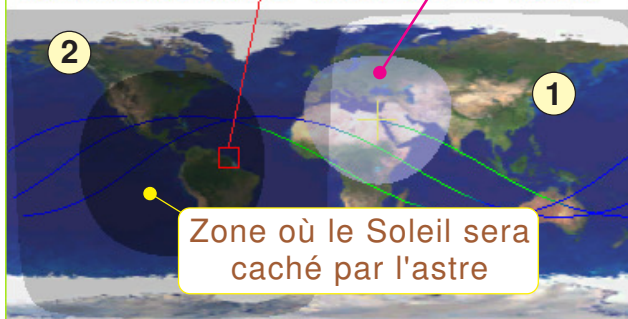


# MFD de données

## Extended MAP

Orbiting:Earth  
Pos: 38.47 deg W 25  
Alt: 4991.20 km  
Sun AOS/LOS: 01:12  
Target Base: **kourou**  
Pos: 52.73 deg E 5.2  
Base AOS/LOS/EL: 01:30 02:45 43.51

Zone de l'astre observable depuis notre position



## INFORMATIONS AFFICHÉES :

- **1** : zone éclairée de l'astre sélectionné par **REF**, **2** zone située dans l'ombre.
- Orbiting : Référence de l'objet sélectionné.
- Pos / Alt : Coordonnées et altitude actuelles du vaisseau.
- Sun AOS / LOS : Estimation de l'heure d'acquisition et de perte du soleil.

## COMMANDES :

**REF** : Sélection de la planète cartographiée.  
**RFR** : Rafraichissement des données.  
**VIS** : Zone d'horizon visible OUI/NON.  
**SUN** : Zone dans l'ombre OUI/NON.  
**TRK** : Suivi en mode tracking OUI/NON.  
**AOS** : Recalcul des heures AOS/LOS.  
**O+** : Augmente le nombre d'orbites tracées.  
**O-** : Diminue le nombre d'orbites tracées.  
**TRG** : Sélection de la base cible.

Extended MAP MFD.

Map



Fichier ResumMFD.PM5

1-2

## Commandes :

**MNU** : Affichage ou masque le Menu actuel.

**BK** ou touche [SHIFT] BackSpace : Retour au menu parent.

**UP** ou touche [SHIFT] : Item plus haut dans le menu.

**DN** ou touche [SHIFT] : Item plus bas dans le menu.

**OK** ou touche [SHIFT] : Valide le choix actuel dans l'option.

**+>** ou touche [SHIFT] : "Augmente" l'état d'une variable.

**-<** ou touche [SHIFT] : "Diminue" l'état d'une variable.

**Pg** ou touches [SHIFT] ou : Changement de page dans le menu **Infos**.

**D** : Active ou désactive l'option "Display". Si activé, un **D** bleu clignote dans le coin supérieur de l'écran et l'affichage est réalisé à chaque "rafraichissement écran". Peut diminuer le taux de rafraichissement.

## Touches du pavé numérique :

[SHIFT] "+" et [SHIFT] "-" modifient le facteur de ZOOM. Elles passent en répétition mais attention à la lenteur du rafraichissement écran avec cette fonction sur des P.C. lents. "1" ... "8" modifient l'orientation de la caméra. Mais ces commandes ne sont pas conseillées car elles ne fonctionnent pas à tous les coups et déclenchent parfois les RCS. (P.C. lents)

MAP 3D v0.5A - 1

3D



Jeudi, 10 Dec., 2009

1-3

L'état des options et choix de menu est sauvegardé dans le scénario et la vue en cas de changement [F8]. Chaque vaisseau peut avoir son propre statut pour ce MFD.

## Couleurs et symboles :

Planètes en vert, vaisseaux en violet. L'orbite du vaisseau courant est en jaune, les autres en violet foncé et en vert foncé pour celles des planètes. Les méridiens et parallèles sont en bleu foncé, les principaux sont en bleu clair.

