque que la **vitesse indiquée** diminue régulièrement, alors que le HUD persiste en nous informant d'une augmentation bien résolue. C'est également parfaitement normal. En effet, la **vitesse indiquée** est issue d'une mesure de pression dynamique de l'atmosphère. Comme l'air devient de plus en plus ténu, le capteur de vitesse est de moins en moins influencé. C'est du reste la même chose sur les avions. L'indicateur de vitesse devient de plus en plus pessimiste quand l'appareil prend de l'altitude. (Il est question ici des indicateurs fonctionnant par capture de pression extérieure à l'aide d'un tube de Pitot, et non des informations calculées au moyen d'un récepteur GPS) tout va

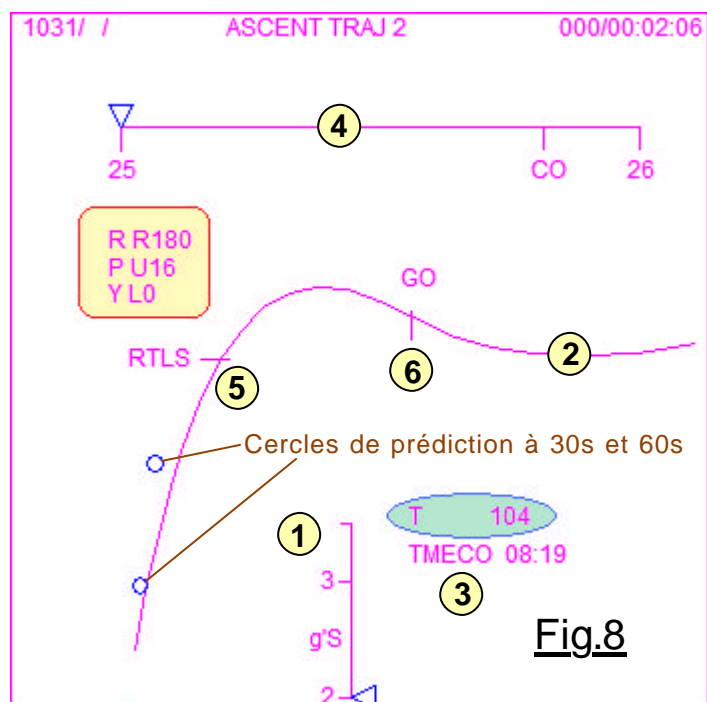


Fig.8

01:59	PC<50	1.77 k	42.0 k	78.4 %
02:00	+16° +22°	1.80 k	43.5 k	78.3 % 69.9 k
02:04	Séparation des boosters			77.5 % 71.5 k
02:20	+18° +17°	1.93 k	56.3 k	77.6 % 76.8 k

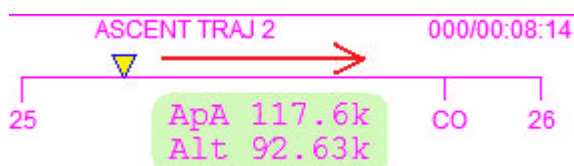
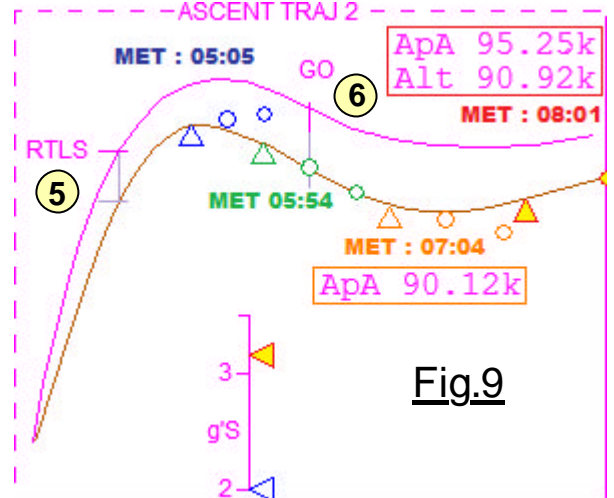
bien, poursuivons notre vol. Cinq secondes après le texte **PC<50** c'est la séparation des gros cigares. À bord c'est une source de soulagement. Outre qu'ils font tout vibrer, on n'aime pas trop leur présence. **GPC MFD** passe automatiquement en **ASCENT TRAJ 2**. (Sauf si vous rechargez une situation) L'apogée actuelle est déjà de 70 km. On voit sur la Fig.8 qu'il y a maintenant deux cercles de prédiction. Un pour 30s l'autre pour 60s. En 1 une échelle permet de surveiller la valeur du facteur de charge exprimé en G. Pour les Navettes, il ne faut pas dépasser 3G. En 2, la courbe du profil de mission montre qu'à un moment, on va cesser l'ascension et piquer. Tout simplement

parce que le but prioritaire à ce stade n'est plus de prendre de l'altitude. Étant hors atmosphère dense, ce qui importe maintenant c'est la vitesse horizontale. Il faut impérativement atteindre les 7000 m/s. Vingt et une fois la vitesse du son ... et il n'y a plus les SRB. En comparaison les moteurs principaux MPS sont poussifs. Pour augmenter la composante horizontale du vecteur vitesse, on ramène progressivement le cabrage à zéro. Du coup, l'altitude va se dégrader un peu. OK, c'est prévu, donc pas de souci. Par contre, ce qui ne se voit pas forcément, c'est que les échelles sur ce graphe ont changé. Éch. horizontale 5000 à 26.000 ft/sec. Éch. verticale de 140k à 525 kft. Encerclé en bleu on a le % de fonctionnement des SSME et dans le cadre rouge les valeurs de l'assiette. En **3** un rappel de la valeur prévue pour **MECO** en minutes et secondes à partir du décollage. (*Arrêt des SSME*)

Durant un lancement, une fusée doit être totalement autonome, pas question d'utiliser des informations venues du sol pour informer son pilote automatique. (*Pas le temps*)

Il y a à bord une (des) centrale inertielle qui mesure en permanence les accélérations sur trois axes orthogonaux. Par du calcul en temps réel, on en déduit alors la vitesse sur ces derniers et la vitesse totale. En **4** est représentée une échelle de vitesses dont l'information est issue de la centrale inertielle par calculs. Les valeurs sont à multiplier par 1000 et exprimées en ft/s. Les limites sont donc 25000 à 26000 ft/s. Le **CO** indique la vitesse où les SSME sont stoppés car on a obtenu la vitesse nominale : **MECO**. Mais on n'y est pas encore. Figurent sur la courbe du profil de mission **2** deux "points" particuliers. En **5** le RTLS. Arrivée à cette phase, la Navette possède suffisamment de vitesse pour aller se poser de l'autre côté de l'Océan en cas de problème grave. Le niveau de dangerosité diminue d'un cran. OUF, c'est pas gagné, mais déjà il n'y aura pas à faire demi-tour si un moteur flanche.

En **6**, **GO** marque une frontière. En dépassant ce point, le couple Altitude/Vitesse permet d'envisager une mise en orbite même si un SSME tombe en panne. On pourra effectuer soit une AOA, soit une ATO qui sont toutes les deux moins pénalisantes qu'un déroutement sur l'Espagne. La Fig.9 représente l'évolution de notre trajectoire tracée en marron, entre 5 et 8 minutes après le décollage. On voit que la courbe suivie présente un déficit d'altitude d'environ 10km. C'est bien déroutant, mais relatif au fait que **GPC MFD** utilise un dessin identique pour tous les vols, et comme déjà expliqué, celui-ci est très particulier. Ceci dit, les points RTLS et GO restent valides, car ce n'est pas l'altitude qui est prépondérante, mais la vitesse représentée horizontalement. Du reste, à 06:30, le P.A. va compenser en augmentant le cabrage à des valeurs plus grandes que celles du tableau du manuel qui a été enregistré lors d'un vol plus banal vers ISS. Aux MET de 5, 6 et 7 minutes, la situation semble bien dramatique, mais c'est comme toujours vers la fin d'un lancement que l'orbite brusquement change d'amplitude. Par exemple, vers **MET de 8:01**, on constate que brusquement l'accélération grimpe, on dépasse 3G comme visible sur la figure 9. C'est une conséquence



du fait que les moteurs poussent toujours aussi fort, par contre, la masse de carburant diminue, le vaisseau s'allège. Du coup, en quelques secondes, à MET 08:14 (Voir la copie d'écran ci-contre) brusquement la vitesse "inertielle" grimpe en flèche et le curseur sur l'échelle s'affole. En un trois fois

rien, c'est le CUT OFF. Trop tard ... on a dépassé !!! En effet, sur la Fig.10 qui montre le MFD en mode **Orbit** sur lequel j'ai "paché" un concentré de GPC MFD, on voit qu'à MET de 09:48, le lancement est terminé, le réservoir extérieur est largué et l'on poursuit notre ascension sur la vitesse acquise tracée par le vecteur rouge. En quelques secondes l'Apogée a grimpé à 776 km, (Mis en évidence dans l'encadré rouge) alors que le programme du pilote automatique prévoyait 600 km. Notre vitesse actuelle est de 8015 m/s bien supérieure à celle indiquée par **azimuth-1.5.exe**. Mais c'est normal. On est actuellement au périégée de notre trajectoire, et le fait de continuer sur notre lancée va faire augmenter l'altitude, mais diminuer la vitesse. Si on a dépassé, c'est qu'en fin de combustion, il faut peu de chose pour modifier considérablement l'orbite. Si le P.C. est un peu poussif, la réduction de poussée se fait un "chouilla" trop tard, et à nous les km en plus. Bon, qui peut le plus, peut le moins. L'inclinaison **lnc** fait 28.62° alors que l'on avait effectué le calcul pour 28.60 ... PAS MAL DU TOUT ça, bravo à l'équipe **azimuth-1.5.exe** et P.A. des Navettes FLEET. 🍵 Si vous constatez **lnc** = 51.86, ne sautez pas au plafond

de colère. C'est une punition. Vous avez dans les check-lists oublié de modifier **Frm** qui est resté en mode **ECL** au lieu de donner l'angle pour l'équateur, erreur visualisée dans l'encadré vert.

L'équipage à bord commence à se détendre, car les phases les plus dangereuses d'un lancement sont dans le sillage. Mais il reste encore le risque de brûler dans l'atmosphère, car on voit bien dans l'encadré vert que le Péri-gée est bien trop bas. Le travail n'est pas terminé. Pour ceux qui désirent reprendre la mission à ce stade, la scène 02) **Fin de lancement** Alt env 110k.scn

vous placera dans la situation de la Fig.10 sur laquelle on peut voir que le "titre" de **GPC MFD** a changé, traduisant le changement de mode d'affichage sur ce dernier. Normalement, si vous suivez convenablement le profil de lancement, à

MET 09:02 vous avez frappé **[Ctrl] J** au clavier comme le demande en rouge la ligne de cet instant. Les trappes des cordons ombilicaux sont refermées. Reprise du manuel, et attendre que nous soyons à l'altitude de 150 km. On ouvre la soute, ce qui permet ensuite d'établir les communications avec l'antenne à grand gain en bande Ku. Surtout, on peut déployer le radiateur, sans compter que les panneaux solaires vont

- Dès l'altitude de 150 km atteinte, ouvrir la soute avec **K**,
- Déployer les radiateurs avec **[Ctrl] L**,
- Déployer l'antenne Ku avec **[Ctrl] U**.
- Arrivé à l'apogée : circulariser l'orbite.

595 km

temps devant nous. À bord on s'active. On passe en revue une foule de paramètres, on vérifie surtout que les vibrations générées par les SRB n'ont pas endommagé notre gros bébé en soute. Bref, ce ne sont pas des vacances. OK, HUBBLE se porte bien, il a parfaitement résisté au stress du lancement. On a l'autorisation de CAPCOM pour les changements d'orbite.

PREMIÈRE MÉTHODE pour corriger l'orbite :

En fin de manoeuvres, on désire avoir **PeA** = 595.5 km et **ApA** = 611.1 km.

La première idée qui vient à l'esprit consiste à engager deux actions :

- Circulariser l'orbite quand on sera à 595 km,
- Corriger ensuite l'Apogée à 611.1 km en mode PROgrade.

Mais il faut rester prudent et effectuer une détermination des consommations.

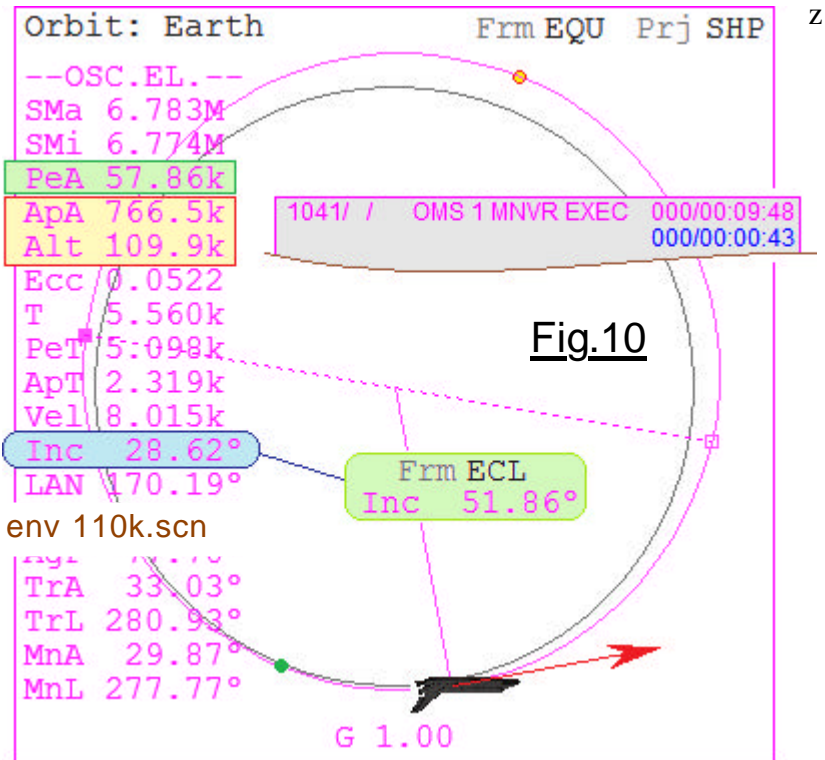
En fin de lancement, il nous reste 99.4% de carburant, car une petite partie a été consommée par la manoeuvre d'éloignement à la séparation du réservoir. Il est évident que cette poussée avec les RCS puisait sur le réservoir interne qui alimente tous les moteurs. Ouvrez le manuel à l'onglet **RETOUR**. On constate que pour revenir sur Terre quand on sera à 600km, il faut 21%. On se donne une marge de 4%, comptons donc 25%. Interdit de consommer plus que $99.4 - 25 = 74.4\%$

Une étude avec IMFD 5.3 montre que pour effectuer la circularisation, il faut un BT de 600 secondes environ. On peut en déduire avec le chapitre sur **CARACTERISTIQUES DES OMS**, que la circularisation va consommer la bagatelle de $600 / 14.19 = 43\%$. OK, on est large, et il restera plus que le nécessaire pour redescendre l'apogée. Ya PLU KA FOCON :

Attendre 595 km puis sur le MFD de droite par exemple, ce qui laisse **Orbit** à gauche:

SEL > Interplanetary > MNU > Orbital > Cir > AB.

On constate que notre bel oiseau pique du Nez, il regarde franchement vers le bas. C'est normal, **IMFD** cherche à circulariser à l'altitude actuelle. Comme il sait que l'apogée actuelle est plus



élevée que notre hauteur, il fait plonger le museau vers le bas pour compenser. Horreur, comme la circularisation prend beaucoup de temps, lentement "la valeur actuelle de circularisation" augmente. **IMFD** ne sait pas anticiper, il se préoccupe surtout de l'excentricité. Résultat, lorsque **Ecc** = 0.000, on se trouve bien trop haut. Rayon orbital 678 km. Il suffit de réduire successivement le périégée puis l'apogée avec les méthodes classique, et tout compte fait, on finit avec 57.1% dans le réservoir. Comme il nous en faut 25% pour revenir, on va pouvoir faire du marché noir. Tout va bien.

NON, NON et NON ! 🤨 🤨 🤨 Ce n'est pas du travail ! ON N'EST PAS A LA MATERNELLE ICI. C'est un stage de PERFECTIONNEMENT. PAS QUESTION DE GASPILLER L'ARGENT DU CONTRIBUABLE !!!!! **Dans l'ESPACE ON OPTIMISE LES CONSOMMATIONS !!!** 💰💰💰

Il a beau dire Nulentout que c'est un brave nounours l'instructeur, quand il se fâche, c'est chaud.

DEUXIÈME MÉTHODE pour corriger l'orbite :

Quel est le phénomène qui a engendré du gaspillage de fuel ? 🚫💰

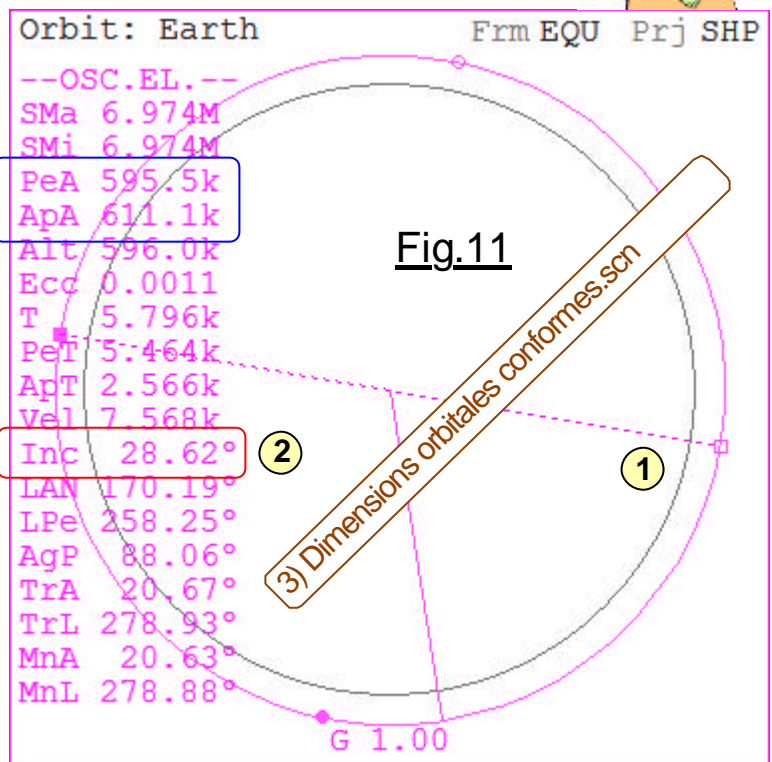
OK, après le viron que l'on vient de se prendre par Popol, personne ne va oser répondre. 🤨)))) **Pfff**
C'est en fait assez simple à comprendre. Chaque

fois que pour corriger une orbite on freine, ou l'on pointe vers le bas pour diminuer l'altitude, on gaspille de l'énergie, c'est à dire toute celle qui a déjà été consommée pour s'élever ou pour augmenter notre vitesse tangentielle. Comme ici nous avons dépassé l'altitude de l'Apogée désirée, de toute façon on va perdre du fuel par rapport au vol réel. Mais peu importe, tant qu'à corriger une orbite, autant le faire avec le minimum de consommation. Le secret dans ce cas consiste à effectuer les modifications de Périégée et d'apogée quand on est "en face", et ce en PROgrade ou en RETROgrade. Ainsi, le **dv** est optimal car effectué dans la direction du vecteur vitesse actuelle.

- Attendre l'Apogée, et remonter le Périégée à 595.5 km en mode PROgrade,
- Une fois au Périégée, diminuer l'Apogée à 611.1 km en mode RETROgrade.

Effectuez cette manoeuvre, et vous allez vous retrouver avec les caractéristiques parfaites soulignées sur la Fig.11 par l'encadré bleu. Il nous reste 73.8% du carburant. Cette méthode plus réfléchie nous a tout de même fait économiser 16.7% de carburant. C'est considérable et Popol va être super content !

Ben, heueueu, ya les 25% qui s'ajoutent au 57% que l'on enlève, sachant que heuheu, ya aussi le 99.4% qui cumulé au 74.4% Heuheu, sans compter la TVA heu ...



NON, NON et NON ! 🤨 🤨 🤨 Avec tout ce que vous avez embarqué bande de Nazes il va falloir en vider des tonnes dans l'espace, au prix où ça coute ! Alors la prochaine fois je veux un bilan carburant **AVANT LE TIR**. Et pour le moment vous allez me rectifier cet Inc de 28.62°. Quand on est en perf sur Navette, c'est une honte.

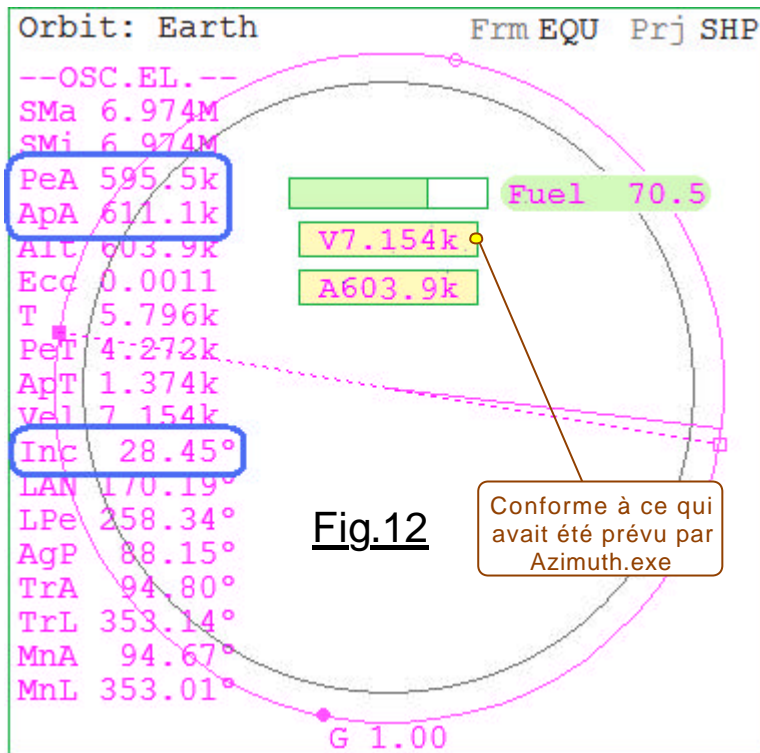
M'avait prévenu qu'il était un peu râleur Popol, mais je ne pensais pas que ce soit à ce point.

Ramener le plan de l'orbite aux 28.45° historiques.

Bon, fastoche à faire. Avec tous les tutoriels qui existent, il y a belle lurette que l'on sait faire.

(Pourvu que Popol ne nous demande pas ce que c'est qu'une lurette !)

Il suffit d'attendre le Noeud ascendant en **1**. Un peu avant pour tenir compte de l'inertie de la Navette on a orienté en **NML** +. Puis, arrivé un peu avant le noeud on pousse à 100% sur les OMS. On surveille avec beaucoup d'attention **Inc** en **2**, et quand on a exactement les 28.45° on relâche la touche.