Les éléments orbitaux sont représentés :

- **Ap** (Periasis) par un petit cercle rouge,
- **Pe** (Periasis) par un petit cercle bleu,
- **Un** (Nœud ascendant) par un carré bleu,
- **Dn** (Nœud descendant) par un carré rouge.

Le sens de déplacement sur l'orbite est représenté par un petit vecteur jaune.

Si la planète possède une atmosphère, sa limite est visualisée en couleur cyan.

Les sphères d'influence des divers objets sont représentées en pointillés oranges.

## Forts ZOOM sur les vaisseaux :

Lors d'un zoom important sur un vaisseau ou sur une station spatiale, les divers sas d'accouplement sont visualisés en orange. Il s'agit d'une simple représentation filaire du vaisseau mais suffisante pour en déterminer le nombre, la position et l'orientation.


*NOTE : Chacun des divers types d'information peut être activé ou suspendu par le menu **OPTIONS**.*

MAP 3D v0.5A - 2



1-4

## Menu principal :

- **Look At ...** : Permet de centrer l'affichage sur une planète quelconque du système solaire ou sur un vaisseau / station orbitale présent dans la scène actuelle. Les indicateurs **Object** et **Ref** en bas de l'écran sont mis à jour à chaque changement. Le menu **Planet** permet de remonter vers le Soleil ou de descendre vers les planètes et leurs satellites. Le menu **Vessel** autorise le choix d'un vaisseau et change automatiquement **Ref** en imposant l'astre de capture de ce dernier. Le ZOOM est automatiquement modifié pour afficher une vue optimisée. **BK** ou au clavier la touche [SHIFT]  permettent de revenir au menu précédent.
- **Options** : Permet de valider ou de suspendre l'affichage de certains éléments. La sortie des options se fait avec **BK** ou avec la touche **BackSpace**.
  - \* *Look At Anim Duration* : Délai entre la commande et la fin de modification du visuel. (Entre 0.5s et 30.0 par pas de 0.5s)
  - \* *Orient/Zoom Anim Duration* : Délai entre la commande et la fin de modification du visuel. (Entre 0.0s et 2.0 par pas de 0.1s)
- **Infos** : Donne des informations sur n'importe quel objet défini actuellement dans Orbiter. Le choix possible des objets dont on aura les renseignements est assujéti à l'objet désigné par **Sélect Map Item**.


## MAP 3D v0.5A - 3



1-5

Certaines valeurs affichées sont plus précises que celles du MFD **Orbit**. Avantage particulier :

**Les durées d'entités orbitales sont explicitées en Heures, Minutes et Secondes.**

La sortie se fait par le bouton **BK** ou **Sélect Item** suivi de [SHIFT]  ou avec la combinaison de touches [SHIFT] "**B.S.**". La liste des objets à sélectionner pour obtenir les informations est contextuelle et dépend de l'objet actuellement référencé.

Page 1 : Infos concernant l'objet.

Page 2 : Infos orbitales de base.

Page 3 : Infos orbitales détaillées.

Page 4 : " " " " " orbitales détaillées en m.

----- *Si vaisseau : deux pages de plus* -----

Page 5 : " " " " orbitales détaillées en km.

Page 6 : " " " " orbitales avec atmosphère.

- **Camera orientation** : Permet de modifier l'orientation de la "caméra" qui détermine l'affichage des objets. Les orientations sont définies par rapport à la **perpendiculaire du plan choisi pour la projection** avec l'option **Orientation**. L'interprétation de l'image affichée est donnée en **MAP 3D v0.5A - 6**.

*ATTENTION : La caméra présente une orientation fixe dans l'espace. Une fois orientée en fonction de la perpendiculaire au plan de référence, au cours du temps on voit les planètes tourner avec les vaisseaux circuler autour de ces dernières.*

## MAP 3D v0.5A - 4



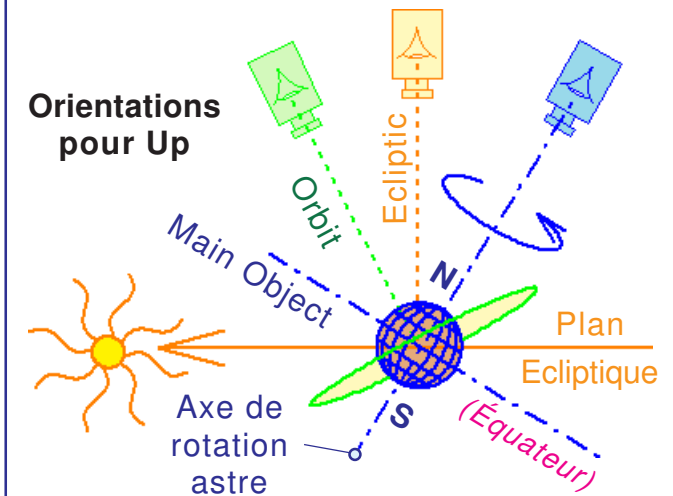
1-6

Le centre de l'écran de visualisation coïncide en permanence avec le centre de **object**. La caméra est immobile dans l'espace quand "**Orientation**" est **orbit** ou **Ecliptic**. Elle est également immobile dans l'espace si "**Orientation**" est **Main object** et que l'objet est un corps céleste. La caméra tourne dans l'espace si "**Orientation**" est **Main object** et que l'objet est un "vessel".

- **Orientation** : Permet d'imposer la direction qui définit **Up** et **Down**, c'est à dire la normale au plan de référence. Les trois plans de l'option de choix sont relatifs à ceux de **object** désignée par "**Look At ...**".

**Orientation** — Main object (1)  
Orbit (*De Object*)  
Ecliptic

(1) *Axe de lacet si c'est un vaisseau,  
Équateur si c'est un objet celeste.*



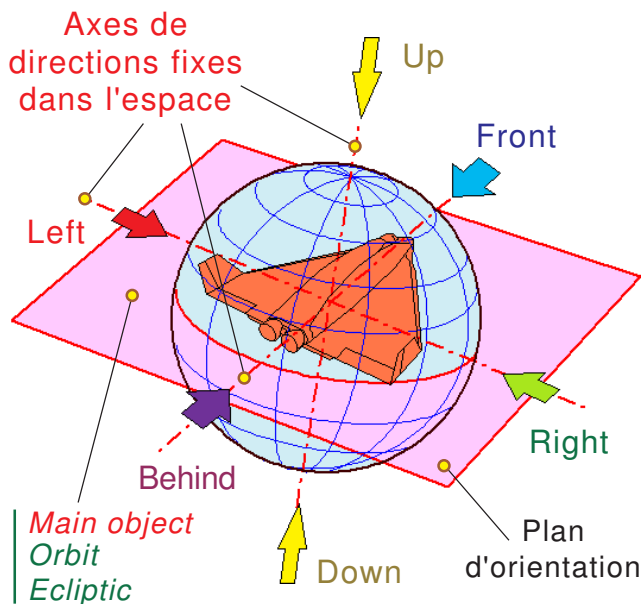
## MAP 3D v0.5A - 5



1-7

## Interprétation de l'orientation:

L'axe "Up/Down" est perpendiculaire au plan de référence **Main object**, **Orbit** ou **Ecliptic**. Ces trois axes conservent dans l'espace une direction fixe si l'objet est un corps céleste. Les objets tournent donc sur eux-mêmes au cours du temps. Dans le cas où l'objet est un vaisseau, la caméra est immobile par rapport à ce dernier. L'axe "Up/Down" est alors constitué par l'axe de lacet.