Cette fois, il est blousé le Popol, il ne peut plus rouspéter. Du reste, on a rendu la copie parfaite intitulée **04) Orbite historique.scn**, alors si vous voulez copier, vous savez quoi faire. Passons à l'avant dernier objectif de cette mission : Apprendre à utiliser le bras RMS automatisé des Navettes FLEET.

LIBÉRER HUBBLE :

Cette phase de la mission va rester aussi facile que celle du lancement, car on va encore faire appel aux automatismes. La manipulation du bras RMS est extrêmement délicate, et à bord des vaisseaux, elle est conduite par un spécialiste bien entraîné. Par contre, lorsque c'est possible, on effectue sur Terre des simulations. Puis, on enregistre les déplacements dans une mémoire de robotisation. Une fois en orbite, ce sont alors des automatismes qui procèdent aux déplacements. Vous vous doutez bien que

dans la réalité, c'est par de tels procédés que HUBBLE a été extrait de la soute et rendu à la liberté. Il se trouve que les Navettes FLEET disposent d'un tel automatisme, ce serait idiot de ne pas le mettre en oeuvre, surtout dans un contexte où l'on veut privilégier "l'authentique".

Commençons par placer la Navette dans le sens du vol mais pas avec l'habituel **PRO GRD** qui oriente le vaisseau sur la tranche. Nous allons utiliser **ATTITUDE MFD** spécialement agencé pour ce type de manoeuvre. Soit vous poursuivez avec votre situation en cours, soit vous reprenez avec **04) Orbite historique.scn**, dans tous les cas peu importe le moment où nous allons procéder, car l'orbite est pratiquement circulaire.

- Sur le MFD de gauche : **SEL > Attitude >**
- **MOD > Velocity** pour avoir comme référence le vecteur vitesse orbital actuel. (*Fonction confirmée dans le médaillon bleu*)
- Normalement en **1** de la Fig.13 les consignes de décalage angulaire par rapport au vecteur vitesse doivent être toutes nulles. Si ce n'est pas le cas, c'est que vous les avez modifiées, donc vous restez en principe apte à les annuler par vous même.
- **HLD** engage le pilote automatique qui va orienter le vaisseau puis maintenir les trois angles nuls. On pointe en orientation le vecteur vitesse, c'est à dire on regarde notre orbite "vers l'avant" tout en conservant les ailes à plat. En fait, ce mode est assez assimilable à celui d'un avion de ligne qui suit sa route avec une attitude stabilisée.

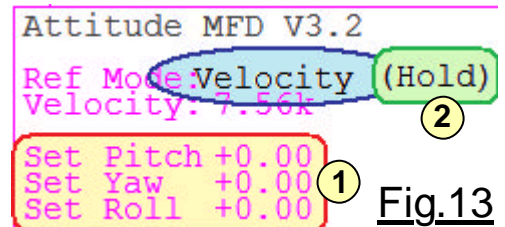
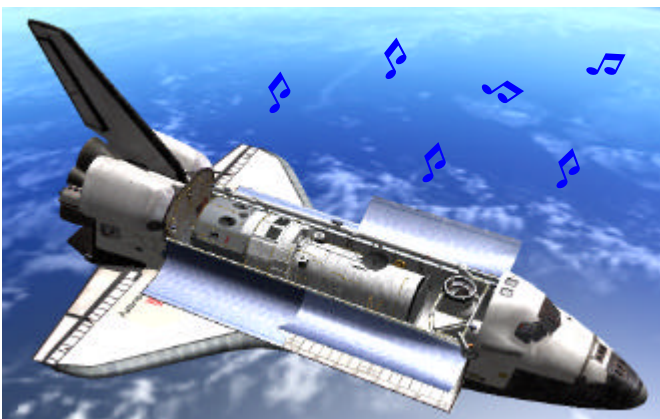


Fig.13

ATTENTION : **KILL ROT** **HOR LVL** **PRO GRD** **RETR GRD** **NML +** **NML -** **HOLD ALT** peuvent entrer en conflit si ils sont simultanément activés alors que **ATTITUDE MFD** est en service. Veiller à les couper et réciproquement.



Vaisseau correctement orienté, on a l'autorisation de procéder à l'extraction. Allez, pour le fun un petit tour dehors pour admirer notre beau vaisseau et sa précieuse cargaison. Un petit tip top sur la touche **[F1]**. Quelle merveille, cette tendre Maman avec son fragile bébé en soute. Elle est pas belle cette vue fantastique, et la belle bleue qui défile avec sérénité en toile de fond ?


Instant de plénitude totale, musique de violons ...



Mais, mais mais je suis en train de cauchemarder c'est pas possible ! Qui m'a foutu des zigotos pareil. Zêtes pas nuls, zêtes LAMENTABLES ! **Descendre de vélo pour se voir pédaler en formation niveau 2, mais on n'a encore jamais vu ça !** Le premier qui repasse en vue extérieure pour observer, je le VIRE, je le PULVÉRISE, je le DÉSINTÈGRE si petit que ça ne générera même pas une pluie d'étoiles filantes. **C'EST COMPRIS CETTE FOIS !**

Ya des moments où je me sens un peu tristounet, sans vraiment arriver à savoir pourquoi.

OK, on a compris que si on veut se placer dans des conditions "réelles", on n'a pas le droit de sortir du vaisseau, on ne peut observer que depuis les hublots et avec les caméras de bord. Allez, on oublie la mauvaise humeur de Popol, on se calme et on va lui montrer que l'on domine la situation. Avec un calme apparent, on ouvre le manuel de vol à l'index **RMS Auto** coté pile et sur **HUBBLE** page **10** coté face. Ainsi, par une simple rotation comme celle représentée en Fig.4, on pourra soit consulter les commandes du bras, soit vérifier les coordonnées des articulations en fonction du mouvement désiré.

On est en vue intérieure ... et on va y rester ! Si le C.V. est utilisé, passer en tableau de bord simplifié. "**H**" pour dégager la vue et n'avoir que  sur le HUD. La soute est ouverte, le bras est verrouillé. Les conditions sont réunies pour que **[MAJ] J** puisse afficher "la console des automatismes du RMS".

- **[Ctrl] X** : débloquent et dégagent le bras. Durant son dégagement, en transitoire, le HUD affiche **//////////**.
- "**1**" du clavier principal pour observer depuis l'intérieur avec la caméra **A** de la soute. (Voir p **3** du livret)
- Attendre qu'il soit complètement dégagé. "**W**" et "**X**" modifient le facteur de ZOOM de la caméra.
- Pour revenir sur le tableau de bord simplifié : **[F8] / [F8] / "H" / "H" / "H" / [MAJ] J**.

Oui, c'est un peu de la torture, mais je n'ai pas trouvé plus simple. On n'utilisera les caméras que lorsque c'est indispensable, et on alternera entre le cockpit virtuel et le tableau simplifié avec **[F8]** procédure plus conviviale. Après le déplacement qui a duré 35 secondes, l'affichage de **//////////** à laissé sa place à l'information **ARM DPLYD**. (Vois **1** sur la Fig.14)

- **[Ctrl] ESPACE** pour ouvrir la "raquette" de conduite manuelle du bras.
- **[MAJ] 1** recopie les valeurs mémorisées de la mémoire **1** (Encadrées en orange) dans la ligne des consignes **TGT 4** cerclée de rouge. On peut vérifier sur la ligne **2** qu'actuellement les quatre mémoires de l'automatisme sont programmées.

La ligne **ERR** en **4** représente en permanence les différences entre les coordonnées **TGT** et la configuration


	SY	SP	EP	WP	WY	WR	
(current) 3	-0.0	+0.0	-0.0	+0.0	-0.0	+0.0	actuelle dont les angles sont visualisés dans l'encadré bleu situé en 3 . En 5 on peut programmer la vitesse des mouvements en frappant sur " S ". Les
TGT 4	-13.1	+63.3	-95.2	-61.9	+15.4	+16.4	
ERR	+13.1	-63.3	+95.2	+61.9	-15.4	-16.4	
		X		Y		Z	
		-1282		-108		-445	

Fig.14

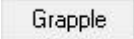

ARM DPLYD 1	
ARM Speed 5 10	
1 2 3 4 2	

célérités recyclent entre **1**, **2**, **5** et **10**. Si vous vérifiez dans le manuel, les coordonnées de mise en soute correspondent bien à celles de TGT, ou presque. En fait, quand on les mémorise, il peut y avoir de toutes petites différences entre les valeurs sauvegardées, et celles récupérées, mais c'est

sans incidence. Par exemple ici, **SY** et **WP** ont légèrement changé. La position obtenue sera correcte et le chargement/déchargement seront effectifs. Les noms des articulations sur la Fig.14 sont ceux désignés sur le dessin de l'onglet **BRAS** du manuel de vol.





- "**S**" jusqu'à la mobilité de **10**, car le bras étant à vide on peut le déplacer rapidement.
- **[F8] > [Ctrl] ←** pour se placer en regard du hublot de soute "situé à droite".
- **[MAJ] F** qui ouvre la fenêtre dans laquelle on désigne une ou plusieurs articulations qui doivent bouger. Comme ici il faut atteindre le point d'accrochage sur HUBBLE, on peut déclencher les six mouvements, mais l'ordre doit correspondre à **Mvts pour : Saisir [245613]** donné dans le manuel.
- Dans la fenêtre de saisie ouverte : **245613** . (Pas d'espace entre les valeurs)


Immédiatement le bras se met en mouvement. Quand il "déroule" les mouvements du haut, on a l'impression qu'il ne bouge plus. C'est que l'on regarde par le petit bout de la lorgnette. Le champ visuel à travers le hublot est petit, et l'on ne peut pas se décaler pour regarder vers le coté. Bon, il faut faire confiance aux techniciens qui ont programmé le bras à la NASA. Du reste, il vient bien gentiment se positionner, avec un emmanchement propre au point d'accrochage. Tout va bien.

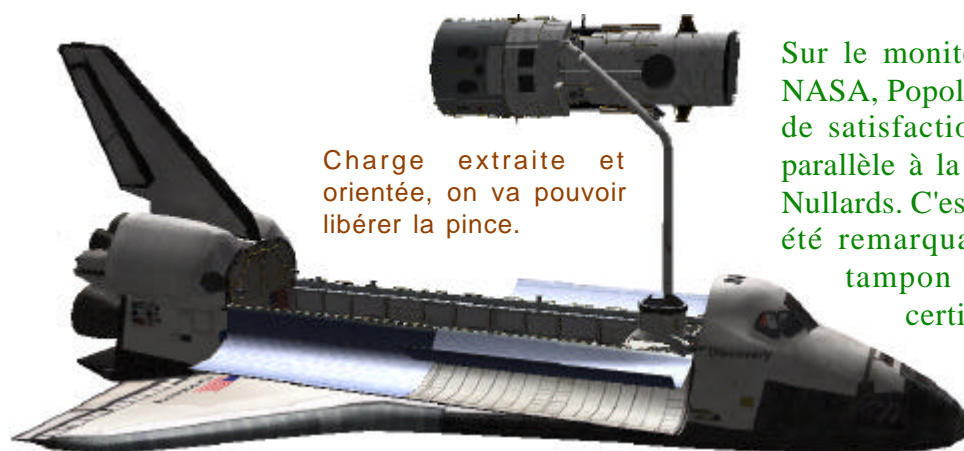
- cliquer sur le bouton  de la raquette. Le gros bébé optique est solidement saisi par la main mécanique. Normalement si le bras est parfaitement positionné, on ne doit pas voir bouger notre charge utile. L'indication sur le bouton de la raquette devient .

Pour extraire entièrement HUBBLE de la soute et l'orienter convenablement, on va enchaîner les mouvements mémorisés dans les cellules 2, 3 et 4 de la mémoire. Pour un déploiement, l'ordre des rotations sera **Mvts d'extraction pour éloignement** : [234156] pour les trois phases.










ATTENTION : HUBBLE est extrêmement massif avec ses 11 tonnes. Il ne faut pas surcharger les moteurs du bras. Donc, touche "S" jusqu'à la mobilité de 1. (On peut tricher, et profiter du fait qu'Orbiter ne tient pas compte de ce genre de contraintes, mais si on veut rester des PROs, acceptons les contraintes du réel)

- [F8] > [Ctrl]  pour repasser devant la minuscule lucarne.
- [MAJ] 2 en aveugle, on fait confiance > [MAJ] F > 234156 . Majestueusement la grosse loupe astronomique commence à être déballée de son écrin. Ouf, c'est bien juste tout ça !
- [MAJ] 3 toujours en aveugle > [MAJ] F > 234156 .
- [MAJ] 4 pour finir > [MAJ] F > 234156 . Ouffffpfpfppfffff pas de cloc poc scrochhh !

Bon, il est possible de coller notre nez contre le hublot latéral pour voir cet encombrant passager à proximité du cockpit : [Ctrl] [Alt]  puis orienter le regard avec la souris. Quel engin !



Sur le moniteur vidéo de l'entraîneur de la NASA, Popol ne peut retenir un sourire discret de satisfaction. La charge est parfaitement parallèle à la Navette. Ils travaillent bien ces Nullards. C'est qu'ils sont bien les petits, ils ont été remarquablement formés. Il saisit son tampon de validation et commence à certifier les licences de pilotage du niveau 2 sur Navette, car il sait que la fin de la mission sera comme le début ... du parfait.

- Vérifier que les RCS soient bien en mode LINéaire. Puis cliquer sur .
 - Une petite sollicitation sur la touche 3 num et on commence doucement à s'éloigner.
 - [F8] pour revenir au tableau de bord simplifié. Sur le MFD de droite : SEL > Radio/mp3 Panel > qui va nous permettre de surveiller la distance. Attendre de se trouver à environ 50 ou 60m.
 - Sur le MFD de gauche on a toujours Attitude. MOD > Target relative >
- En principe, ce module "accroche" automatiquement la cible la plus proche. Vous pouvez constater que l'on a bien Target: HST affiché sur l'écran. Si il y avait plusieurs objets dans notre environnement, nous pourrions en sélectionner un autre avec TGT.
- HLD, notre vaisseau va s'orienter directement vers la cible, et placer le roulis en fonction de l'axe principal de cette dernière. C'est une fonction bien pratique pour trouver un objet dans le vide sidéral.
 - Une fois bien en vue, TRA, une autre fonction indispensable. Elle annule toutes les translations par rapport à la cible. Nous voici immobiles en relatif. On va prendre la télécommande de HUBBLE pour le "déplier".
 - Éteindre les deux MFD sur le tableau simplifié pour dégager la vue. [F3] puis HST suivi de .
 - Frapper "K" et "G" puis cliquer rapidement deux fois sur  et admirez le spectacle.
 - Cliquer deux fois sur  puis sur [MAJ] 1 num. Puis deux fois sur . Le papillon dévoile ses ailes.
 - Enfin deux fois sur  puis sur [MAJ] 2 num. Deux fois sur  et vérifier l'orientation des panneaux solaires. On doit maintenant reprendre le pilotage de HUBBLE pour en tester les systèmes d'orientation.
 - Clic clic sur  puis [Ctrl] H qui réactive les MFD. "H" jusqu'à n'avoir que le colimateur . [F9] qui "allume la base de données gyroscopiques". Vérifier le mode ROTation sur les RCS et pointez le télescope vers un objet céleste quelconque. Pour terminer, en utilisant les bienfaits de Attitude, pointez le télescope vers Discovery. Les systèmes de pointage sont opérationnels, les cellules électriques fournissent du courant. Tout est correct. À Terre, ils vont pouvoir sabrer le champagne, à bord, il est temps de rentrer à la maison. Au point de vue opérationnel, la mission est un réel succès.

- Deux petits clics sur **Discovery** et nous voilà à bord. Devant nous, le grand miroir est visible, il est magnifique. On aimerait bien admirer plus longuement, mais il faut songer à rentrer à la maison.

Effectuer le RETOUR, utilisation de Auto FCS :

- Bouton **Stow** de la raquette pour replacer le bras sur son berceau. C'est assez long, heureusement que les valeurs défilent sur le tableau de contrôle "Fig.14" pour nous convaincre que c'est effectif.
- Verrouiller le bras avec **[Ctrl] X**. Vérifier l'information **ARM LATCH** sur le HUD du bras. Cet état de la mission est sauvegardé dans **05) Récupérer HUBBLE.scn** dont on pourrait avoir besoin. Je vous recommande éventuellement de reprendre notre mission à partir de cette situation pour que nous ayons tous des conditions identiques pour engager le retour au bercail. On va débiter cette phase de la mission en s'éloignant du télescope orbital pour éviter tout problème de collision.
- Sur **Attitude : MOD > Velocity > HOLD >** Attendre l'orientation orbitale "directe".
- Dix secondes de poussée avec les OMS. En vue extérieure, HUBBLE s'éloigne lentement. Si nous étions accouplés à une station telle que ISS, avant d'effectuer le désarrimage pour s'éloigner, nous procéderions à un bilan carburant. On réaliserait un transfert de l'excédent de ce dernier dans les réserves de la station. Comme nous sommes isolés dans l'espace, on vidangera après avoir effectué la mise à feu de rentrée. On attendra d'être vers 150km d'altitude pour ne pas polluer en orbite haute ni autour de HUBBLE.

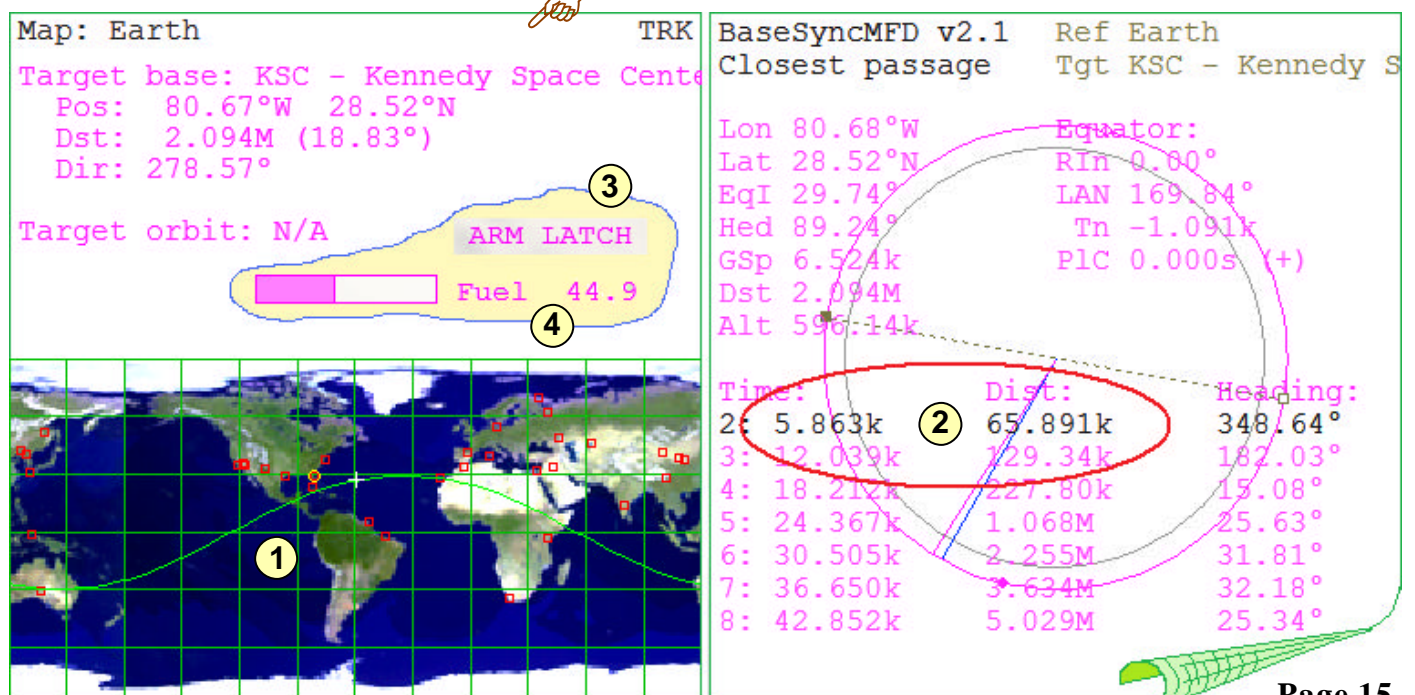
DÉTERMINER L'ORBITE DE RETOUR.

MFD de gauche :

- **SEL > Map > TGT >** Sélectionner KSC dans la liste déroulante.

MFD de droite :

- **SEL > BaseSync > KSC - Kennedy Space Center** ↗. Il faut indiquer le nom précis sans oublier les espaces. Il est du reste visible en toutes lettres sur le MFD de gauche.
- **NUM > 8** ↗ pour afficher un maximum d'orbites sur l'écran. On va attendre le **Closet passage** le plus favorable. L'orbite du meilleur rapprochement est la première, mais on est trop proche pour pouvoir déclencher la descente. Outre l'usage de moteurs très puissants, l'angle de pénétration serait trop grand.
- Comme on est gavé de carburant, on va modifier l'inclinaison du plan orbital ce qui favorisera un rapprochement de faible valeur. Attendre un Noeud en surveillant **Orbit**, et en mode **NML +** ou en **NML -** pousser jusqu'à obtenir une valeur pour **Inc** de 53° environ. On a vidé le réservoir à 44.9%, c'est autant de moins à purger dans l'espace.
- Revenir sur **BaseSync** et boucler plusieurs orbites jusqu'à obtenir des conditions favorables. Accélération temporelle à la demande. Pour ceux qui le désirent, la situation **06) Orbite pour le retour.scn** nous place dans des conditions parfaites. On vient de survoler en **1** la base et le rapprochement de 66 km est vraiment idéal comme montré en **2**. Le bras est verrouillé en **3** et on a plus de fuel qu'il ne faut en **4**.



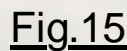
Le bras est déjà rétracté et verrouillé, il ne reste plus qu'à fermer la soute.

- On se trouve sur une orbite très haute, il n'y a pas urgence. Attendre pour bénéficier des servitudes "Radiateurs, Antenne ..." jusqu'au dernier moment.

- **[F4]** > Custom ... > Auto FCS > **OK** >

- Vérifier que le P.A. est désactivé : **Le petit cadre d'informations doit être vide** . (En 2 sur la Fig.15)

En principe à l'ouverture de la fenêtre ce n'est pas le cas : utiliser "U" pour le couper. (🔗 s'efface)



-
- A world map with a green grid overlay. Numerous small red squares are scattered across the map, primarily in the Northern Hemisphere. A yellow circle is located in the Eastern Mediterranean region, with a yellow arrow pointing to it from a yellow circle labeled 'P' in the bottom right corner. A white box with the text 'Fig.16' is positioned in the bottom left corner of the map area.