**NOTE :** MAP 3D peut être ouvert sur plusieurs MFD simultanément et avec des options totalement différentes.

- **Scale :** C'est une commande de "Zoom optimisé" en fonction de critères optionnels. Le choix se définit entre l'objet qui est au centre et ce qui sera en bordure de l'écran :

**MAP 3D v0.5A - 6**

1-8

centre et ce qui sera en bordure de l'écran :

- \* **Item Sise :** Étendue à "Object". Si c'est un vaisseau, sa représentation en mode "filaire" simplifié montre les divers SAS.
- \* **Body center :** Jusqu'au centre de l'astre de capture. *(Option uniquement si vaisseau)*
- \* **Parent Body :** Astre de capture entièrement affiché dans la fenêtre du MFD.
- \* **Whole Orbit :** Orbite vue en entier.
- \* **Orbit Size :** Deux fois la distance du vaisseau à l'astre de capturer entre le centre de l'écran et le bord du carré d'affichage.
- \* **Surface :** Vaisseau au centre de l'écran, surface de la planète proche du cadre d'affichage. *(Option uniquement si vaisseau)*
- \* **Atm :** Limite de l'atmosphère de la planète affichée à proximité du cadre du MFD.
- \* **Children :** Affiche les lunes de l'astre attracteur sélectionné. *(Option uniquement si option "Look At" sur planet)*
- Zoom dans **Scale :** L'amplification de l'affichage peut être modifiée à volonté. On peut utiliser les touches [SHIFT] "+" et [SHIFT] "-" du pavé numérique. Le clavier passe en répétition. *(Mais sur certains P.C. lents le changement d'affichage ne se produit qu'au relâcher des touches)*

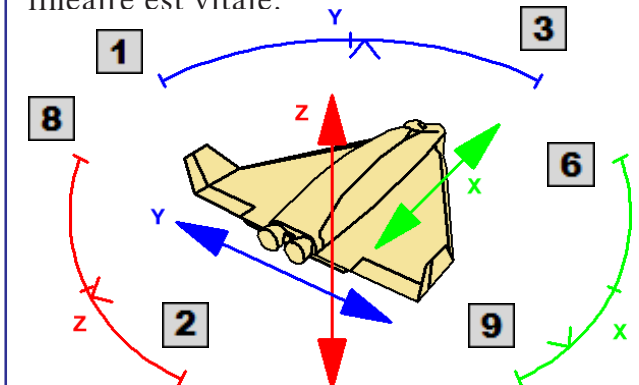
### CHOIX PERSONNELS :

- \* **Look At Anim Duration :** 0.5s.
- \* **Orient/Zoom Anim Duration :** 0.0s.
- \* **Nb Points Per Orbit :** 100.

**MAP 3D v0.5A - 7**

9-2

Fournit les vitesses linéaires dans les trois directions principales du vaisseau. Les échelles de valeur et les graphiques s'adaptent automatiquement. Ne remplace pas le HUD de base, mais y ajoute les informations. C'est surtout une aide précieuse pour une manœuvre de type docking ou en pilotage VTOL lorsqu'une indication de vitesse axiale linéaire est vitale.



**La cible est désignée par la fréquence ajustée sur NAV 1.** Quand la cible sort de l'écran, un petit marqueur indique sa direction.

**Les informations affichées sont fonction du mode adopté sur le HUD de base :**

- Mode surface **SFRCE :** Vitesse sol.
- Mode **DOCK :** Vitesse par rapport à la balise dont la fréquence est calée sur NAV 1.
- Mode **ORBIT :** Vitesse par rapport à la balise dont la fréquence est calée sur NAV 1.

**ESPACE :** Permute les modes d'affichage : Axial OFF / Axial seul / Superposition avec HUD.

**[ALT] H :** Commande standard d'Orbiter qui change les couleurs du HUD sur l'écran.

**Axial Velocity HUD.**

AXIAL





17-2

**LolaMFD** est un pilote automatique pour réaliser des manoeuvres sur des astres sans atmosphère ou sur Mars. Il remplace très avantageusement **LandMFD**. Une fois l'automatisme activé, on peut quitter le vaisseau et passer à un autre, **LolaMFD** pouvant s'occuper simultanément de plusieurs vols. Rien à faire jusqu'à la fin de la manoeuvre. L'automatisme utilise les moteurs disponibles en fonction du vaisseau et de sa configuration. L'accélération temporelle peut être augmentée à convenance, car **LolaMFD** la réduira automatiquement au moment opportun.