- Page 16

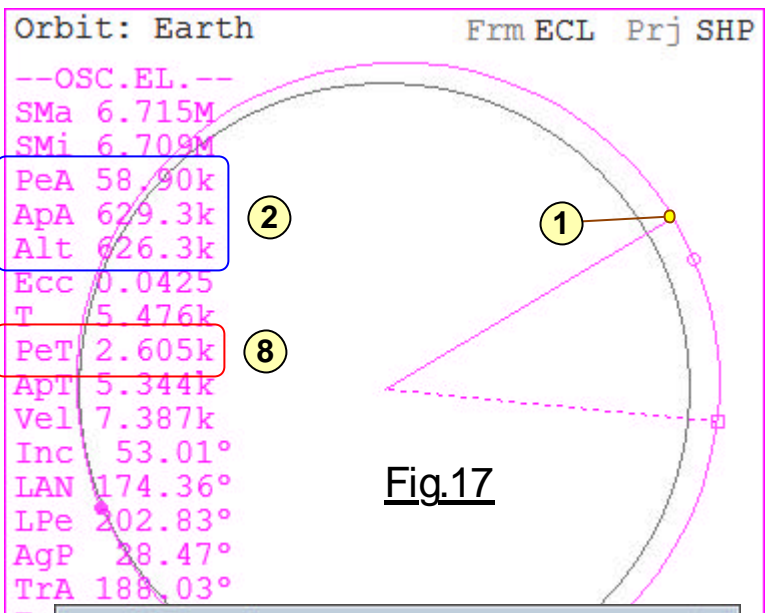
En résumé, le freinage est terminé et l'on commence à retomber vers le plancher des vaches. Tout va bien. Ceci dit, on va dégringoler de haut, car on se trouve en **1** et **Orbit** nous précise dans l'encadré bleu en **2** que l'on va passer de 626.3 Km à 58.90 km. En **8** on peut estimer le temps mis pour arriver si bas.

Comme nous n'avons pas modifiés les paramètres d'**Auto FCS** qui étaient déjà initialisés pour un retour convenable sur la belle boule bleue, il a freiné en vue de nous amener au point d'entrée **EI** dans l'atmosphère.

En ce pôle, on sera à 8064 km de la base, (**3** sur la Fig.17) et à une altitude de 122km. (**4** sur la Fig.17) En ce point on va débouler à 7620 m/s soit environ 24 fois la vitesse du son. (**5** en Fig.17) Notre assiette sera celle demandée en **6**. Jusqu'au point **EI** il ne va rien se passer. On va engager la deuxième phase du retour, c'est à dire le vol plané jusqu'à la base :

- Cliquer sur **SEL** de **Post-Burn / EI**.

L'automatisme affiche **Setting Pitch Rate** car dans un premier temps il s'organise pour respecter les consignes **7**. Puis, il se place en attente du point d'entrée **EI** ce qu'il nous traduit par **Coasting to EI**. Cliquer **Close** ou sur le bouton **Close**, la fenêtre va se fermer, mais le système reste présent comme on peut le vérifier par l'affichage de son cadre textuel. Ainsi, on bénéficie des bienfaits d'**Auto-FCS** sans être encombré de son grand cadre de paramétrages. Couper les asservissements avec "U", le symbole  disparaît. Accélération temporelle autorisée. Surveiller l'altitude sur **Orbit** et attendre d'avoir chuté vers 150 km du sol. Retour à l'écoulement normal du temps, car on va vidanger la "surcharge pondérale". J'imagine que vous avez compris que l'on ne va pas souiller lamentablement la soute avec du fuel, il faut donc la refermer. On a attendu le dernier moment pour bénéficier des radiateurs, des cellules solaires et de la sécurité des communications apportée par l'antenne à grand gain. Allez, on ferme le magasin :



Auto FCS Control

Enables

☐ Roll ☐ Thrust

☐ Pitch ☐ Flt. Dir.

☐ Yaw

Pre-Burn

8.06

EI Dist (M) SEL

Pitch (deg) Roll (deg) Yaw (deg)

0.0 180.0 180.0

Alt Spd Dist Trajectory

12200 7620 8064

Post-Burn / EI

40.00

0.00

AOA (deg) SEL

Roll (deg)

Landing Site / Runway

KSC RW/33

Close

PRÉPARATION de la RENTRÉE (Suite) : (Page 10 du livret de pilotage)

Le bras est déjà rétracté et verrouillé, il ne reste plus qu'à fermer la soute.

- **[Ctrl] L** : Rétracter les radiateurs.
- Rétracter l'antenne bande Ku avec **[Ctrl] U**.
- Fermer la soute avec **K**.

Vidange de l'excédent de fuel :


- **SEL** > **Fuel Management** on "regarde" la console de gestion carburant.
 - **MOD** jusqu'à l'affichage de **Vent** qui correspond à aiguiller les pompes vers la purge extérieure.
 - **PR+** qui augmente le régime de rotation des pompes : **Off** > **Low** > **Medium** > **High**.
- Surveiller le résiduel et diminuer progressivement la rapidité de vidange jusqu'à 500Kg soit 3,3%.
- **PR-** qui diminue le régime de rotation des pompes : **High** > **Medium** > **Low** > **Off**.

Là on assure sacrément, ne trouvez-vous pas ?

Quelle misère, on recrute vraiment bas à la NASA en ce moment ! 

On m'évapore des tonnes de fuel dans le ciel et on s'en vante. **PROCHAIN DÉCOLLAGE AVEC PLUS DE UNE TONNE GASPILLÉE, C'EST VOUS QUE JE VAPORISE !!!**

C'est un écolo militant Popol, alors mon intuition proverbiale me sussure qu'il fallait certainement adopter un profil un tantinet plus bas

Arrivé au point **EI** rétablir les asservissements avec "U", le symbole  réapparaît.


Comme précisé dans le manuel de vol, à partir d'ici, la rentrée est totalement automatique, il n'y a pas à armer les aérofreins ni à sortir le train, mais juste à surveiller le vol.

MFD de droite par exemple :

- **SEL** > **COM/NAV** > Caler les fréquences radio données en page 18 onglet **BASES**.

KSC impose NAV 1 sur 134.20 pour l'ILS et NAV 2 sur 112.7 pour le VOR.

- **SEL** > **HSI** > Sélectionner VOR à gauche, ILS à droite par exemple et ajuster 330 pour le QFU de la piste, car nous avons décidé de nous poser sur la 33.

- **SEL** > **GPC MFD** > **OPS** > 4  pour avoir le mode **HORIZ SIT-SPEC 50 Display**.

Vérifier la base et la piste sélectionnées sous la ligne de l'Item 41. Ici on veut : **PRI KSC33 3***.

Si la base n'est pas correcte :

- **ITEM** > 41  > Num 1 pour KSC .


Si la piste n'est pas correcte :

- **ITEM** > 3 ou 4  pour sélectionner le sens.

Si le coté du cercle HAC n'est pas le bon :

- **ITEM** > 6  pour imposer le coté du HAC.

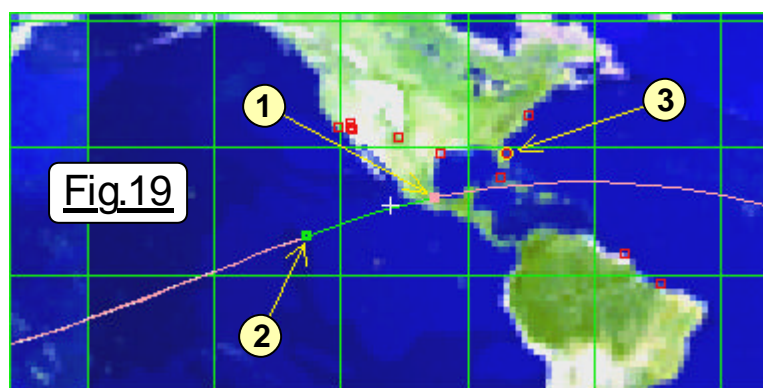
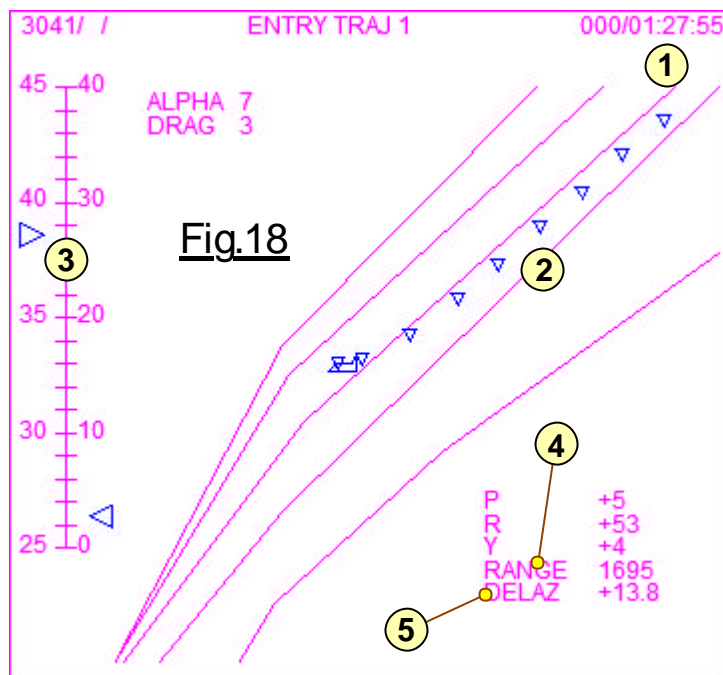
MFD de gauche par exemple :

- **OPS** > 3  pour visualiser le couloir de pénétration durant la rentrée atmosphérique.
- "H" n fois : Afficher Vitesse - Altitude sur HUD.

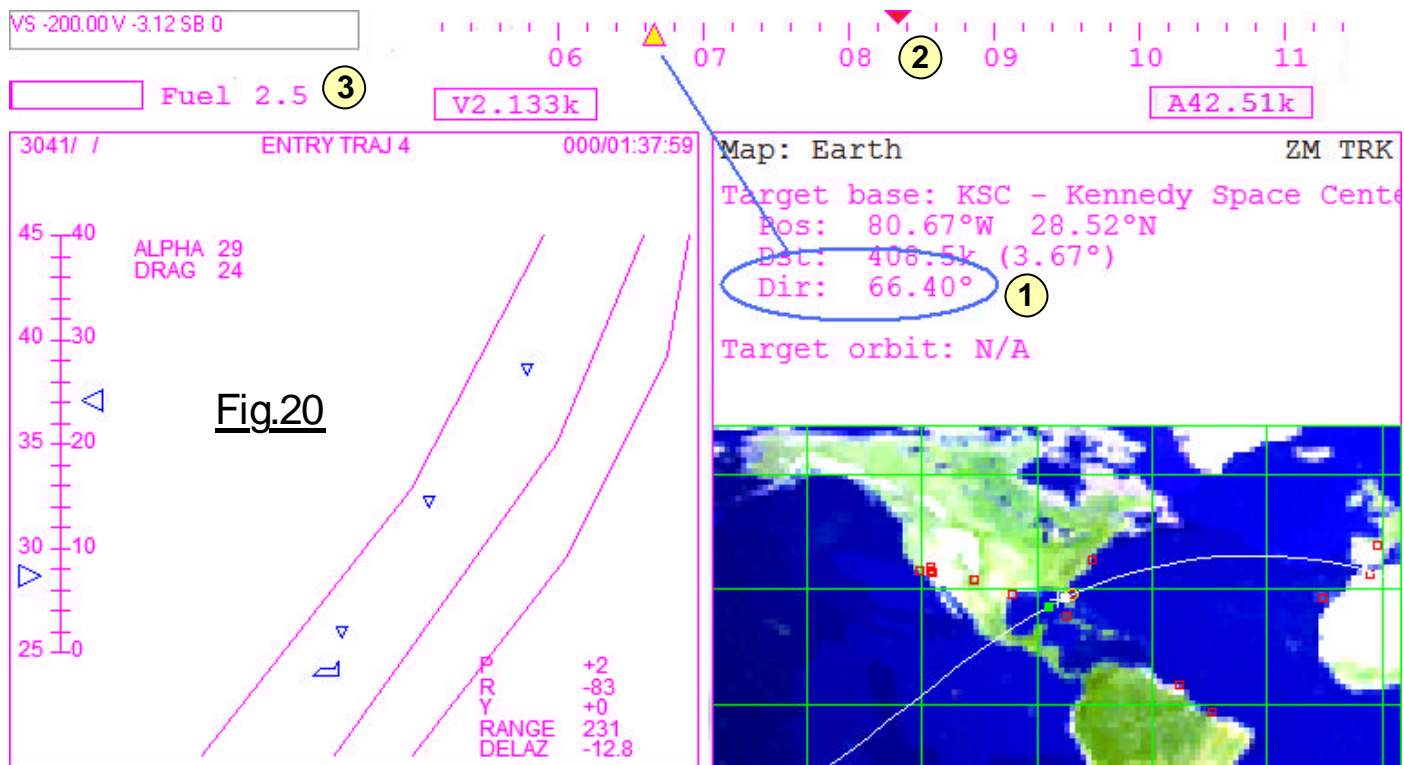
La scène **07) Au point d'entrée EI.scn** vous permet de reprendre le vol à ce stade. Mais le rechargement d'une situation ne ré invoque pas **Auto FCS** qu'il faut réactiver.

La Fig.18 donne une idée de ce que vous allez constater au cours de la descente. Ne pas tenir compte en 1 de la valeur de MET qui a été perdue au cours des multiples sauvegardes conduisant à

la rédaction de ce document, et qui ne correspond pas du tout à la durée réelle du vol. En 2 sera pointé un jalon toutes les 30 secondes avec une mémorisation permanente de cinq points. En 3, l'échelle avec à gauche l'angle d'incidence et à droite la valeur de la trainée, ou plus exactement le freinage en pieds par seconde. RANGE en 4 indique la distance de la base en Nm et DELTA AZIMUT en 5 donne l'angle entre la position du site d'atterrissage et le vecteur vitesse actuel du vaisseau. On pourrait presque assimiler cette valeur au gisement qui représente l'écart angulaire entre une cible et l'axe longitudinal d'un mobile.

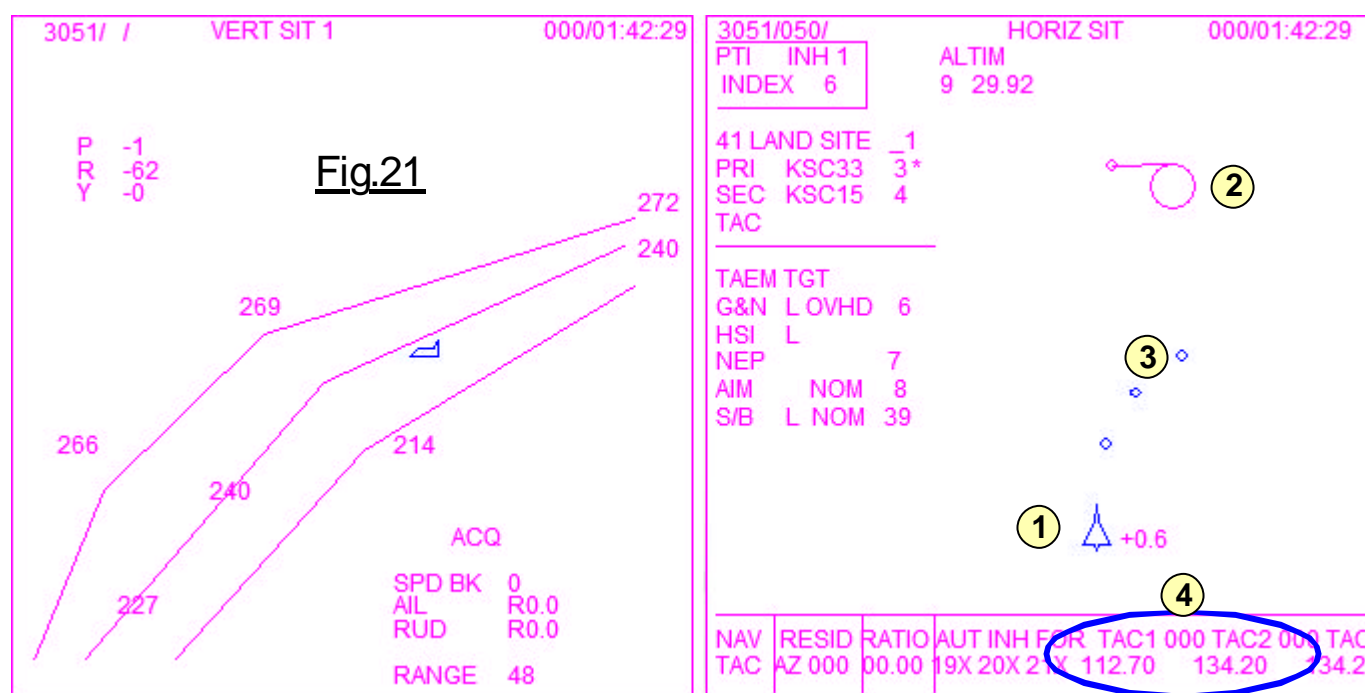


pour ne pas repartir dans l'espace, le pilote automatique va vous placer "sur la tranche". Tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, de façon à nous amener latéralement sur la base. Du reste, vers la fin du vol, la trace au sol de notre trajectoire va de plus en plus converger vers KSC. Il importe ici de faire confiance aux automatismes, et de se laisser conduire. Profitez de cette "passivité" pour observer la façon de procéder. Sur **OPS 3** il y a changement d'échelle automatique. **ENTRY TRAJ 1** va se modifier en **ENTRY TRAJ 2**, puis en **ENTRY TRAJ 3**, continuer par l'affichage de **ENTRY TRAJ 4** (Voir sur la Fig.20) pour finir sur **ENTRY TRAJ 5** vers 40 km d'altitude. Les échelles de ces graphes sont donnés en page 24 du manuel de vol. La Fig.20 est un "photo montage", c'est à dire un tassement de diverses zones d'une copie d'écran, qui montre globalement les

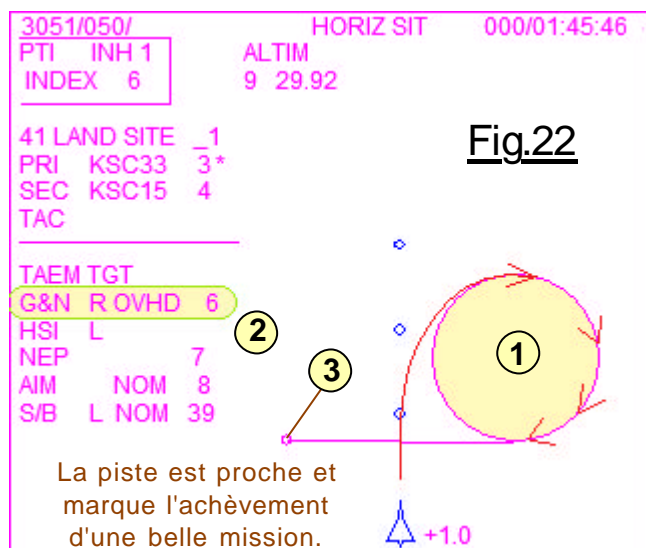


valeurs des paramètres quand on s'approche des 40 km d'altitude. L'étalement est de plus en plus grand pour augmenter la précision de visualisation. La vitesse diminue graduellement, et l'on perd régulièrement de l'altitude. Le point d'intersection entre la trajectoire Képlérienne et le sol s'approche de plus en plus de la base. Le compas du HUD pointe en permanence la direction de la cible comme on peut le vérifier en **1**. Par contre, contrairement à un avion de ligne qui suit une orthodromie ou une loxodromie pour emprunter le plus court chemin, notre vaisseau prend des caps qui s'en éloignent pour pratiquer le "Roll reversal" ou encore nommé "Rock and roll". (Voir **2** sur la Fig.20)

On voit également en **3** que nous avons consommé du carburant, il ne reste plus que 2,5 %. Tant que l'on se trouve en atmosphère ténue, les gouvernes sont sans effet ou inefficaces. Le P.A. utilise alors les RCS pour maintenir un taux de vitesse angulaire suffisant lors des corrections d'AOA ou de roulis.



Vers 25 Km d'altitude, le graphe de situation verticale se modifie en **VERT SIT 1**. Sur la page de **OPS 4** on situe parfaitement la Navette en **1**, la piste en **2** avec le cercle d'approche finale HAC et les trois petits cercles de prédiction en **3**. Voir en page 25 du manuel de vol toutes les informations. On retrouve dans la zone **4**, TAC 1 et TAC 2 les fréquences des balises de la piste ciblée.



Si manifestement l'asservissement n'utilise pas le cercle d'approche HAC instancié sur **GPC MFD**, changer le coté de représentation avec **ITEM > 6** comme montré en **2** sur la figure 22. La piste est largement en vue, c'est en général dans ces environs qu'à bord des Navettes, "pour le fun", les pilotes aux commande prennent le manche et finissent en manuel sur les vols réels. Naturellement, ils n'en utilisent pas moins les divers systèmes d'aide à bord et sur la piste. Nous arrivons de nuit, on peut observer les balisages lumineux et le lièvre. Le lièvre, c'est ce balisage lumineux particulier qui donne l'impression d'un lutin qui se déplace à toute vitesse vers la piste.

Le graphe de situation verticale se modifie tout seul en **VERT SIT 2** en adaptant en permanence le visuel à la

situation présente. ATTENTION, le petit cercle **3** représente le seuil de piste, c'est à dire le point où l'on est presque au "toucher du sol". En automatique, il suffit d'admirer la finale, le coeur battant tellement ce spectacle est fabuleux. En approche manuelle, il faut conserver le regard rivé sur le HUD pour maintenir le point d'aboutissement exactement entre les deux "sucres". En longue finale c'est le **PAPI** qui permet d'affiner le plan de descente. En courte finale, le **VASI** prend le relais. Voir la page 11 du manuel de vol. Pour ceux qui veulent revivre la finale, vous pouvez recharger **08) Finale sur KSC.scn**, mais pour poser en automatique il faut faire dans l'ordre :

- * Démarrer la situation en mode PAUSE.
- * **[F4]** > **Custom ...** > **Auto FCS** > **OK** pour réinvoquer **Auto FCS**.
- * Cliquer ou sur le bouton **Close**, comme déjà vu en page 17.
- * **[Ctrl] P** pour suspendre la PAUSE et admirer l'atterrissage.

Vous pouvez en finale couper les deux MFD pour bénéficier d'une vision panoramique, l'arrivée de nuit est féérique. Pour ceux qui le désirent, un dessin commenté **Arrivée de nuit à KSC.jpg** est disponible pour vous montrer où se situe le **PAPI** et le **VASI**. *Je ne l'ai pas introduit dans ce document pour "ménager l'imprimante". C'est également pour économiser les cartouches d'encre que j'inverse les couleurs des MFD ce qui enlève tout ce noir gros consommateur ... et nous fait voir la vie en rose.*

Pas des bons à rien, mais des mauvais en tout ! C'est décidé, je démissionne !

A QUOI ça SERT les CHECK ?

Vous n'avez même pas été foutu de me sortir les sondes à 10km d'altitude. Si y'avait pas GPC, vous auriez posé sur le ventre bande d'abrutis

C'est toujours au moment où l'on s'y attend le moins que va se produire l'incident. Si on est préparé, ce n'est qu'un incident. Si on s'est laissé distraire, c'est la catastrophe. Combien de pilotes se sont fait des sueurs froides en ayant oublié ... un détail. Les check-lists sont faites pour ça, ne pas oublier. En aviation, donc forcément en astronautique, les détails n'existent pas. Tout est important. Oubliez de fermer les trappes des cordons ombilicaux du réservoir externe, et le vaisseau se désintègre en rentrant.

OK, z'avez compris. Alors on ouvre le manuel en page 13 et on termine le travail :

Navette immobilisée :

- **[MAJ] 0** pour rétracter les aérofreins. (Visible en l'indicateur spécifique **6** fig 29 de la page 29)
- **[Ctrl] 5** pour escamoter les sondes. (Encore faut-il avoir pensé à les sortir !)
- **"B"** pour rétracter le plan du compensateur.
- **"U"** pour désactiver le P.A.

Nous venons de réaliser une mission complète, depuis le décollage jusqu'à l'arrêt complet sur la piste non sans avoir déposé dans le vide sidéral notre précieux chargement.

Toute mission s'achève par un débriefing .../...

COMMENTAIRES sur ce premier chapitre.

C'est tout bon. Popol vous attend au pied du "trainer" avec un large sourire sur le visage. C'est vrai qu'en situation d'apprentissage il est sévère, mais c'est parce que, comme tous les instructeurs, il a le stress, il craint au dessus de tout que vous ne soyez pas apte le moment venu, c'est à dire quand votre vie et celle de l'équipage entier sera entre vos mains. Alors il préfère en ajouter un peu. Maintenant que la formation arrive à son aboutissement, Il vous tend, radieux et accueillant, vos licences de pilote sur Navettes avec la mention : **Capacité niveau 2 & Aptitudes qualification A**. En prime, est jointe une CONVOCATION pour vous rendre au centre de perfectionnement de :

<http://orbiter.mustard-fr.com/tutorials/tutorials.php>

Endeavour, Aller retour Terre-ISS avec la navette

Cette formation constitue un passage obligé avant de prétendre au stage qui vous conduira à la nouvelle qualification **Capacité niveau 2 & Aptitudes qualification B**. Cette maîtrise vous permettra de ramener le vaisseau convenablement sur Terre, alors qu'une situation de crise très grave met en péril la mission. Il faut forcément savoir piloter en manuel, car sur une alerte de type "perte moteur au décollage", **GPC MFD** se déconnecte et vous devez assurer le début de la sauvegarde du vaisseau à la main, seule la fin du vol peut être confiée à un pilote automatique.

ABSOLUMENT INCONTOURNABLE.

Pour mieux comprendre l'atterrissage, il est impensable de faire l'économie du superbe tutoriel de **MisterC** intitulé **Vol d'essai sur Endeavour 3.6** et disponible sur :

<http://orbiter.dansteph.com/francophone/Endeavour/Endeavour.php>.

IMPRESSIONS VISUELLES :

Tous ceux qui pilotent des avions en virtuel ou en réel sont déroutés par les atterrissages avec la Navette. L'approche semble complètement loupée, on est bien trop haut. Et bien non, pas du tout, c'est que cette fabuleuse machine plane merveilleusement ... mais un peu moins bien qu'un fer à repasser. Par voie de conséquences, l'approche est plus pentue, pratiquement 20° ce qui est 7 fois plus grand que pour une approche standard en avion. C'est visuellement très trompeur et il ne faut pas creuser le plan. La vitesse au toucher est d'environ 140 m/s ce qui est très rapide. (*Environ 500 km/h*) On ne peut pas utiliser la barre horizontale de l'ILS pour surveiller la pente d'approche car l'instrument est conçu pour une finale standard. Le HSI est à utiliser avec méfiance, et si un PAPI et un VASI spécifiques pour la Navette ont été implantés sur les cotés de la piste, ce n'est pas pour rien. Enfin, en approche, ne pas oublier qu'il faut impérativement conserver en descente une vitesse supérieure à 140 m/s pour éviter le décrochage ... Et oui, la Navette est moins qu'un fer à repasser, mais plus qu'un avion !

LE COIN DES DÉBUTANTS !

Oui, il reste possible que certains me fassent le reproche d'avoir utilisé ce titre, alors que globalement les thèmes traités sont tout compte fait "assez pointus". Je crois pouvoir me justifier par le fait que nous ne sommes pas ici en apprentissage de type "élémentaire", mais en découverte de "niveau 2". Par contre, un naïf peut facilement réaliser la mission, puisque l'intégralité des phases est réalisable avec les automatismes. Il n'en sera plus exactement pareil dans le chapitre des "confirmés".

Avouez que c'est fantastique de pouvoir sans rien "calculer", assurer un vol complet sur une Navette. C'est l'avantage des simulateurs qui mettent à la portée de tous des activités "irréalisables".

Allez, il faut maintenant vous "farcir" l'apprentissage du vol en manuel, et l'on pourra ensuite en toute quiétude envisager ... Le pire.

MAUVAISE ÉTOILE.

Vous savez tous que HUBBLE est un "mal né". Une fois placé en orbite, on avait constaté qu'il était aveugle, son miroir principal étant affecté d'un défaut de polissage. Puis, par la suite, le dernier vol habité vers cet instrument avait été annulé, suite à la tragédie de Colombia. De nombreux autres problèmes sont venus noircir le tableau durant son exploitation. Mais finalement, le vol STS-125 se solde le 24 mai 2009 après une mission de 12 jours, par un franc succès. HUBBLE a été remis à neuf, et commence une nouvelle vie, plus puissant et plus précis qu'avant. Comme quoi, un Enfant né sous une mauvaise étoile peut parfaitement espérer avoir une vie enthousiasmante, tout est possible ...

Piloter, c'est se montrer capable de faire face à toutes les situations, et particulièrement celles qui engendrent des configurations critiques. Du reste, les pilotes professionnels passent pas mal de leur temps dans les simulateurs pour apprendre à gérer les problèmes les plus complexes, c'est à dire tous ceux qui se sont déjà rencontrés et qui ont été recensés, pouvant conduire au crash. C'est le passage obligé pour prétendre emmener à destination les passagers, et ce en "toute sécurité". Les Navettes n'échappent pas à cette règle générale. Parmi ce qui est le plus redouté lors des missions, il y a le feu à bord, une dépressurisation explosive mais surtout **LES PANNES MOTEUR LORS D'UN LANCEMENT**, car ce sont statistiquement les plus probables. Ceci dit, bien que dans la réalité ces situations particulièrement critiques sont gérées par des automatismes, lors des lancements de fusées ou de Navettes, je vous propose d'aborder ce thème en manuel, tout au moins partiellement.

PILOTAGE EN MANUEL OU EN AUTOMATIQUE ?

Un lancement est totalement automatique, le contraire n'est absolument pas envisageable, c'est trop complexe, surtout si l'on intègre les paramètres d'optimisation du vol et des consommations. En aucune façon les astronautes n'interviennent durant la phase de lancement, pas plus que durant la phase de retour du reste. Ils ne peuvent débrancher le pilote automatique que pour un retour anticipé ... et encore, une foule de procédures programmées sont disponibles. La mise en orbite d'une Navette, tout comme pour le cas d'un lanceur classique, doit se faire dans des conditions optimales, peaufinées avec rigueur et minimisant tous les risques possibles, tant pour le matériel que pour les populations au sol. Ces conditions sont encore plus contraignantes quand il y a un équipage à bord. Comme pour les fusées, si la Navette s'écarte dramatiquement de sa trajectoire durant les tout premiers instants du lancement et menace des zones habitées ou un site industriel comme le Kennedy space Center par exemple, l'officier chargé de la sécurité provoquera l'explosion du système avec la perte de toute possibilité de secourir l'équipage. On imagine facilement qu'au lancement, c'est certainement lui qui stresse le plus.

Ceci dit, durant un incident (accident) grave, les asservissements sont supérieurs aux réactions d'un humain, qui soit ne réalise pas forcément l'action judicieuse, soit surcompense. Sans compter le fait que souvent un humain ne se rend pas compte qu'un aléas capital est en train de se produire, car ce dernier n'influence que de façon subtile le déroulement apparent du vol.

Par exemple, durant le lancement dramatique qui a conduit à la perte de Challenger, la fuite du booster droit en diminuait sa poussée déviant légèrement la trajectoire. À plusieurs reprises, le pilote automatique a ordonné le braquage des MPS pour compenser. Durant le retour catastrophique de Columbia, l'aile gauche endommagée engendrait un changement de profil aérodynamique et l'avion ne réagissait plus conformément aux prévisions. Il avait une légèrement tendance à dévier à bâbord avec un cabrage vers le bas exagéré. Plusieurs fois, les élevons, et les RCS ont été activés pour replacer Columbia "dans ces lignes". Toutes ces corrections ont été initiées par le pilote automatique qui à n'en pas douter restera toujours plus vigilant qu'un humain, surtout quand tout semble correct et que le drame se joue en sourdine.

DES MISSIONS ÉCOURTÉES OU ANNULÉES ... EST-CE POSSIBLE ?

Bien plus fréquemment que nous ne le supposons. Par exemple la Navette Challenger a cumulé les malchances. Sa première mission prévue en 1985 était référencée 51C. Un problème sérieux d'isolation de sa soute a obligé la NASA à effectuer le lancement avec Discovery, celle qui va vous tourmenter durant ce tutoriel. La troisième mission pour Challenger, la 51F, a inauguré un incident très frustrant : Pour la première fois une Navette expérimente "un tir avorté", c'est à dire l'extinction commandée des moteurs à seulement 3 secondes avant le décollage. Dix sept jours plus tard, Challenger décolle normalement, mais un MPS subit une défaillance à MET 05:45 qui s'est soldé par une ATO, c'est à dire la mise en orbite sur une trajectoire plus basse que celle prévue. La mission a été sauvée parce que le problème s'est produit assez tardivement et que les deux autres moteurs ont compensé suffisamment pour permettre la mise en orbite. Mais elle est loin d'être la seule. Autre ATO : Celle du vol STS-93 effectué sur Columbia en Juillet 1999. Au décollage, un court-circuit dans la soute a engendré l'extinction des ordinateurs de bord ! Mais un tel incident était envisagé, et des ordinateurs de secours alimentés sur un réseau électrique indépendant ont immédiatement pris le relais. Plus tard durant l'ascension, un moteur a vu ses performances diminuer suite à une fuite de carburant. La Navette s'est retrouvée sur une orbite dégradée, qui finalement n'a pas empêché la mission de s'achever comme prévu.

Plusieurs lancements de Navette ont déjà été reportés de 24 heures uniquement parce qu'en Espagne les conditions météo n'étaient pas dans les minimas pour permettre un atterrissage de fortune, c'est dire à quel point la sécurité et les problèmes potentiels et déjà rencontrés sont pris en compte. Pour finir, la trajectoire calculée est une courbe théorique, mais forcément le mobile durant le vol va s'en écarter. Rien n'est absolu, et tout système réel est fondé sur l'acceptation d'un écart entre ce qui est théorique et la réalité. Durant, le vol, un point se déplace sur la trajectoire théorique. Ce point représente en permanence le centre d'une sphère dans laquelle doit se trouver la fusée ou la Navette. C'est la marge d'incertitude acceptée. Si le lancement arrive à maintenir le mobile dans le "couloir théorique", comme symbolisé en jaune sur la Fig.24, alors la mission sera pleinement remplie. S'il en sort, on peut aboutir à une mission "dégradée", ou un abandon. Telle est la réalité spatiale.

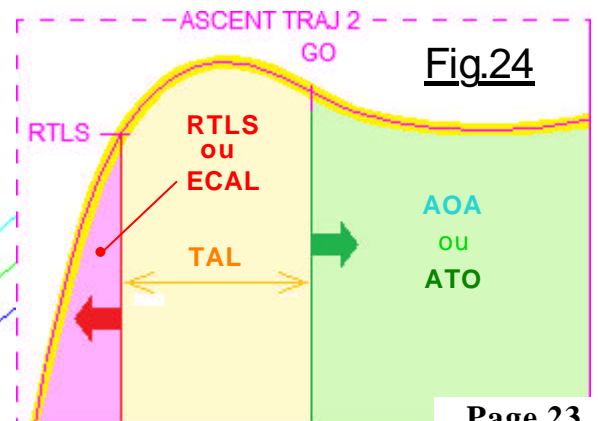
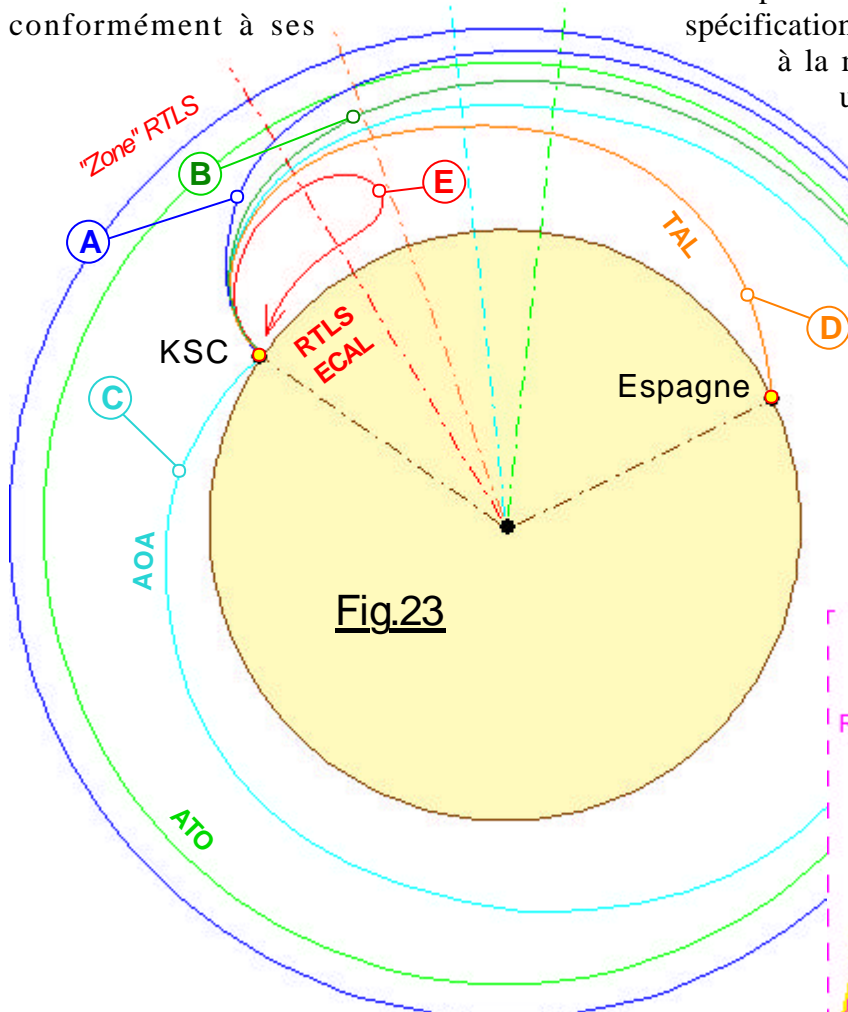
PANNE MOTEUR SUR LES NAVETTES AU LANCEMENT :

Plus la panne moteur est proche du début de lancement, plus elle est pénalisante. En effet, une fois que les fusées à poudre sont allumées, on ne peut plus les éteindre. Quand l'ensemble commence à monter, il n'y a plus le choix ... il faut impérativement continuer vers le haut. Si une panne moteur survient durant les deux premières minutes, le vol se transforme en "survie". Plus on est avancé dans le déroulement du vol, plus la vitesse acquise est importante ainsi que l'altitude. On bénéficie alors de plus de marge pour traiter le problème et engager les bonnes parades. Voyons dans un premier temps les diverses options qui se présentent. Puis, on s'entrainera à les surmonter, en débutant par les plus simples, naturellement, pour finir comme il se doit par la plus dramatique.

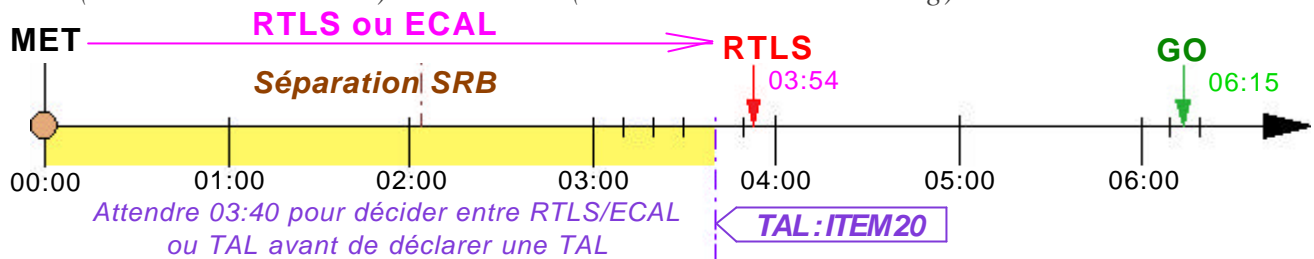
OPTIONS POSSIBLES EN FONCTION DES CIRCONSTANCES.

Le dessin de la Fig.23 qui n'est pas réalisé en respectant l'échelle des dimensions représente les divers cas possibles. Est représenté en bleu, ce que tout le monde souhaite, le lancement sans problème. La trajectoire théorique **A** est suivie et la Navette se place sur l'orbite prévue représentée en bleu foncé. Supposons en **B** une panne tardive, après le point **GO**. L'altitude et la vitesse acquises permettent de poursuivre le vol sous forme d'une ATO. (*Abort To Orbit*) La Navette se retrouve sur une orbite stable représentée en vert clair sur le dessin mais en dessous de l'orbite nominale prévue. En général la mission peut être réalisée conformément à ses

spécifications. Si la balistique ne permet pas d'arriver à la mise en orbite stable, mais se trouve sur une trajectoire **C** trop instable, si c'est faisable on termine la boucle afin de permettre un retour "normal" de la Navette à sa base par une AOA. (*Abort Once Around*) C'est infiniment moins pénalisant qu'une TAL, et bien moins risqué qu'une RTLS. Si la vitesse acquise est trop grande pour revenir à la base et que l'on ne peut achever avec une AOA, il faut se résoudre comme montré en **D** à aller se poser de l'autre



côté de l'océan en effectuant une TAL. (*Transoceanic Abort Landing*) Mais une fois posée en Espagne, c'est complexe et couteux. Il faut rapatrier l'équipage, vidanger le carburant, préparer le vaisseau pour le ramener à la maison, toutes ces opérations sont estimées à environ 3 semaines. Enfin, le cas **E** le plus redouté des équipages et des techniciens au sol, qui est tracé en rouge. La panne survient avant le point **RTLS** sur la courbe de la figure 24. L'ensemble n'a pas assez de vitesse et de hauteur pour espérer se dérouter de l'autre côté de l'Atlantique. On doit impérativement engager un retour vers la base et effectuer un RTLS (*Return To Launch Site*) ou un ECAL. (*East Coast Abort Landing*)



RÉSUMÉ : Les deux premières minutes constituent la phase potentiellement la plus dangereuse et peut s'avérer fatale au vol d'une Navette. Si le Vaisseau perd un moteur pendant les quatre premières minutes, généralement il ne peut pas atteindre l'orbite prévue. Si la panne survient avant le point **RTLS**, la Navette n'a pas suffisamment d'énergie pour aller se poser de l'autre côté de l'Atlantique et doit engager impérativement un retour vers la base en effectuant soit un RTLS soit un ECAL. Passé le point **RTLS**, un retour vers la base n'est plus envisageable, on entre dans la zone TAL, l'appareil doit aller se poser de l'autre côté de l'océan Atlantique. D'une façon générale, on ne déclare pas un TAL avec l'ITEM 20 avant MET 03:40 pour laisser aux contrôleurs de vol le temps de décision pour choisir entre RTLS ou TAL. Passé le point **GO**, (Press to ATO) le vol s'achèvera sur panne moteur par une AOA ou une ATO.

Gérer une procédure A.T.O. :

Nous n'allons pas pratiquer une AOA, car ça revient tout simplement à effectuer un retour "standard", sauf qu'au lieu de choisir l'orbite procurant le plus faible écart au "closet passage", on engage le pilote automatique pour le retour durant la première orbite. Notre première expérience va donc commencer par la panne la moins pénalisante, celle qui permet de terminer par une mise en orbite. Toutes nos expériences seront vécues avec le vol STS - 31 du 24 Avril 1990 avec DISCOVERY emportant les 11 tonnes de HUBBLE. Ainsi, cette charge très importante ne va pas spécialement faciliter les choses. Bien évidemment, notre vol ne sera plus "historique", puisque dans la réalité tout s'est bien déroulé. Cependant, avoir en soute une charge aussi précieuse que HUBBLE est très motivant pour soigner le travail.

Chargez la situation **09) Gérer une ATO.scn** pour laquelle une panne sur le moteur central va se produire à MET = 05:02 c'est à dire avant le point GO. On pourrait penser que sauver la mission n'est pas possible et qu'il faut aller se poser en Espagne. Mais CAPCOM va nous informer qu'avec un seul moteur hors d'usage et les autres poussés au maximum, on peut sauver la situation. On poursuivra donc le vol par une ATO. Allez, il est déjà MJD 48005.3571056250, c'est l'heure pour y aller. Au travail !

- * Préparez correctement votre vol, respectez-bien les check-lists du manuel à l'onglet **LANCER**, il est forcément ouvert et organisé comme précisé sur la Fig.4 de la page 4.
- * **ITEM** > 777 puis bien suivre ligne à ligne le **PROFIL** de **LANCEMENT AUTOMATIQUE**.
- * Au fur et à mesure de la progression, tourner les pages de **RESCUE**. Normalement, quand l'incident critique va se produire, vous serez sur l'onglet **T.A.L.** puisque on a dépassé le point **RTLS** mais pas encore abouti au point **GO**.

[Ctrl] P > PAUSE !