**ATERRISSAGE :** (Seule option qui fonctionne) Les atterrissages se font à la façon d'un LEM. Plus on approche de la cible, plus la vitesse se réduit et l'angle de tangage diminue pour finir par arriver à l'horizontale.

**ATTENTION à bien activer les Hover sur des vaisseaux comme le DG IV, où le vaisseau se posera sur son "arrière" coté moteurs orbitaux.** Ne fonctionne bien que si l'on a au préalable synchronisé le plan de l'orbite avec la cible.

- Avec **UP** ou **Dn** sélectionner la fonction **Land at base** et avec **>** la valider.
- Avec **UP** ou **Dn** sélectionner la base ciblée et avec **>** la valider.
- Avec **UP** ou **Dn** sélectionner l'aire d'atterrissage désirée et avec **>** le valider.

**LolaMFD** ne propose que les aires disponibles et pas celles qui sont occupées.

- Avec **>** engager le pilote automatique.
- Pour le désengager ou le rétablir utiliser **+** ou **-**, **MANUAL/FLIGHT DIRECTOR** alterne avec **AUTOPILOT ENGAGED**.

## Lola MFD.



2

Scanner radio qui permet de syntoniser sur les balises proches. Dans la zone **1** on retrouve toutes les radio NAV disponibles sur le vaisseau utilisé. En zone **2** la fréquence du transpondeur de bord que l'on ne peut ajuster qu'avec le MFD radio natif d'Orbiter. Le cadre inférieur **3** liste un maximum de balises à portée de réception. Sur la gauche, on retrouve les boutons qui permettent de façon classique d'ajuster les fréquences des radios de bord si l'action de **SET** ne nous convient pas :

- **SL+** et **SL-** : radio suivante ou précédente.
- **>>** et **<<** : augmenter et diminuer respectivement la valeur des Mhz.
- **>** et **<** : augmentent et diminuer respectivement la valeur des Khz.

### Filtrage du type des balises affichées :

Les touches de filtrage **VOR**, **VTO**, **ILS**, **IDS** et **XPDR** présentent toutes et un comportement

NAVSET 1.0 Receiver Stack

NAV1: 134.20 MHz  
ILS Rwy 33 Cape Canaveral ①

NAV2: 108.10 MHz  
XPDR DG3

XPDR Transmitter ②  
XPDR: 108.05 MHz

SCAN 16/26 VOR ILS XPDR ③

134.20 2km ILS Rwy 33 Cape Canavera  
108.10 6km XPDR DG3  
108.15 6km XPDR SH 1  
132.60 14km ILS Rwy 13 Cape Canavera  
112.70 19km VOR KSCX

## NAVSET MFD - 1



3

analogue : La première action sur le bouton ajoute le type de balise en réception. Deuxième action toutes les balises reçues sont présentées, troisième action, seules les balises du type du bouton sont listées. La zone **4** précise les types actuellement validés. En **5** on peut savoir le nombre de balises correspondant à la sélection, et le nombre total de balises dont le signal est capté.

**VOR** : Balises affichées en marron clair.

**VTO** : Balises affichées en bleu.

**ILS** : Balises affichées en vert.

**IDS** : Balises affichées en bleu.

**XPDR** : Balises affichées en violet.

### Transfert des fréquences :

Le bouton **SET** permet de recopier les **n** fréquences valides de la tête de liste sur les **n** récepteurs NAV que comporte de vaisseau comme montré en **6**.