Comme chaque fois qu'un accident se produit, tout se passe très rapidement, on n'a pas le temps d'analyser. Il faut donc se préparer à l'avance ... ANTICIPER. Dans ce but, nous allons utiliser la Fig.25 qui représente une copie d'écran réalisée au moment où le hurlement du "Master Alarm" vient de nous faire sursauter. L'extrait colorié en jaune présente la configuration une seconde avant l'incident. MET 05:01 est affiché en **A**. En **B** on observe que l'on est en dessous de la trajectoire théorique, mais pour ce vol nous savons que c'est normal. Tout va bien, et l'on peut constater en **C** que les trois MPS sont à la pression nominale de 104%, les deux OMS en **D** sont inertes. On est décontracté, tout se passe comme au cinéma. Et puis, brutalement, c'est l'explosion des décibels en cabine. Tous les passagers sursautent. Mais votre entraînement vous a préparé à une telle situation. Donc vous réagissez promptement. Par réflexe, la toute première chose à faire au déclenchement de l'alerte, c'est de regarder immédiatement dans le cadre **1**. Si l'un des moteurs est défaillant, comme repéré en **2**, on peut presque

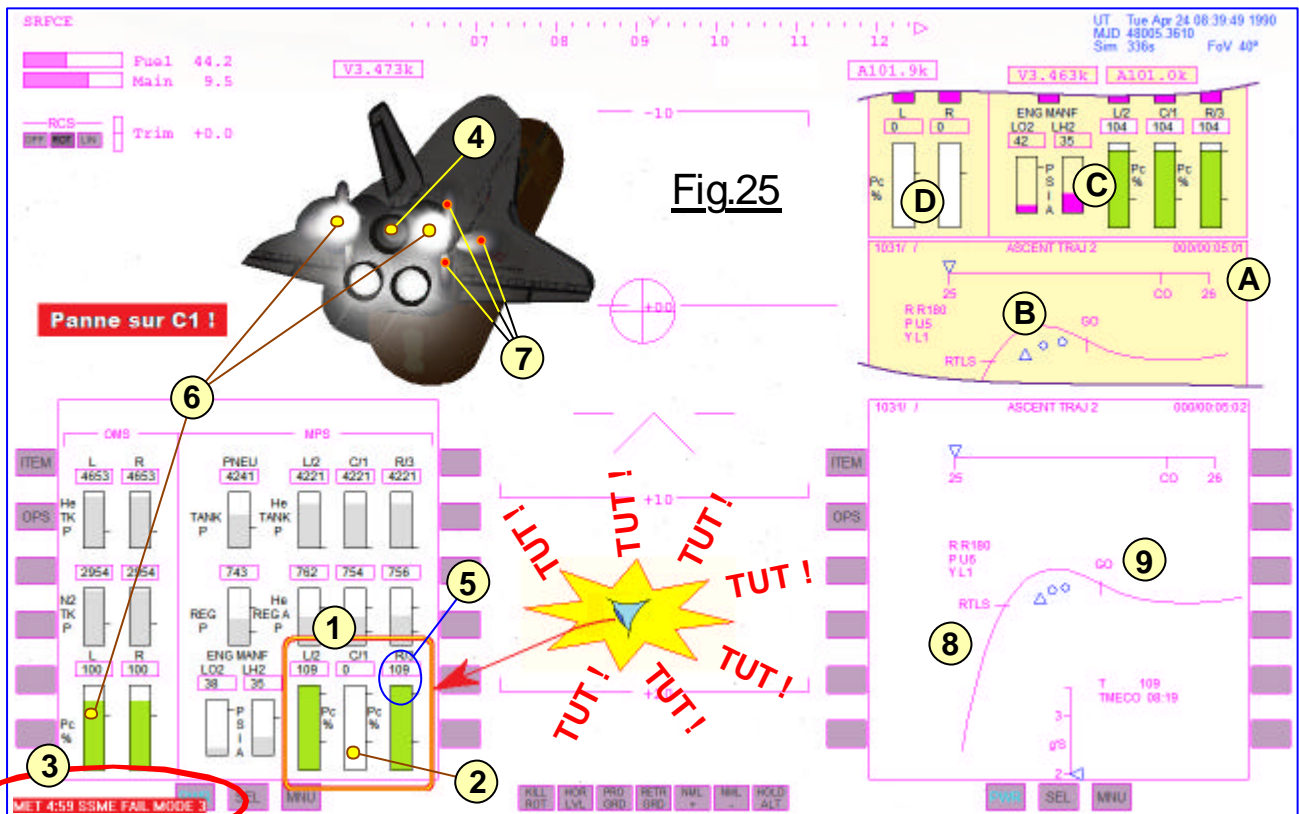


Fig.25

faire OUUFFFF car ce n'est pas un booster qui est en cause. Notre vue saute alors en **3** pour avoir confirmation. Soulagement, ce n'est pas un SRB, mais un MPS. (À MET > 02:04 il sont largués depuis un moment, mais plus tard, l'incident pourra se produire à tout moment et il faudra vérifier) On frappe illico sur **ESC** pour faire cesser ce vacarme infernal. Décortiquons posément la succession des événements :

- > Pour une quelconque raison technique, le MPS central vient de s'éteindre en **4**.
- > Dans la fraction de seconde qui suit, le capteur de pression dans la chambre de combustion informe les ordinateurs de bord qui immédiatement engagent des mesures de sauvegarde :
 - * Augmentation au maximum de la puissance sur les deux MPS valides. (De 104% à 109% en **5**) **(1)**
 - * Allumage immédiat et plein feu sur les OMS en **6** pour ajouter de la poussée au déficit actuel.
 - * Allumage en **7** de tous les RCS en mode "poussée neutre" pour purger du carburant. **(2)**
 - * Débranchement du pilote automatique, ***l'assiette n'est plus gérée par les automatismes***. **(3)**

Il importe donc de prendre immédiatement la conduite du vaisseau en main. Quelle que soit la décision qui sera prise par CAPCOM, de toute façon commencer par cabrer franchement à 60° pour ne pas que notre vecteur vitesse symbolisé par \oplus ne devienne trop négatif. (**ATTENTION, on cabre ... vers le bas !**) N'ayant pas dépassé le point **GO** sur la courbe de **GPC MFD** nous pensons à un déroutement vers l'Espagne de premier abord. Mais au sol, les calculateurs démontrent que les conditions d'altitude et de vitesse actuelles, ainsi que la compensation par les SSME seront suffisantes pour atteindre une orbite stable. Consigne est reçue de poursuivre en ATO. On tourne une page de **RESCUE** et on enlève la PAUSE.

Onglet **A.T.O**, sans précipitation, mais avec professionnalisme :

- "**X**" pour "tasser" les échelles du HUD et voir affichés simultanément les deux marqueurs ∇ et \oplus sur l'écran. En effet, on pointe le nez très haut, loin du vecteur vitesse qui doit rester "sur l'horizontale".
- Garder à droite **OPS** > **1**, et sélectionner **Orbit** sur le MFD de gauche.
- Maintenir \oplus proche de zéro, surveiller la valeur de l'apogée pour ne pas la dépasser.
- Faire attention à ne pas exagérer le cabrage, ce qui engendrerait une trop grande verticalité des marqueurs de prédiction, les conserver comme représenté sur le manuel de vol. **ATTENTION: Vers la fin, l'apogée va croître rapidement** et peut atteindre des valeurs exagérées, donc "*** num**" avec anticipation.

(1) Pas de panique, ce n'est pas une surcharge, ils sont prévus pour assurer une telle poussée.

(2) On ne peut pas empêcher cette action dans Orbiter qui va maintenir la purge jusqu'à descendre en dessous de 36% dans le réservoir. C'est ennuyeux dans l'éventualité d'une poursuite en mode ATO, car un maximum de carburant sera utile pour finir la mission, mais on ne peut rien y faire.

(3) C'est un choix logiciel sur les Navettes FLEET, mais dans la réalité, des procédures automatiques sont prévues, et engagées en fonction des options privilégiées par CAPCOM.

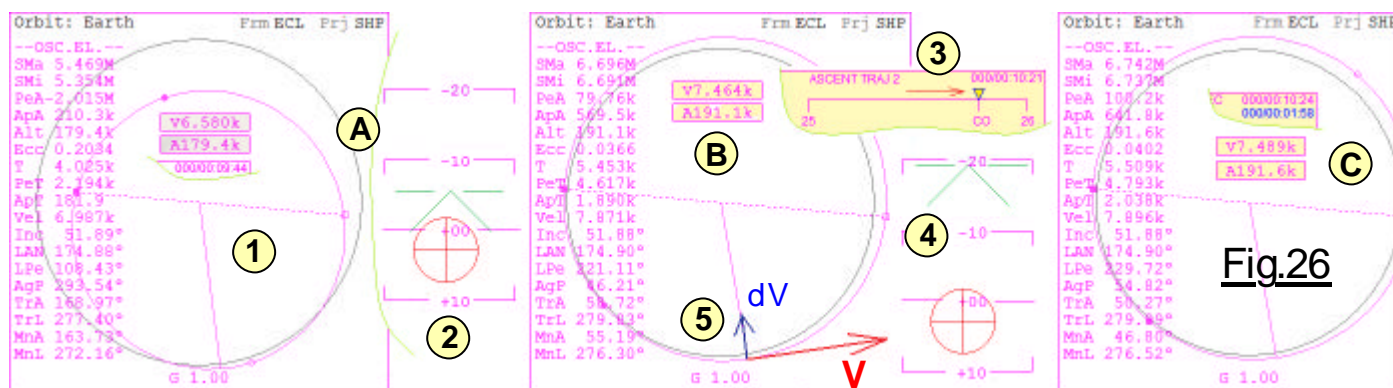



Fig.26

Déroulement des événements sur la Fig.26 : En **1** de la copie d'écran **A**, on est à MET **09:44**, le périégée est dans la Terre et l'apogée encore bien trop faible. Le vecteur vitesse en **2** est légèrement au dessus de l'horizon ce qui est normal quand on regarde la position du vaisseau sur sa trajectoire. (Un vecteur vitesse est toujours tangentiel à la trajectoire, car c'est spécifiquement ce vecteur qui la génère) La courbe Képlérienne sur laquelle il va cheminer "monte", car on n'est pas encore arrivé à l'apogée actuelle de 210.3 km. Pour ne pas que la vitesse verticale ne fasse trop augmenter cette valeur, et surtout pour gagner maintenant de la vitesse horizontale, (*C'est elle qui va nous satelliser*) le nez du vaisseau pique un peu vers le bas, le pointeur  est dirigé vers les valeurs négatives du cabrage.

La copie d'écran **B** se situe à MET **10:21**, soit à peine 37 secondes plus tard que **A**. Notre altitude n'a pas beaucoup évolué, par contre la valeur de l'apogée grimpe rapidement. En **3** l'indicateur de "vitesse inertielle" nous informe du fait que l'on a atteint une célérité orbitale. Pour ne pas se faire "déborder" sur la valeur de l'apogée, on pique franchement vers le bas, comme vous pouvez le constater en **4**. Mais ce sera insuffisant, car notre vecteur vitesse **V** tracé en **5** reste très grand par rapport au **dV** tracé en bleu que l'on va pouvoir impulser avec les moteurs. (*Les échelles ne sont pas respectées*) Fin de combustion sur la copie d'écran **C** à MET **10:24** soit à peine trois secondes plus tard. La vitesse orbitale est passé de 7.464 à 7.489 m/s, l'augmentation est faible, pourtant l'apogée s'est hissée de 569.5 à 641.8 km ... on a dépassé. Ce n'est pas grave, puisque tout au plus on a perdu une à deux secondes de carburant, et puisé sur le réservoir extérieur. *Mais cet exemple montre bien pourquoi en fin de lancement, il faut diminuer la poussée sur les moteurs si on désire vraiment respecter des spécifications orbitales.* La scène **10) ATO en fin de lancement.scn** vous fournit l'état de la copie d'écran **C**, il ne reste plus qu'à terminer la mission :

Largage manuel du réservoir extérieur.

- Réaliser un retournement en roulis pour faire passer la Navette sur le dessus.
- "**I num**" : passer les RCS en mode **LINéaire**.
- "**J**" pour débrider le réservoir extérieur et désengager les cordons ombilicaux.

On passe sur le réservoir interne qui normalement devrait être gavé à 100%. Mais la purge sur incident moteur l'a ramené à la misère de 36%, il faudra bien faire avec ...

- "**8 num**" quelques secondes pour assurer la séparation des deux protagonistes. Il reste 35.8% de fuel.
- "**[CTRL] J**" pour fermer les trappes.

Terminer la mission.

Commencer par remonter la valeur du périégée.

- Attendre de se trouver proche de l'apogée et orientation **PRO GRD**.

ATTENTION : Il est devenu fondamental de sauvegarder HUBBLE en le "déposant" sur une orbite de sécurité, mais la priorité des priorités reste avant tout le retour sur Terre de l'équipage. En page **9** du manuel on a déjà vu que pour rentrer d'aussi haut, il nous fallait au moins 21% de carburant, que l'on va maintenir à 25% pour conserver une marge de sécurité. DONC, poussée en mode **PRO GRD** en surveillant en permanence la valeur du périégée pour ne pas dépasser, mais surtout le % de ce qui reste comme propergols dans les réservoirs. Arrivé à 25%, **Orbit** annonce 415 Km pour le périégée, ce qui n'est pas nominal. De plus, une valeur de 51.88° pour **Inc** n'est pas non plus conforme aux spécifications. On va libérer HUBBLE sur cette orbite, il s'y trouvera bien plus en sécurité que si on le ramenait au sol. Mais la mission n'est pas un plein succès, il faudra envoyer une autre Navette pour le capturer, le placer en soute, affiner l'orbite et enfin lui rendre sa liberté. Toute opération technique de cette envergure peut engendrer soit de l'échec total, soit du demi-succès. Il en sera toujours ainsi, cela se nomme ... l'esprit d'entreprise qui est indissociable d'un capital risque calculé.

Gérer une procédure T.A.L. :

C'est l'étape qui suit naturellement l'A.T.O dans la progression de notre formation. Comme déjà précisé, c'est toujours STS - 31 du 24 Avril 1990 qui est supposé subir une panne grave au décollage, qui ici engendre l'obligation d'aller faire un peu de tourisme en ce lieu poétique désigné par le sigle barbare : ZZA. L'alerte va se déclencher à MET 08:03, ce qui fait que l'on aura largement dépassé le point **GO**. Mais comme ce sont deux moteurs qui vont flancher simultanément suite à une coupure de courant sur les vannes d'alimentation 137A25 et 141A43, la mise en orbite n'est plus possible. On ne peut envisager de boucler la trajectoire et terminer sur une AOA, les conditions balistiques actuelles étant insuffisantes. Comme le point **RTLS** est loin dans le sillage, un retour à la base est totalement exclus. Il ne reste plus que le déroutement outre Atlantique. Le jour se lève sur **11) Gérer une TAL.scn**, l'équipage est composé de "vétérans qui en ont vu d'autres", la chronologie s'égène avec la régularité d'un métronome. Inutile de préciser que **le vaisseau a été préparé dans les règles de l'art** et que durant la montée vous allez non seulement tourner les pages de **RESCUE**, mais également affecter une base de déroutement dès MET 03:54 conformément à l'instruction du manuel de vol dans l'onglet **PROFILS**.

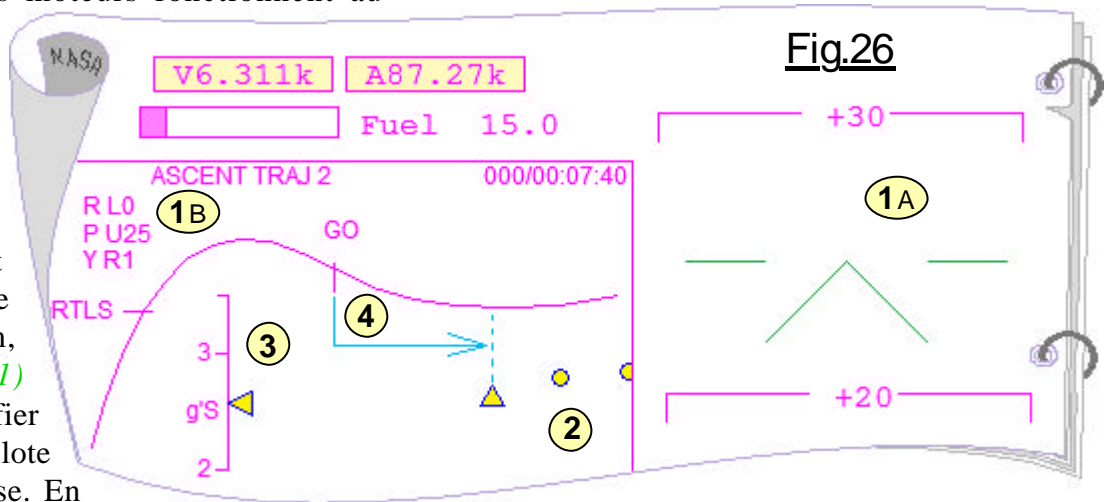
ITEM > 777 les SRB déchaînent leur folie, tout vibre à bord. C'est parti pour les étoiles !

Montée nominale, séparation des boosters. À MET 04:40 on a largement dépassé **RTLS**, consigne nous est donnée de CAPCOM de configurer les automatismes en vue d'un éventuel déroutement outre Atlantique toujours envisageable. Sur le **MFD de gauche** :

- **SEL > Map > TGT** > Comme on ne voit pas la liste, il faut décaler la fenêtre d'**Auto FCS** sur le coté > **By name ...** > Tout en bas **ZZA - Zaragoza**.
- Remplacer au centre la fenêtre d'**Auto FCS**. Y sélectionner la base **ZZA** et la piste **RW12**.
- Cliquer sur l'écran pour valider à nouveau le clavier hors "commandes fenêtre d'Auto FCS".
- À gauche revenir sur **SEL > GPC MFD > OPS > 6** et poursuite tranquille du vol.

Les témoins qui surveillent la bonne santé de HUBBLE sont tous au vert. Ouf, il a correctement résisté aux secousses du décollage. Le plus délicat est réalisé. Les secondes s'écoulent, faisons un petit **bilan santé** à 07:40. Quand on compare à la ligne correspondante sur le profil standard, coté Fuel on est conforme. Cela prouve que les moteurs fonctionnent au

nominal. On a un déficit en vitesse de 0.23 m/s ce qui est normal, la masse embarquée étant élevée. Qui dit moins vite, dit moins haut avec un manque d'altitude de 15 Km, mais c'était prévu. (1) Du reste, on peut vérifier sur la Fig.26 que le pilote automatique compense. En



1 par exemple, le cabrage est de 25°, alors que sur un vol banal vers ISS il ne serait que de 22°. Les prédictions en **2** montrent une progression vers le haut, et le plus rassurant, en **3** : annonce d'une accélération de 2,6 G ce qui n'est pas dérisoire du tout. Le point **GO** est largement dépassé comme "souligné" en **4**. Bref, c'est dans la poche. Et puis ... PAFFF, **MET 08:03** le couperet tombe brutalement, sans prévenir ! Le verdict est sans appel. Deux moteurs qui flanchent simultanément. L'équipage a immédiatement saisi toutes les conséquences de cette panne. Fin des réjouissances, le charme est rompu et surtout ... il y a urgence. La copie d'écran Fig.27 montre la supériorité des automatismes. L'alerte sonore vient à peine de se déclencher. Le **L/2** et le **R/3** en **1** sont en train de s'étouffer. La pression dans les chambres de combustion n'est pas descendu en dessous de 88% que déjà la procédure de sauvegarde est engagée. L'allumage des deux OMS est initié, et l'on voit en **2** qu'ils montent en puissance. Comme ils ne sont qu'à 40%, leurs

(1) Il m'est arrivé parfois durant les innombrables lancements effectués pour écrire ce tutoriel, que le vaisseau soit au-dessus de la courbe. Allez-donc savoir pourquoi ??? Donc si ça vous arrive, rien de bien tragique, cela n'influence pas beaucoup la suite des événements.

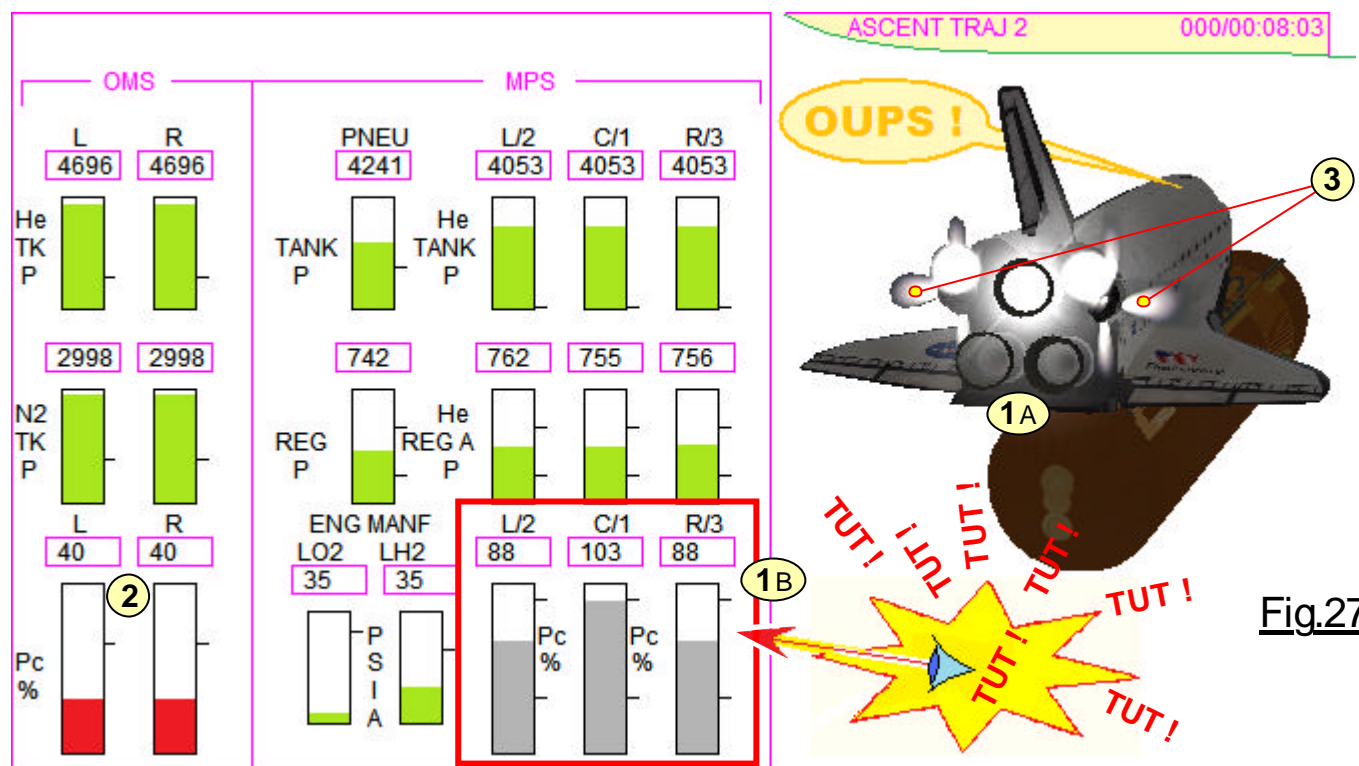


Fig.27

rampes lumineuses sont de couleur rouge. En **3** la purge du réservoir interne est commencée. Toutes ces actions sont quasi immédiates, et vous n'aurez presque pas le temps de les observer sur l'écran. C'est la PAUSE au bon moment qui révèle toutes ces subtilités. Aucun humain n'aurait cette rapidité de réaction. Allez, pas le temps de méditer sur la précession des équinoxes, le manuel de vol subit sa giration immédiate de type Fig.4 et l'on entame sans plus attendre la liste des actions listées page 8-4 !

- "[ESC]" > ITEM > 20 ↵ pour déclarer à GPC MFD le début d'une T.A.L. Son écran se complète immédiatement par l'affichage du profil de rentrée et passe en mode TAL TRAJ 2.
- "/ num" pour LIN > "J" : larguer le réservoir >
- "8 num" quelques secondes pour éloigner la Navette, puis "/ num" pour ROT.