NAVSET 1.0 Receiver Stack

NAV1: 134.20 MHz  
ILS Rwy 33 Cape Canaveral ①

NAV2: 108.10 MHz  
XPDR DG3 ②

XPDR Transmitter ③  
XPDR: 108.05 MHz

SCAN 16/26 VOR ILS XPDR ⑤

134.20 2km ILS Rwy 33 Cape Canavera  
108.10 6km XPDR DG3  
108.15 6km XPDR SH 1  
132.60 14km ILS Rwy 13 Cape Canavera  
112.70 19km VOR KSCX

Filtrage des balises ④

SET ⑥

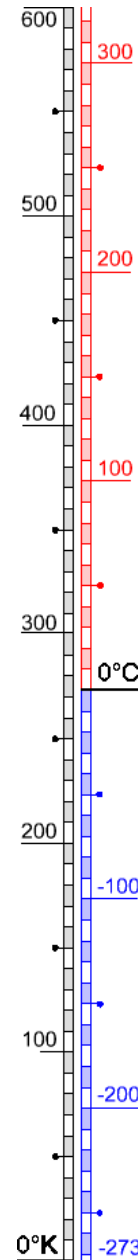
## NAVSET MFD - 2



MNU — Écran de Vision  
MENU 1  
MENU 2

**NXT / PRV** : Non élucidé.

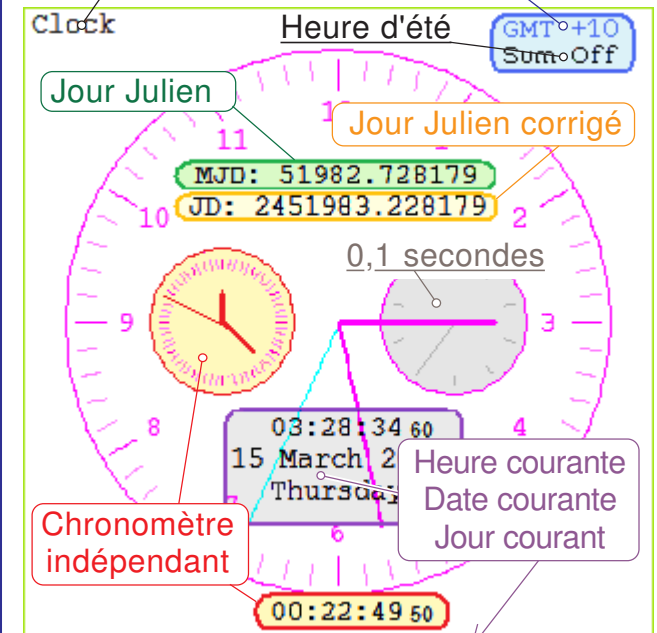
Un déplacement  
par clic du BP de  
la souris.



**CLR** : Effacement des données enregistrées. Note: aucune donnée n'est stockée en permanence. La saisie des données en temps réel continue si on est pas en PAUSE.



## Zone indexée



Le CALENDRIER fournit les mêmes informations sous une autre présentation. Jour et heure sont fonction du fuseau horaire.



## Caméra.

Atm Data

## Clock



7

Ce module est bien utile pour repérer **un objet quelconque** (Astre, **vaisseau** ...) dans le ciel. On peut en trouver l'orientation même si il est masqué par un satellite ou une planète.

**TGT** : Désigne l'objet à traquer.

**AIM** : Tourne et verrouille la caméra sur l'objet cible désigné par TGT. Affiche l'information **Aiming mode=Camera**. Une deuxième action supprime le verrouillage sans modifier l'orientation de la caméra et affiche **Aiming mode=Off**.

**RST** : Libère le verrouillage, ramène l'ouverture de l'objectif à 60° vertical et réoriente la caméra vers l'avant du vaisseau.

**ZM+** : Diminue l'angle d'ouverture.

**ZM-** : Augmente l'angle d'ouverture.

**UPI** : Déplace vers le haut "la cible".

**DNI** : Déplace vers le bas "la cible".

**LF-** : Déplace vers la gauche "la cible".

**RT-** : Déplace vers la droite "la cible".

**CNT** : Recentre "la cible".

**FOC** : Si la distance le permet affiche l'objet cible en "plein écran".

**NTG** : Annule la cible.

Angle d'ouverture de la caméra

FOV=76:2398

Cible

Distance de la cible

Target=ISS

Aiming mode=Camera

Target distance=105:0 m

Target relative velocity=1.2 m

Target radius=55.0 m

Dimension de la cible

Vitesse relative

## Télescope MFD.

Télescope



8

CARTOGRAPHIE du système Solaire.