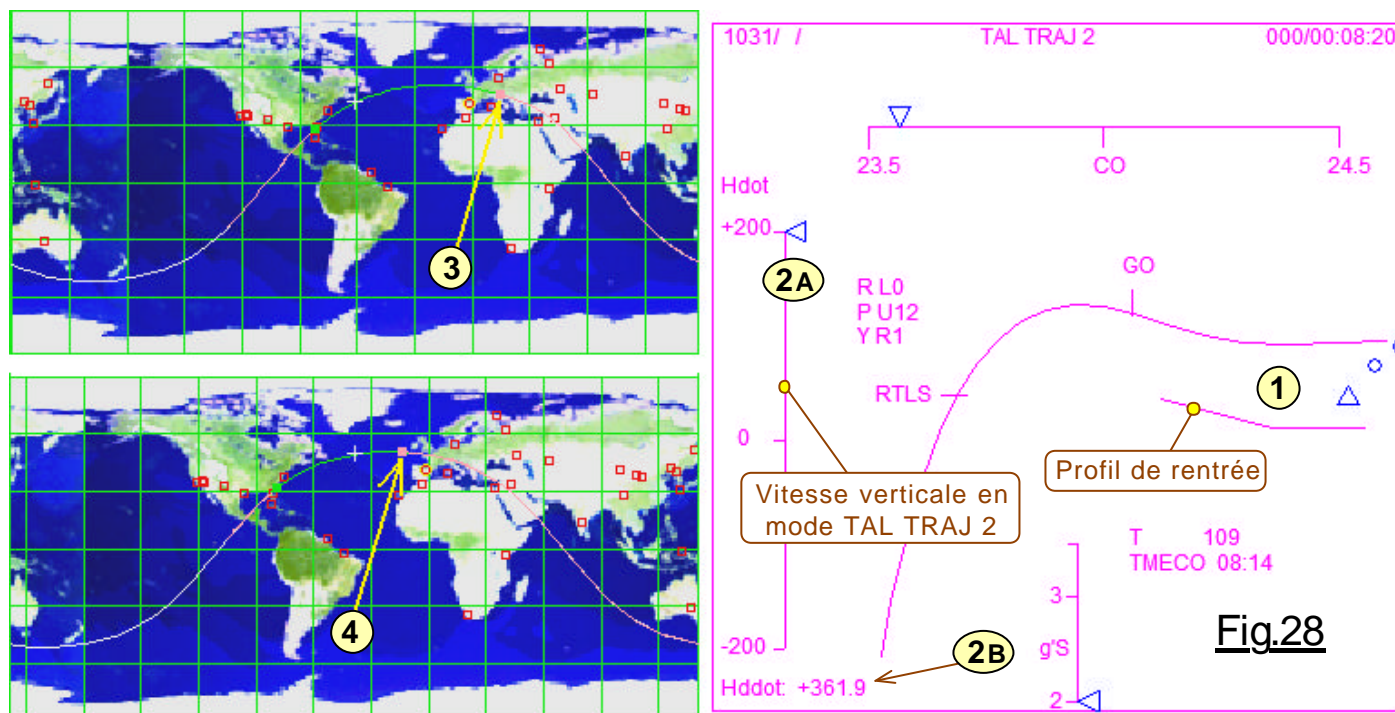


Fig.28

- Cabrer à 80° > KILL ROT pour faciliter le maintien de l'orientation.
- "[CTRL] + num" pour poussée maximale. Il faut ramener le vaisseau sur le profil 1. (Fig.28)
- Quand l'altitude augmente, diminuer le cabrage. Chercher environ 100Km sans trop dépasser.
- Surveiller la vitesse verticale en 2A et l'accélération verticale en 2B pour éviter une perte d'altitude.
- Avec la certitude d'atteindre la base : * num pour stopper la poussée sur les OMS.

Il ne faut surtout pas que le point d'intersection entre l'orbite et le sol dépasse la base de secours comme représenté en **3**, mais rester bien avant comme montré en **4**. Si on dépasse, **Auto FCS** ne pourra pas faire réaliser un demi-tour à la Navette, et n'aura pas le temps d'effectuer un freinage de type **Pre-Burn**.

- **Attendre la fin de la purge automatique qui allège le vaisseau.** (Le **Fuel** diminue à 36.0 %)
- Couper **KILL ROT** > Fermer le MFD de gauche.
- "**B**" et vérifier l'affichage à gauche d'un texte du type **DAP engaged pitch jets only**.
- Pour éviter une surcompensation par **Auto FCS**, Placer le vaisseau en **PRO GRD**, puis les ailes à plat. Cabrer d'environ 40°. Vérifier que **KILL ROT** ... **HOLD ALT** sont tous inactifs.

- Cliquer sur **SEL** de **Post-Burn / El.**
- "**U**" pour activer **Auto FCS** > "**B**".
- "**[CTRL] J**" pour fermer les trappes puis vidanger le carburant jusqu'à ≈ 500 Kg.

MFD de droite :

- **OPS 4** > **ITEM** > **41** > **9** pour référencer la base de déroutement.
- **ITEM** > **3** ou **4** pour sélectionner la piste si ce n'est pas la 12.
- **ITEM** > **6** pour imposer le coté du **HAC**.

MFD de gauche :

- **SEL** > **COM/NAV** > Caler les fréquences radio 116.65 pour l'ILS et 117.7 pour le VOR.
- **SEL** > **HSI** > Sélectionner VOR à gauche, ILS à droite et ajuster le QFU de la piste.

On se retrouve alors dans les conditions d'un atterrissage standard. Il suffit de gérer l'arrivée conformément aux procédures. Pensez à sortir les sondes avec **[Ctrl] 5** vers 10 Km d'altitude à une vitesse inférieure à 500 m/s. La Fig 29 nous montre la belle arrivée de jour sur ZZA, par une météo de rêve et en **1** les consignes données qui sont scrupuleusement respectées. En **2** on n'a pas oublié d'initialiser convenablement **GPC MFD** pour cohérence avec **Auto FCS**. En **3** on adapte le **HAC** à celui adopté par le P.A. Du coup, en finale notre trace suit bien en **4** une trajectoire prédéterminée. En **5**, toujours aussi bavards, les asservissements nous racontent en permanence ce qu'ils sont en train de faire. (Le **Flare** est le cabrage effectué par un hélicoptère juste avant de toucher le sol pour "casser" la vitesse verticale)



Fig.29

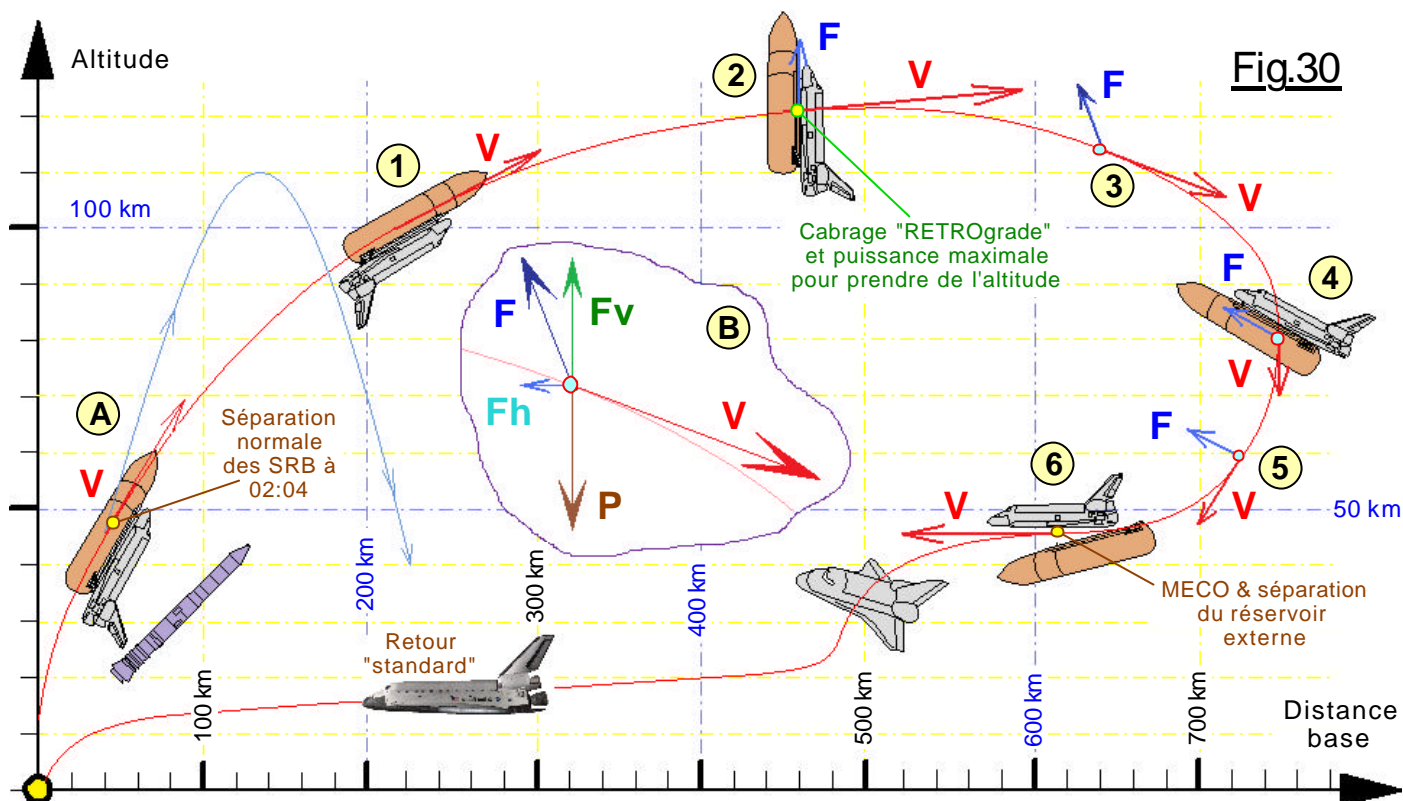
Toucher des roues, freinage ... la Navette s'immobilise.

- **[MAJ] 0** pour rétracter les aérofreins que l'on vérifie sur l'indicateur spécifique **6**.
- **[Ctrl] 5** pour escamoter les sondes.
- "**B**" pour rétracter le plan du compensateur que l'on vérifie en **7**. (Mais plus "parlant" en vue extérieure)
- "**U**" pour désactiver le P.A.

Mauvaise journée, et ce n'est pas la beauté des élégantes danseuses Espagnoles qui va pouvoir évacuer ce soir la noire frustration de l'équipage ...

Gérer une procédure R.T.L.S :

C'est la procédure la plus crainte des équipages et des techniciens au sol. Vous allez voir que si la façon de conduire une T.A.L. n'était déjà pas très facile à réussir, probablement que vous avez dû vous y prendre à plusieurs reprises, le **Return To Launch Site** est franchement délicat à apprivoiser. C'est une manoeuvre qu'il faut bien comprendre, avant de se lancer dans la "bataille". Une procédure E.C.A.L. est strictement analogue, sauf qu'au lieu de revenir à KSC, l'inclinaison de l'orbite impose de choisir un autre site, mais toujours du même côté de l'océan Atlantique. Comment se déroule un tel scénario de sauvegarde quand la panne survient et ne permet pas de traverser la grande bleue ?



À la séparation des SRB en **A**, la vitesse **V** est insuffisante pour orbiter, mais la composante verticale engendre une apogée de valeur notable que l'on peut visualiser sur la trajectoire Képlérienne du moment représentée en bleu clair. En **1**, tout est normal, la Navette poursuit sa montée, en étant "sous" le réservoir. Elle est de moins en moins cabrée pour augmenter la composante horizontale du vecteur **V**, composante qui sera à l'origine de la satellisation. En **2** panne moteur et cabrage immédiat à la verticale pour pousser vers le haut avec l'effort **F**. Dans cette position, la Navette possède la vitesse **V**, elle vole à "reculons" !

Un petit chouilla de mécanique :

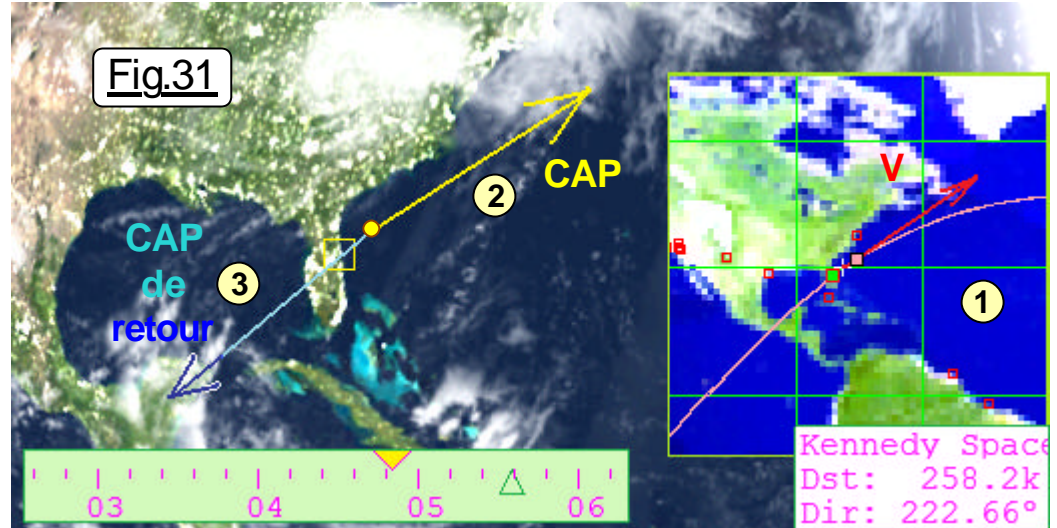
Examinons ce qui se passe en **3** par exemple. Pour mieux voir, l'écorché en **B** est représenté deux fois plus grand. Nous savons qu'un vecteur vitesse **V** est toujours tangent à la trajectoire suivie par un mobile. Comme la Navette a diminué son cabrage (*Dirigée vers KSC*) la poussée **F** de ses moteurs est dirigée vers le haut et à contre sens de la vitesse. La composante horizontale **Fh** fait diminuer la grandeur de **V**. Mais la composante verticale **Fv** vers le haut est plus petite que le poids **P** de la Navette. Du coup elle descend. C'est pour ralentir cette chute inexorable qu'une purge de carburant est immédiatement amorcée sur panne moteur afin d'alléger l'ensemble. Arrivée en **4**, la vitesse horizontale s'est annulée, alors que les réservoirs se vident et le poids total diminue. Toujours en train de tomber, mais à la verticale, toujours cabrée pour maintenir un **Fv**, la composante **Fh** va commencer à augmenter la grandeur de **V**, mais cette fois dirigée vers la base. On a réussi le "demi-tour". En **5** la portance va commencer à vraiment augmenter, car on bénéficie d'une atmosphère plus dense. Il faut alors diminuer le cabrage pour pousser de plus en plus vers l'horizon. Arrivé en **6**, les conditions cinématiques sont telles qu'un retour en plané à la base est assuré. Largage du gros bidon et passage du pouvoir à **Auto FCS** qui assurera un retour "nominal". Notez que le graphe Altitude / Distance sur la Fig.30 ne traduit qu'un profil de retour parmi plusieurs qui sont fonction des conditions cinématiques présentes au moment de la panne et dépendent de la vitesse acquise et de l'apogée instantanée assurée à ce moment là.

Le profil donné dans p19 et p8-3 du manuel est plus réaliste. De plus, durant l'exercice proposé, vos valeurs seront un peu différentes, il ne faut pas s'attendre à suivre ces "courbes" comme si on était sur des rails.

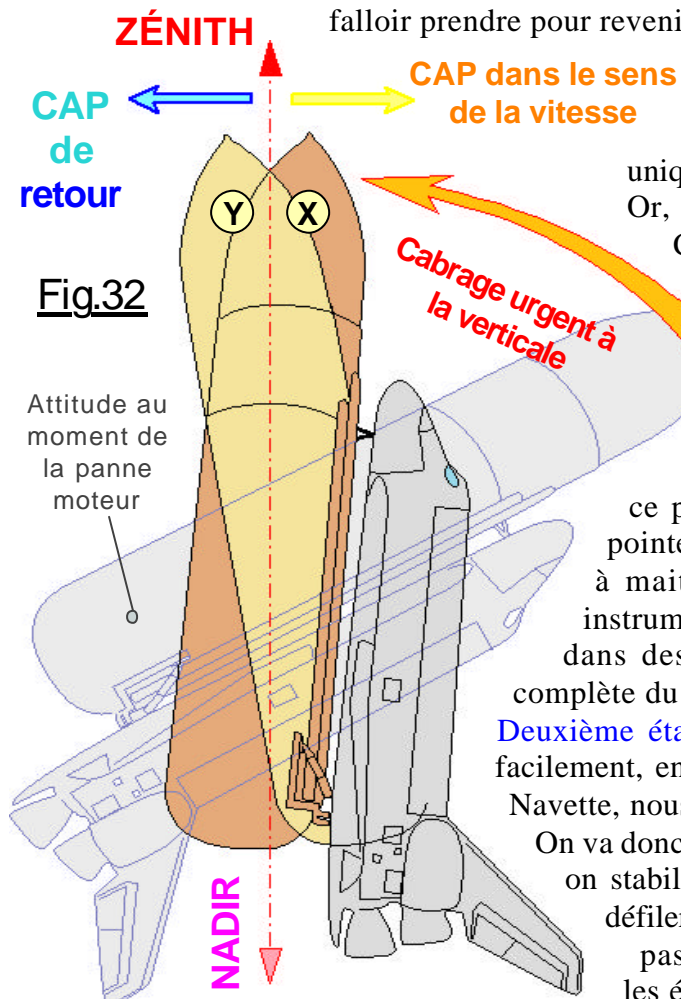
Problème de pilotage :

Outre que l'on va devoir gérer en manuel le cabrage et la diminution progressive de ce dernier, alors que l'altimètre plonge, que la Navette vole "dos au vent", ce qui n'est déjà pas si simple que ça, de surcroît on va se heurter à un autre phénomène qui bien entendu va chercher à nous déstabiliser : Tous les instruments de bord ne seront pas utilisables, et tout particulièrement le compas du HUD en début de procédure qui va s'amuser à tourner comme une toupie. Il va falloir piloter avec des références extérieures. Le sujet a été abordé en détail dans le divertissement **Tutoriel_Mercury** disponible sur <http://orbiter.mustard-fr.com/tutorials/tutorials.php>. (Publicité déguisée 😊) Voyons dans un premier temps quelle est l'origine

de l'affolement de notre compas. Considérons la Fig.31 qui montre la situation au moment de la panne tant redoutée. Un extrait de Map en 1 montre, conformément à l'orbite Képlérienne représentée en A sur la Fig.30, que presque l'ensemble de la courbe en rose est à l'intérieur de la sphère Terrestre. En rouge sur cette carte le vecteur vitesse **V**.




Notre vaisseau pointe son museau dans la direction de **V**, et le compas indique un cap actuel d'environ 48°, direction repérée par le vecteur jaune en 2. En bleu, le vecteur direction "réciproque" 3 qu'il va falloir prendre pour revenir à KSC, avec un cap qui va ressembler à du 223°. Le



cap, c'est la direction dans laquelle pointe l'axe longitudinal de notre astronef. Notons au passage que le cap n'a rien à voir avec le vecteur vitesse, mais uniquement "la direction dans laquelle regarde le vaisseau". Or, quand on se place à la verticale, on pointe "partout".

C'est la raison pour laquelle au décollage, le compas est pris de panique pendant quelques secondes.

Quand on pointera notre  vers le zénith, à peine on dépassera d'un côté vers **X** ou de l'autre vers **Y**, on passera instantanément du cap 48° à son réciproque 228°. Et les graduations sur le HUD vont "tourner" avec hystérie. La fig.32 illustre ce phénomène que l'on rencontrera chaque fois que l'on pointe le ZÉNITH ou son opposé le NADIR. Si on cherche à maîtriser notre cabrage et notre orientation avec les instruments de bord, en quelques secondes on va s'engager dans des surcompensations brutales et une désorientation complète du commandant de bord qui aura perdu le Nord !

Deuxième étape, comment contrer cette tragique situation : Très facilement, en ne tenant aucun compte de la rose des cap. Dans la Navette, nous avons la chance de voir le ciel bien en face de nous.

On va donc gérer la valeur du cabrage en consultant le HUD, mais on stabilisera en roulis en observant les étoiles. Elles doivent défiler "bien verticalement" pendant toute la phase qui fait passer de 2 à 6 sur la Fig.30, nous avons maintenant tous les éléments pour mériter nos galons.

Chargez la scène **12) Gérer une RTLS.scn** qui, pour ne pas changer les paramètres de masse, reprend le décollage de STS - 31 du 24 Avril 1990 avec HUBBLE toujours en soute. Cette fois, la panne du moteur n°2 va survenir à MET 02:20, triste palindrome qui nous oblige à suspendre immédiatement le vol avec une procédure de type **RTLS**. Le problème est codé dans le scénario sous forme "entraînement" représenté sur la Fig.33, c'est à dire que la couleur est annoncée dès le décollage. C'est juste pour vous montrer une autre possibilité dans Orbiter. À ce stade de la formation, préparer dans le plus petit détail notre appareil et déclencher le décollage confine à une routine tout ce qu'il y a de plus ritournelle. Manuel de vol organisé, **Auto FCS** en attente, tous les MFD au petits oignons, c'est de la belle ouvrage. La commande **ITEM > 777** nous tire de

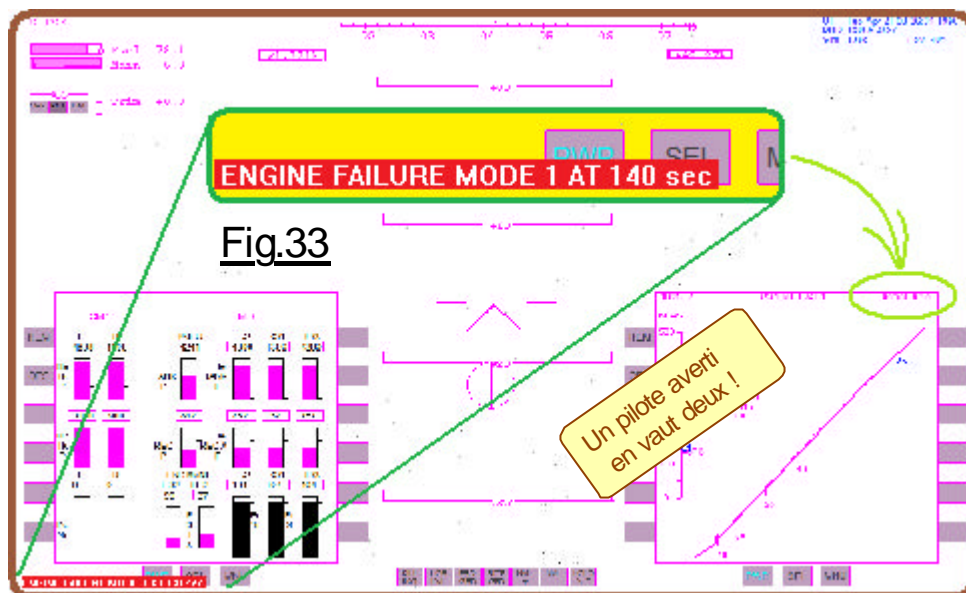


Fig.33

notre torpilleur dans laquelle nous avons failli sombrer. Tapage assourdissant, les SRB ... c'est parti ! Quand l'alerte se déclenche, on voit bien en **1** que l'on est loin d'avoir dépassé le point **RTLS**, le retour à la base est impératif. La copie d'écran Fig.34 nous montre la configuration à MET 03:00 c'est à dire quarante secondes après le hurlement du klaxon. Nous savons que la première chose à faire après **ESC**, c'est de cabrer immédiatement à la verticale, et de la dépasser de 10° pour impulser un début de freinage. ATTENTION : On est la tête en bas, donc pour cabrer, dans le vaisseau on doit piquer vers notre bas comme montré par la flèche **2**. Les étoiles filent à l'opposé : flèche **3**. Avec les étoiles en **4** on stabilise le roulis, et sur le HUD en **5** on ajuste l'angle de cabrage. En **6** on est bien en orientation "de retour", et tant que l'on maintiendra cabrage et roulis, le compas va rester relativement sage. Vous pouvez vérifier en **7**

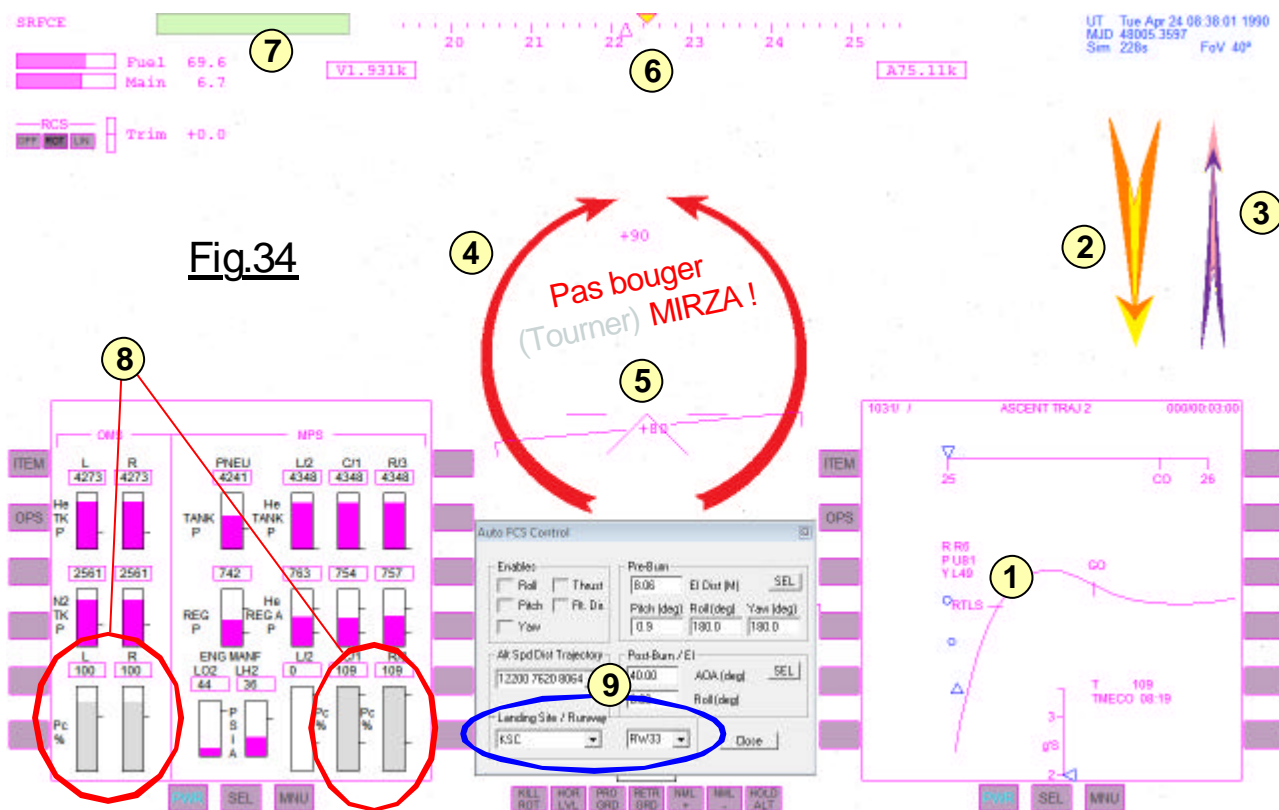


Fig.34

qu'**Auto FCS** est bien en attente, son écran de bavardage est vide. En **8** on constate que les asservissements ont correctement réagi, inutile d'aller voir à l'extérieur, la purge de carburant par les RCS est commencée. Enfin, en **9** les paramètres sont corrects.

Quand on se trouve à 467 km de la base on est à 113 km d'altitude comme on peut le voir sur la figure 35. C'est assez conforme à ce qu'impose le profil de la page 8-3 du manuel. En 1 on est pratiquement à la verticale, alors que le cap en 2 s'en donne à coeur joie. Mais on n'en tient pas compte, et on stabilise avec

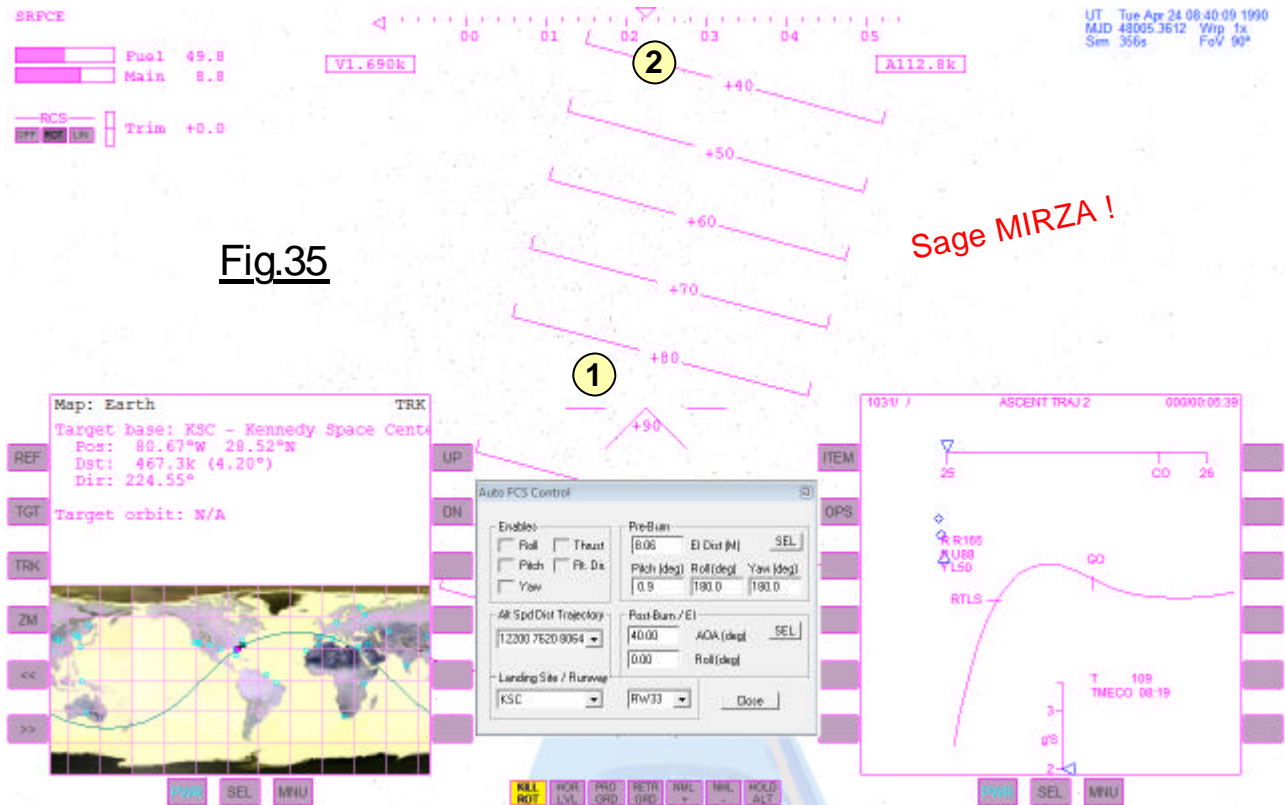


Fig.35

les étoiles et **KILL ROT**. Commencer par diminuer le cabrage, il faut absolument annuler et inverser la vitesse horizontale. On reste le museau en l'air jusqu'à 550Km de la base, en ayant diminué progressivement le cabrage à 70°. À ce stade de notre mésaventure, l'altitude est de 131 Km mais surtout la vitesse diminue et va passer par son minimum de quelques m/s. Pour ceux qui le désirent, une telle étape est préservée dans **14) RTLS début du retour.scn** sachant qu'au rechargement **Auto FCS** ne sera pas actif, ce qui est sans importance du reste. Le montage de la Fig.36 résume les points importants quand on recharge cette scène. Dès que la PAUSE est supprimée, piquer pour ramener le cabrage à 20° et le maintenir jusqu'au largage du réservoir extérieur. On voit sur **Ascent profile** que nous avons maintenu une vitesse verticale positive en permanence, et même dépassé un peu l'altitude correspondante du graphe de la page 8-3 du manuel. C'est pas très important, il vaut mieux être trop haut que trop bas, car c'est à partir d'ici que la chute va être inexorable, quand à PITCH de 20° on pousse au maximum avec **Fh** pour reprendre de la vitesse vers la base. Pendant ce temps, l'attraction terrestre nous attire virulemment vers le bas et c'est la dégringolade. Sur notre lancée, on culmine vers les 141 km d'altitude, puis rapidement c'est le déclin représenté sur la Fig.37 qui représente la phase cruciale où

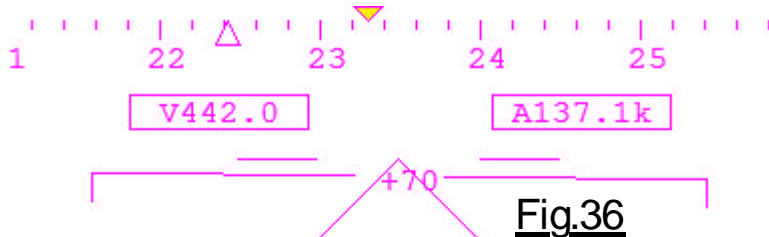
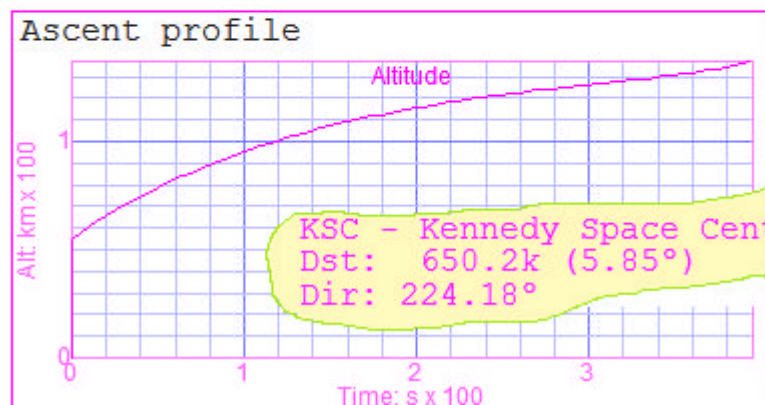


Fig.36



notre avenir se joue. Si à ce moment là on n'est pas assez haut, ce sera le plongeon dans l'eau glaciale de l'Océan. En 1 on ne dispose que de deux MPS, alors qu'en 2 on va stabiliser à 20° en s'aidant de **KILL ROT** en 3, bien qu'à ce stade la Navette est redevenue assez docile. En 4 la grandeur de la vitesse vient de passer par un minimum, alors que l'on remarque en 5 une chute de 14 m/s. La plongée commence et il faut impérativement reprendre de la vitesse, mais vers la base cette fois. En 6 notre cap n'est

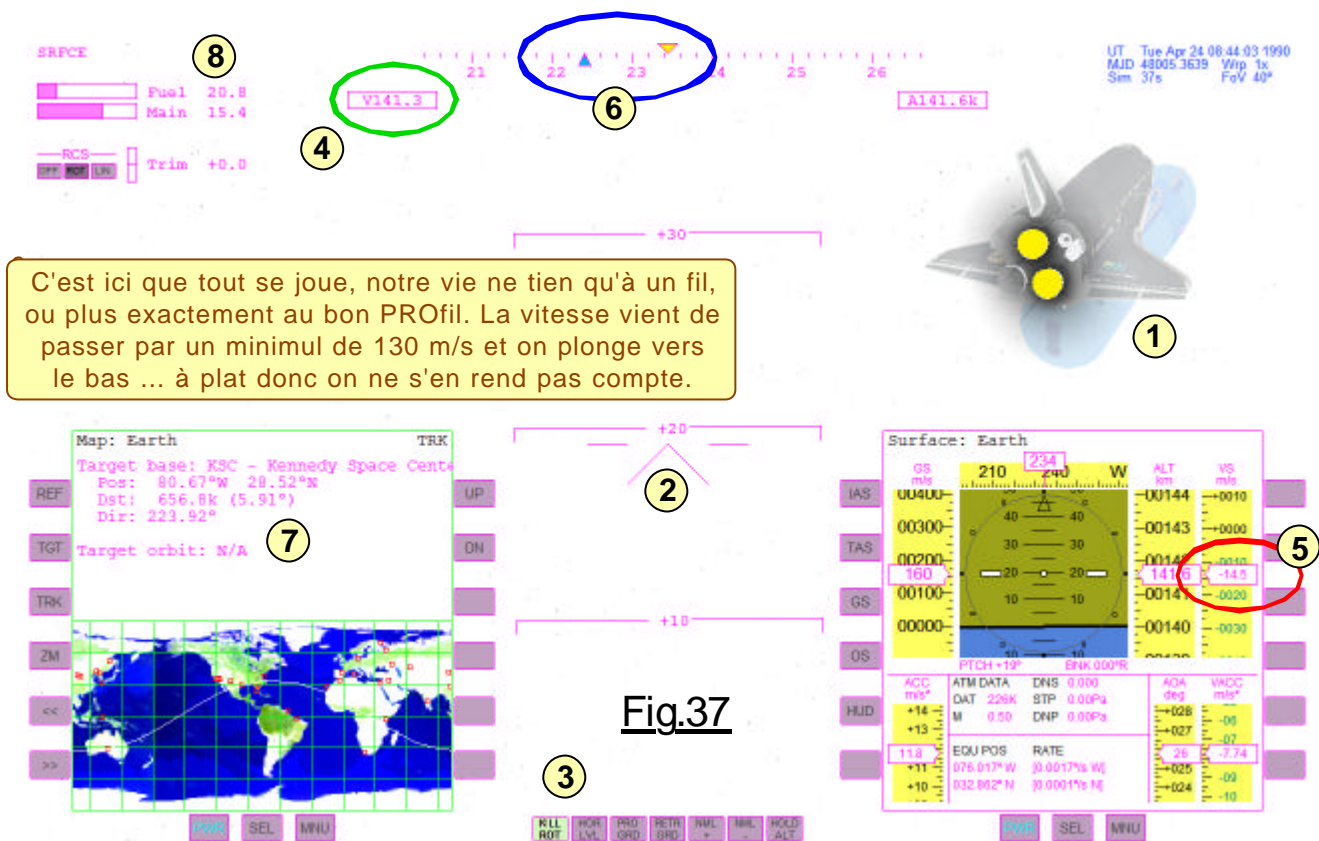


Fig.37

pas exactement celui qui conviendrait en 7 pour réaliser une "orthodromie", mais c'est peu important, nous savons que ce paramètre n'est pas du tout vital. En 8 on ne retrouve pas la fenêtre des comptes-rendus d'Auto FCS, car il n'est pas en service informatiquement au moment du rechargement d'une situation. Pas de problème, on le réactivera le moment venu, c'est à dire quand notre plongée arrivera vers les 80 km d'altitude. Surveiller ce paramètre, car il devient alors urgent de nous séparer de l'encombrant réservoir avant de fleurter avec les couches denses de l'atmosphère et donner à notre machine un semblant de comportement d'aéroplane bien éduqué :

Nous sommes à 80 Km d'altitude, cabré à 20°, à environ 475 Km de la base, et surtout avec une vitesse qui avoisine 3100 m/s dans la bonne direction. Cette configuration sera favorable à une éjection sans risque de collision, sachant que la Navette est sur le dessus de tout cet équipement un peu démesuré.

- **"* num"** pour couper les moteurs > **" / num"** pour LIN >
 - **"J"** pour larguer le réservoir qui se traduit par l'affichage de 36% de fuel > **puis immédiatement :**
 - **"8 num"** quelques secondes pour dégager suivi de **" / num"** pour revenir au mode ROT.
 - Couper **KILL ROT** > Invoquer sans tarder **Auto FCS** qui immédiatement reprend le pilotage. Par défaut quand on l'ouvre, il pointe KSC et la bonne piste. Donc pas de précipitation. Éventuellement fermer sa fenêtre pour dégager la vue sur l'écran, sachant qu'il reste actif.
 - Fermer le MFD de gauche et **"B"** pour activer **DAP engaged pitch jets and elevons**.
- Le compensateur fonctionnera alors automatiquement comme on peut le vérifier en 1 de la figure 38.
- **"[CTRL] J"** pour fermer les trappes et vidanger le carburant jusqu'à ≈ 500 Kg comme vu en 2.

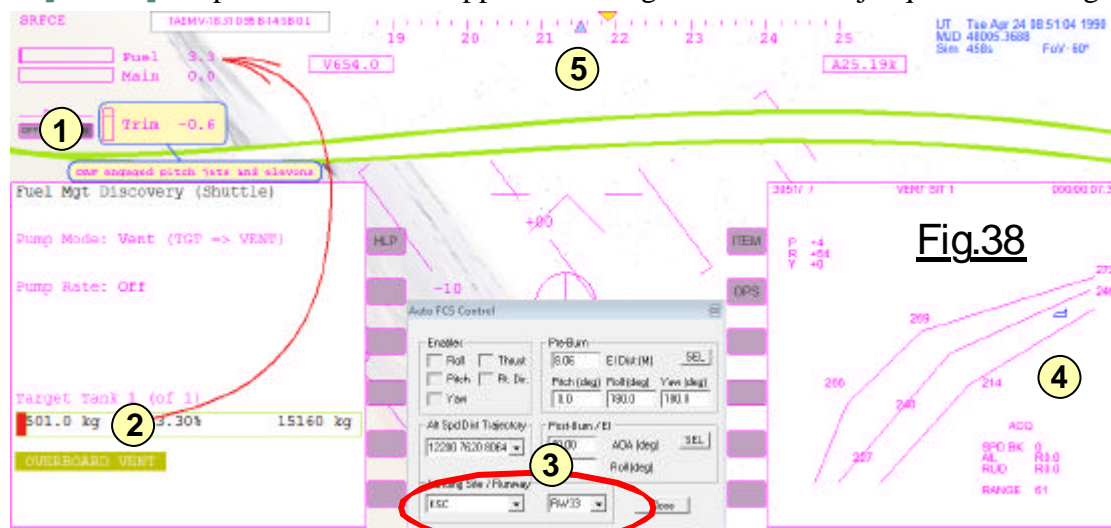


Fig.38

Auto FCS en 3 va piloter au mieux notre vaisseau dans l'un des couloirs de rentrée 4 tout en assurant la gestion correcte du cap en 5. De temps en temps au début de la pénétration atmosphérique l'alerte sonore se déclenche. C'est

Extinction d'une fusée à poudre au décollage :

C'est uniquement parce que dans Orbiter on peut simuler ce type de panne que je vous en propose la gestion de crise, mais franchement je n'y crois pas une seconde. Autant, pour un moteur utilisant des ergols liquides, le nombre de causes possibles pour l'éteindre sont légions sur coupure d'alimentation totale ou partielle, autant, une fusée à poudre une fois allumée ne peut plus être éteinte. C'est aussi vraisemblable que la venue sur le marché d'une nouvelle version de WINDOWS qui ne comporterait strictement aucun bug ! Bon, on va faire comme si c'était possible.

La scène **16) Perte SRB.scn** reprend à son compte le décollage de STS - 31 avec vous l'avez deviné HUBBLE bien sage dans la soute. C'est le SRB de droite qui est supposé flancher à MET 00:40. Examinons ce qui se produit sur la Fig.40 qui suppose la perte de la fusée de gauche par exemple. Il faut savoir qu'au décollage d'un ensemble hybride comme la Navette ou pour les lanceurs Ariane, ce sont les fusées d'appoint à carburant solide qui au décollage apportent la plus grande poussée. Par exemple sur Ariane 5 les deux chalumeaux latéraux fournissent 80% de la poussée. Une force colossale qui engendre une accélération considérable. C'est du reste cette particularité qui fait que la tour de lancement est dégagée rapidement, contrairement aux lancements Apollo où l'on avait l'impression d'une lenteur manifeste à l'arrachement initial du sol. Du coup, quand le boosters de gauche flanche, celui de droite pousse très fortement à droite du centre de gravité **G** de l'ensemble. Il en résulte une inexorable tendance à **D**évier en lacet à gauche.

L'automatisme informé de cette dégradation de l'orientation réagit immédiatement et braque les moteurs MPS en butée vers la fusée active et génère une **C**ompensation. Mais 20% peu décalé de **G** contre 40% plus éloigné, il n'y a pas équivalence. C'est le basculement rapide impossible à contrer. Donc, sur alerte sonore, si vous voyez les étoiles se défiler rapidement vers la droite ou vers la gauche ... c'est un booster qui est en cause. Pas d'état d'âme : IMMÉDIATEMENT "**J**" pour larguer le SRB valide, et son clone paresseux qui fait la grève. La Fig.41 montre ce que nous observons au moment de l'incident, qui en **1** est enregistré une seconde après l'extinction du booster. La conséquence visuelle qui s'impose le plus à l'écran, c'est la rotation **2** en roulis. Pourtant, ce qui est pertinent, c'est le défilement

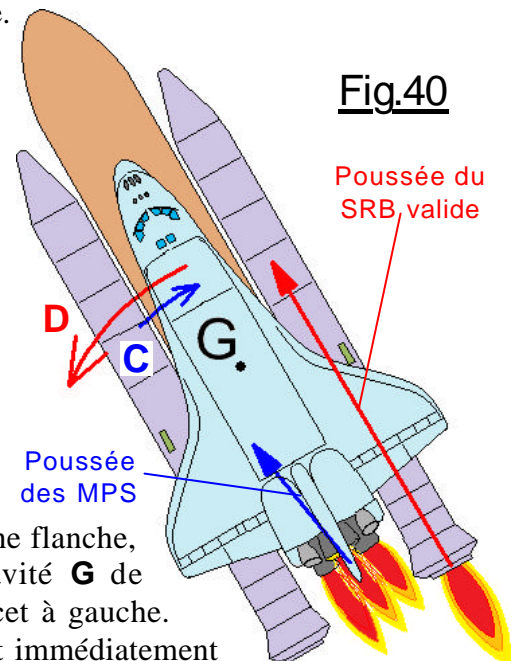
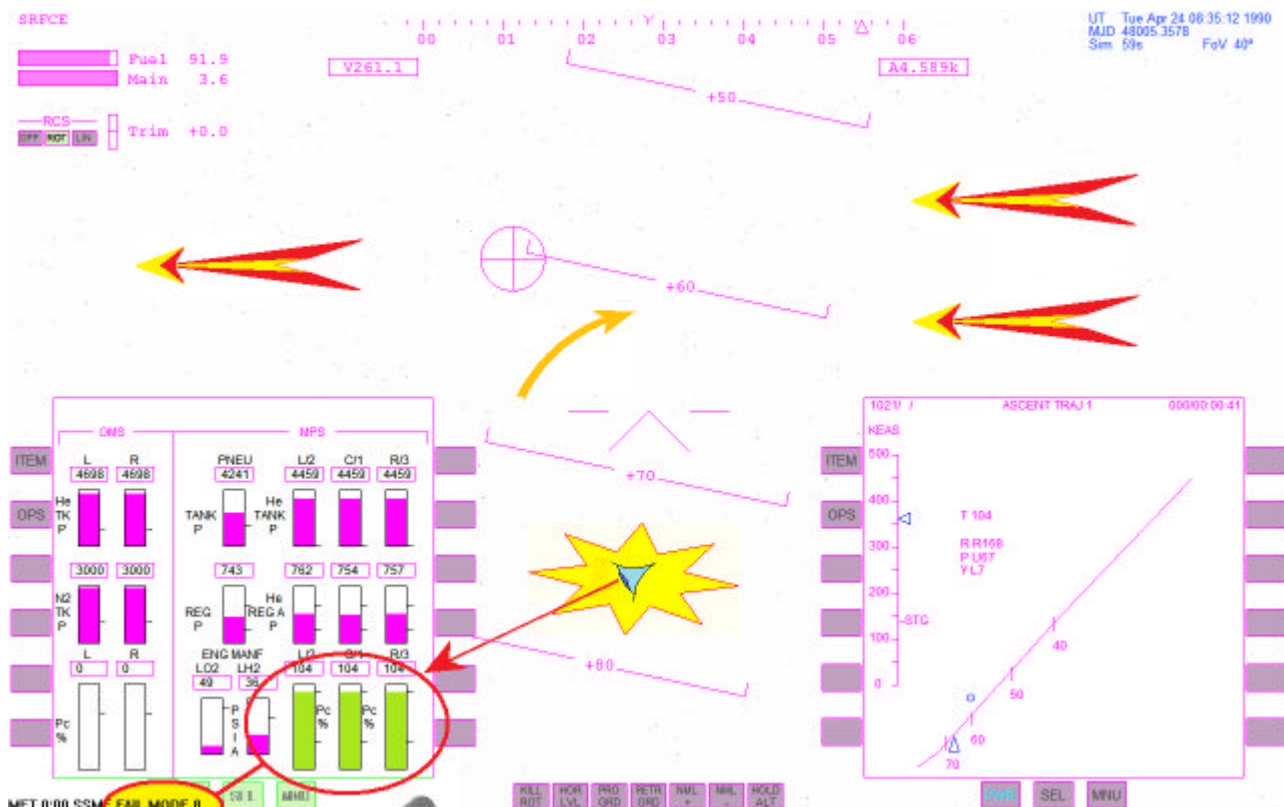


Fig.40



latéral global **3** des étoiles. On part virulemment en lacet, ce que confirme le déplacement vers la gauche **4** du vecteur vitesse. C'est en fait le "museau" de DISCOVERY qui pointe rapidement vers la droite. À ce taux de lacet, on va rapidement s'orienter vers le sol, car le phénomène est brutal. Rapide coup d'oeil **5** pour vérifier l'état des MPS. On n'a pas le temps d'analyser l'information **6**, mais comme ils sont à leur puissance nominale, on a compris ce qui a déclenché le "Master Alarm".

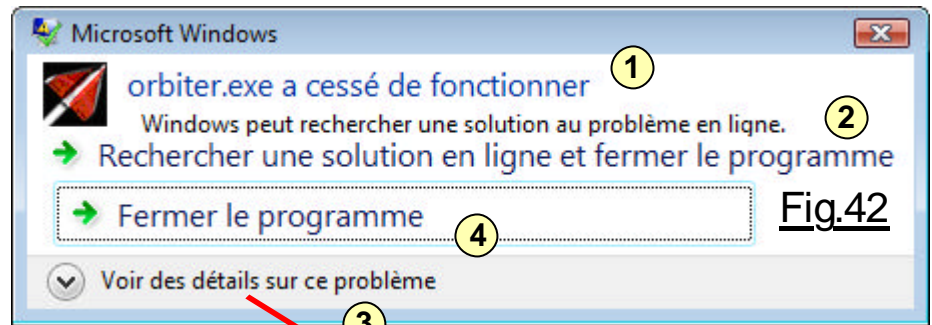


Fig.42

Dès que "J" est frappé au clavier, Orbiter me gratifie d'un magnifique écran noir, suivi presque immédiatement du fameux post'it de la Fig.42, avec plein plein plein d'informations vitales. En **1** par exemple : M... alors, j'avais pas vu !!!

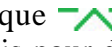
En **2**, méga sympa Windows, il fonce sur le Net pour nous sauver. Mais c'est dur dur de chez dur dur, alors il ne trouve ne pas. No problem, cliquez en **3** et vous saurez tout. Faudra vraiment que j'envoie des bonbons à l'Ingénieur BAC+10 en Informatique qui à pondu ça. Rendez-vous compte, il est persuadé le Gus, que Môamôa, c'est à dire Nulentout, je vais piger ce truc ! C'est fort non ? Le plus fabuleux, c'est en **4**. Franchement, je n'y aurais vraiment jamais pensé tout seul.

Bon, on va faire contre mauvaise fortune bon coeur. L'analyse de Orbiter.log ne révèle rien de suspect. Par ailleurs, si on "Jetison" AVANT LA PANNE, Orbiter continue de fonctionner normalement.

CONCLUSION : C'est une fois la panne déclenchée, que le programme ne semble pas accepter l'éjection des fusées d'appoint. N'ayant pas envie de passer ma vie à résoudre un problème qui me dépasse, je vous propose la solution suivante : À MET = 00:41, soit une seconde après la panne, j'ai sauvegardé la situation dans **17) Juste à l'extinction du SRB.scn** qui permet à sa reprise d'effectuer toutes les manipulations sans produire de retour sur le bureau de WINDOWS. Cette procédure fonctionne, car sur une sauvegarde, Orbiter "neutralise" les pannes actives pour ne pas qu'elles ne se déclenchent une deuxième fois. **Par contre, dès que PAUSE sera débloquée, immédiatement "J"** car au rechargement les deux boosters poussent normalement. Bien, on peut y aller. Tout va évoluer trop rapidement, ramener DISCOVERY et son précieux chargement sur la piste est un vrai défi. Il faut enchaîner les manoeuvres avec un sang froid professionnel :

- Dès que l'alarme se déclenche et que l'on constate l'origine du problème : "J"
- Activer immédiatement un MFD en mode **Surface**.

En effet, pour larguer le réservoir sans qu'il ne nous percute, paradoxalement c'est quand la Navette est dessous, mais assiette à plat qui convient le mieux. **Surface** nous aide alors à visualiser l'environnement.

- "**8_{num}**" pour piquer, car n'oublions pas que pour nous le bas est vers le plafond !
- "**6_{num}**" pour commencer à ramener le roulis à zéro.
- Dès que  pointe l'horizon : "***_{num}**" pour couper les MPS suivi de "J" pour larguer le réservoir.
- Roulis pour diminuer l'inclinaison, et lacet vers l'aile haute pour éviter de trop piquer.
- Compensateur en manuel à cabrer et déclencher une vidange jusqu'à épuisement total du carburant pour alléger au maximum notre planeur. *(Il suffit d'amorcer la vidange, et de passer sur un autre MFD)*
- Persister dans le virage vers la droite, car c'est le plus court débattement angulaire pour se diriger vers la piste la plus proche, la trajectoire sera gérée en "visuel" ... c'est du pilotage pur et dur.
- Tout en pilotant, il faut activer les sondes avec "[**Ctrl**] **5**", refermer les trappes avec "[**Ctrl**] **J**".
- Maintenir le vecteur vitesse un peu en amont du seuil de piste dès qu'elle est en vue, et ne pas "casser la vitesse" tout en armant le train d'atterrissage avec [**Ctrl**] **G**" et les aérofreins avec "[**Ctrl**] ;".

C'est difficile, d'autant plus qu'on est seul à bord et qu'il faut tout enchaîner avec promptitude et rigueur. Je ne crois pas qu'il soit possible d'y arriver sans vautrer notre belle DISCOVERY à plusieurs reprises dans les marécages. Mais quand vous allez y parvenir ... quelle satisfaction !

Vous voilà CHEF DE BORD sur Navettes FLEET, et capable de gérer vraiment les pires situations. Vous pouvez arborer avec fierté les quatre bandes dorées sur les épaules de la veste de votre uniforme. Je vous souhaite de glaner dans ces missions autant de plaisir, que j'ai galéré pour les décrire.

SABOTAGE !

L'égitement, vous aurez certainement envie de créer vos propres situations, avec des pannes variées lors du lancement. C'est d'autant plus intéressant que l'on peut introduire de l'aléatoire, tant sur les moteurs qui vont flancher, que sur l'instant critique. De quoi casser la routine de ceux qui enchaînent mission sur mission pour réaliser leur propre station orbitale. Pourquoi pas se laisser surprendre de temps en temps par de l'imprévu ? Comme on va le constater, c'est très facile à faire, alors il n'y a aucune raison de se priver de ce "plus" incontestable. Le résumé de la programmation des pannes dans les scénarii est donné en page 20 à l'onglet **PANNES** du manuel.

Introduire une panne dans le scénario.

Il suffit d'ajouter une ligne dans un fichier scène quelconque qui vous sert de situation pour un décollage. On peut placer cette directive vers la fin de la description du vaisseau par exemple. Inutile d'en insérer plusieurs, une seule panne est possible. Si plusieurs lignes de "directive panne" sont dans le fichier, c'est la dernière qui sera validée, car c'est elle qui aura mis à jour par écrasement, les valeurs des trois paramètres mémorisés en U.C. lors du rechargement. Prenons comme exemple l'extrait de **16) Perte SRB.scn** qui est ouvert dans le bloc notes de WINDOWS pour modifications. La syntaxe de la directive "Pannes" est de structure :

ENGINE_FAIL <xxx> <y> <zzz> (Attention, il faut un espace en début de ligne)

xxx : Représente la probabilité en % comprise entre [0, 100] pour que l'un des moteurs tombe en panne. Zéro n'est pas bien utile, autant ne pas ajouter cette ligne. 100 représente la certitude.

101 : C'est pour imposer un mode Entraînement. Même effet que pour 100, mais dès le décollage un message s'affiche en bas à gauche de l'écran pour prévenir, indiquant "le(s) moteur(s)" qui va défaillir et l'instant MET où se produira l'incident.

200 : Exactement comme pour le mode Entraînement 101, mais c'est le programme qui choisit le(s) moteur(s) et le moment.

y : Argument qui impose le(s) moteur(s) en défaut, avec les conventions résumées sur la figure 44. Par exemple, si on utilise **5**, M1 et M2 vont couper ensemble. Par convention, M1 est le moteur Central, M2 celui de gauche et M3 le MPS de droite, ces conventions étant celles de **GPC MFD**.

zzz : Représente le MET précis auquel va se produire la défaillance. Il s'exprime en secondes.

Plus <zzz> est grand, plus on s'éloigne d'une RTLS en induisant des procédures qui vont vers T.A.L, AOA et ATO. Le nombre de moteurs qui vont s'éteindre joue bien évidemment un rôle tout aussi important. Avec un peu d'expérience, ou par plusieurs essais, vous pourrez vous concocter les problèmes de votre choix, et en toute simplicité. Si les paramètres <y> et <zzz> ne sont pas consignés, ces valeurs sont générées au hasard. Avec 100 pour la probabilité <xxx>, chaque vol sera affecté d'un incident, mais jamais le même.

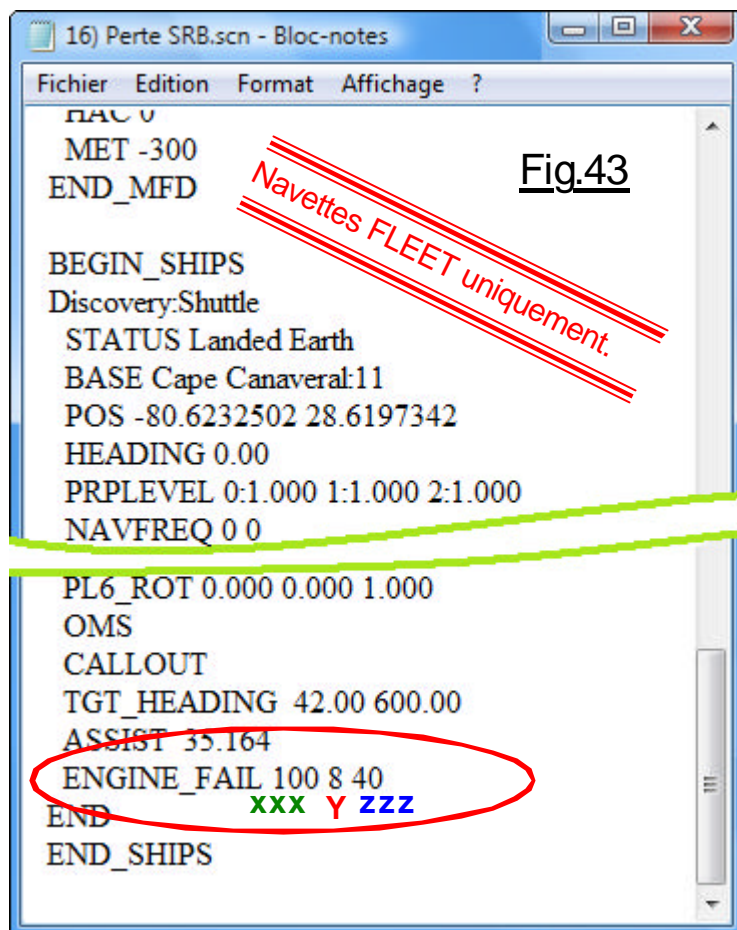


Fig.43

y	M1	M2	M3
1		x	
2			x
3	x		
4		x	x
5	x	x	
6	x		x
7	x	x	x
8	SRB de droite		
9	SRB de gauche		

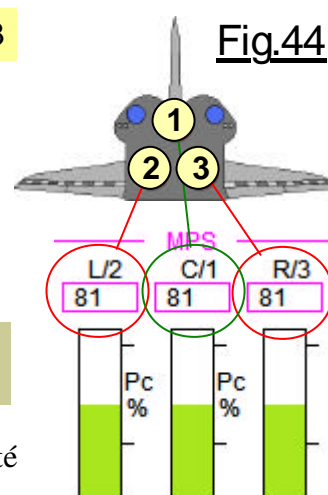


Fig.44

ÉPILOGUE :

Nous arrivons au terme de ces quelques ébats orbitaux, qui nous ont permis de découvrir des aspects singuliers relatif aux Navettes, et tout particulièrement les vaisseaux FLEET qui constituent un pas en avant considérable par rapport à la Navette Atlantis d'origine. Bien naturellement, il n'est pas question de la renier, d'autant plus qu'elle présente l'immense mérite d'exister sans avoir à l'installer. Ceci dit, une fois que l'on a fait connaissance avec notre simulateur gravitationnel favori, passer au complément FLEET contribue vraiment beaucoup à l'immersion et au plaisir du pilotage. Bien que nous ayons réalisé un nombre non négligeable d'expériences, le sujet est pourtant loin d'être épuisé. Entre autre, il n'a pas été question de l'utilisation de **STS Guidance MFD** par exemple. Bien qu'étant fourni avec les Navettes FLEET, il peut être utilisé avec tout autre vaisseau, c'est la raison pour laquelle ce MFD a été résumé dans le manuel **Livret de divers MFD** qui est également disponible sur <http://orbiter.mustard-fr.com/tutorials/tutorials.php> Ce MFD couplé à un automatisme permet de gérer le transfert d'orbite entre celle acquise au lancement et celle où orbitent MIR et ISS par exemple. Son utilisation mériterait un tutoriel. Nous n'avons pas abordé non plus les procédures complexes utilisées pour l'approche et l'arrimage à une station orbitale. Ces procédures spécifiques sont décrites en détail dans la documentation très copieuse des Navettes FLEET. On est donc loin d'avoir tari le sujet, les longues soirées d'hiver peuvent arriver.

LE NERF DE LA GUERRE :


INSTALLATION

Dans notre guerre des étoiles, le nerf de la guerre, c'est "les compléments". Nous devons donc impérativement installer quelques ADD-ON dans Orbiter de base pour pouvoir effectuer les expériences proposées dans ce tutoriel. Pour minimiser les risques de problèmes, (*C'est qu'il est pointilleux ce sacré Orbiter, il se vexe facilement*) nous n'allons installer que le MINIMUM. Ensuite, si bon vous semble, vous pourrez toujours ajouter "du luxe", comme KSC en haute résolution, les marées dans l'Atlantique, l'odeur du pain frais quand on passe à coté de la boulangerie ... bref, tout ce qui vous semblera séduisant.

Passage obligé, ce n'est pas forcément une pierre d'achoppement. Oui, les "NAVETTES FLEET" ne sont pas aussi simples à installer que des "Paquets clef en main", comme celui du DG4 ou AMSO par exemple. Mais il ne faut pas surestimer non plus la difficulté. La complication la plus sérieuse vient en fait de la dynamique du groupe qui programme ce complément. Il en résulte de permanentes améliorations, compléments divers ... Du coup, on a du mal à faire la synthèse de ce qui existe, et de l'ordre pour installer les divers modules. Par contre, si on se contente "du minimum", installer un environnement "FLEET" qui fonctionne n'est vraiment pas le bout du monde et reste élémentaire, comme on va le voir.

Sachant que vous avez tous lu le document **Installer Orbiter** (*Même adresse de téléchargement*), vous savez que je dédie une installation spécifique réservée aux Navettes, dans laquelle je n'inclus que ce qui les concerne. Par ce procédé on minimise les risques d'interférence et on peut optimiser le fonctionnement. Tout particulièrement, seuls les MFD utiles aux vols en orbite terrestre sont utiles etc. Donc, si vous ne voulez pas être puni, je vous conseille fortement de démarrer d'un Orbiter minimal conformément à ce qui est déjà décrit dans le didacticiel. À cette installation de base qui inclus impérativement **OrbiterSound35.exe** on doit ajouter :


Installation des Navettes FLEET.

Aller sur <http://orbithangar.com/searchid.php?ID=3730> et télécharger **Shuttle Fleet V4.2.0 FULL Package**. L'installation est immédiate, il suffit de décompacter le fichier  **ShuttleFleetV4.2R0.zip** directement dans la racine d'Orbiter. Il en est de même pour tous les ADD-ON proposés ci-après. C'est tout ! Vous voyez bien que si on s'en tient au "noyau de base", les Navettes FLEET s'installent sans complication.

Installation des MFD indispensables au tutoriel.



1) Attitude MFD V3.2 : Fichier  **AttitudeMFD_V3.2_20072912.zip**


Adresse <http://orbithangar.com/searchid.php?ID=3165>

2) Fuel management MFD : Fichier  **FuelMFD-031129.zip**

Adresse <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=3320>

Notez que cette fonctionnalité se trouve aussi incluse dans le fichier.ZIP de la station ISS v1.1.1


- 3) BaseSynchro MFD : Fichier  BaseSyncMFD2.1.zip
 Adresse <http://koti.mbnet.fi/jarmonik/Orbiter.html>
- 4) L'incontournable IMFD 5.3 :  IMFD53.zip
 Adresse <http://koti.mbnet.fi/jarmonik/Orbiter.html>

 Surtout ne pas oublier de valider tous ces divers modules dans le LaunchPad au lancement d'Orbiter.

Installation de HUBBLE v1.

Superbe réalisation, le télescope HUBBLE dont je vous propose l'utilisation est joint à mon "pack" dans le répertoire < **Télescope HTS amélioré v1** >. C'est en me promenant comme souvent sur O.H, que j'avais trouvé **Hubble Space Telescope v2.0 (servicable)** à l'adresse <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=2982> une version modifiée de celle que je vous propose et que par opposition j'ai nommé version **v1**. Comme le module présentait des comportements étranges, j'en avais parlé à notre Ami Papyref qui possédait dans ses archives le HUBBLE d'origine dont le comportement est à la fois plus simple et sans surprise. C'est ce complément que j'insère dans le dossier. Malheureusement, autant Papyref que moi même avons été dans l'impossibilité de retrouver l'auteur de cette petite merveille. Je prie donc, et publiquement, cet inconnu, de bien vouloir excuser la liberté que je prend à insérer dans ce didacticiel, un travail qui manifestement ne m'appartient pas. Je regrette surtout de ne pas pouvoir le citer, ni de préciser son site ou le lieu d'hébergement. Considérant toutefois qu'il serait dommage de ne pas pouvoir utiliser le fruit de son travail, je déroge donc ici à une démarche qui m'est chère, celle qui ~~consiste avant de publier, d'obtenir l'aval des personnes impliquées.~~ Et oui, on est tous face à nos contradictions !)

Calculateur d'Azimut de lancement.

Fichier  azimuth-1.5-en.zip que vous pouvez décompresser dans un dossier quelconque de votre choix.
 Adresse <http://orbithangar.com/searchid.php?ID=2464>

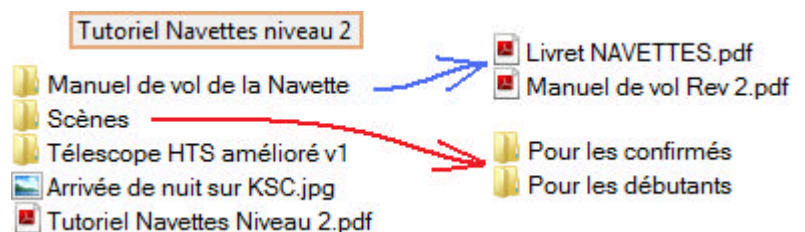
Remerciements chaleureux à nos bienfaiteurs cités dans l'ordre des ADD_ONS :

Shuttle Fleet : david413,
Attitude MFD V3.2 : tblaxland,
Fuel management MFD : tl8,
BaseSynchro MFD : Jarmo Nikkanen,
IMFD 5.3 : Jarmo Nikkanen.
Télescope amélioré HUBBLE v1 : Inconnu de grand talent,
Azimuth 1.5 : enjo,

Je tiens aussi à remercier des auteurs comme Papyref que j'ai cité à plusieurs reprises dans ce document, mais également tous ceux dont les documents très variés m'ont été (Et restent) d'une grande utilité pour commencer à apprivoiser les multiples facettes du simulateur gravitationnel, ainsi, mais ça coule de source, tous les auteurs d'ADD-ON dont on gave nos disques durs, sans oublier bien évidemment celui qui est au sommet de la hiérarchie, le Papa d'Orbiter. OUF, j'espère intensément que je n'ai oublié personne. (1)

Contenu de ce "fourre-tout" :

Niveau 2 ne veut absolument pas signifier de plus haute "intelligence", mais précise uniquement une relation d'ordre. Il vient après les tutoriels fondamentaux relatifs aux Navettes et qui sont déjà disponibles depuis belle lurette. Imprimer et réaliser le petit manuel de vol Livret NAVETTES.pdf n'est pas du tout impératif, mais je vous le recommande fortement. Imprimez au moins les tableaux de PROFILS de missions. N'oubliez pas non plus d'insérer dans votre répertoire Scènes d'Orbiter les différentes situations qui accompagnent les activités proposées. Elles sont dans deux dossiers séparés pour discerner les deux grands chapitres du tutoriel.



(1) Ben si ... j'ai oublié mes sympathiques Béta testeurs Pignoufisants, ils ont fait du sacré bon travail.



Vous êtes tous des naïfs pas très dégourdis ... Le coup de la panne, on ne me le fait pas à Mōamōa !