Centrer l'affichage sur un objet :

**AUT** : Centre l'affichage sur le corps céleste le plus proche.

**SHP** : Centre l'affichage sur notre vaisseau.

**SUN** : Centre l'affichage sur le Soleil.

**PL-** et **PL+** Centre l'affichage sur la planète précédente ou sur la prochaine planète.

**MO-** et **MO+** Centre l'affichage sur la lune précédente ou suivante de planète centrée.

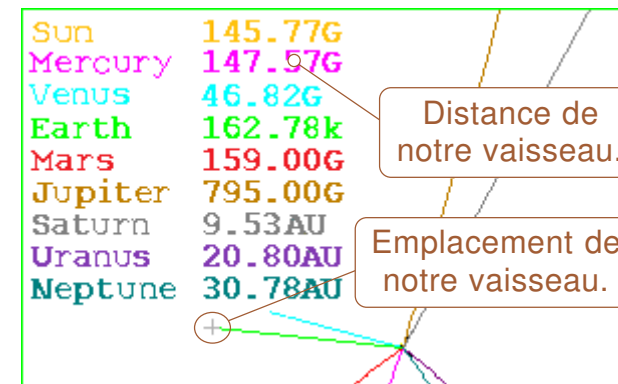
Visualisation :

**TXT** : Texte OUI/NON.

**RST** : Reset du zoom utilisateur.

**ZM-** : Zoom avant. (Vue agrandie)

**ZM+** : Zoom arrière. (Diminution de la vue)



La longueur des divers rayons vecteur est proportionnelle à la distance qui sépare notre vaisseau de l'objet. Les rayons vecteur tracés en traits fort indiquent la position d'un satellite de l'objet de référence. Les traits interrompus courts donnent la position des autres planètes.

## OrreryMFD. (Système solaire)

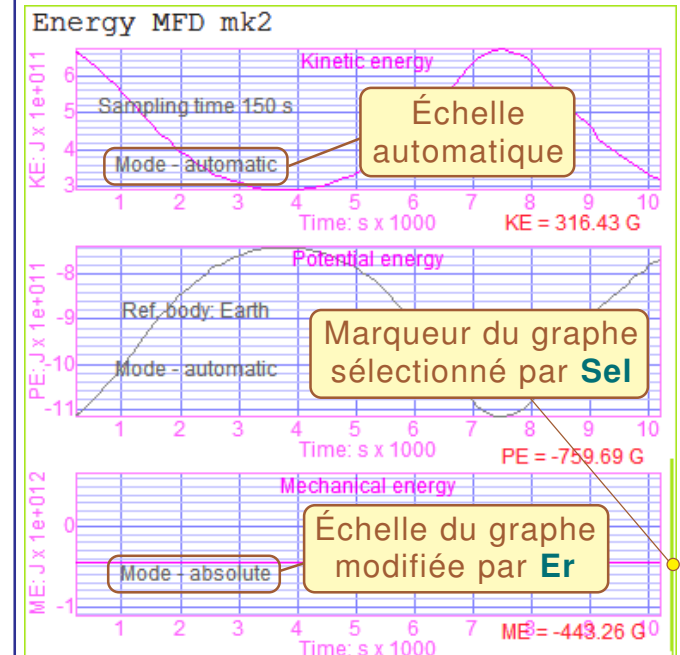
Orrery



9

**EnergyMFDmk2** est un système purement informationnel de présentation des énergies mécaniques actuelles du vaisseau : Énergie cinétique ( $KE = m * V^2 / 2$ ), Potentielle ( $PE = -G * M * m / r$ ), et énergie mécanique totale ( $ME = KE + PE$ ).  $m$  : masse du Vaisseau,  $V$  sa vitesse orbitale,  $G$  : gravité constante,  $M$  : masse de l'objet de référence et  $R$  : distance entre le vaisseau et l'objet.

- MOD** : Permute entre trois modes d'affichage. Graphe seul / Résumé textuel des valeurs / Graphe plus texte.



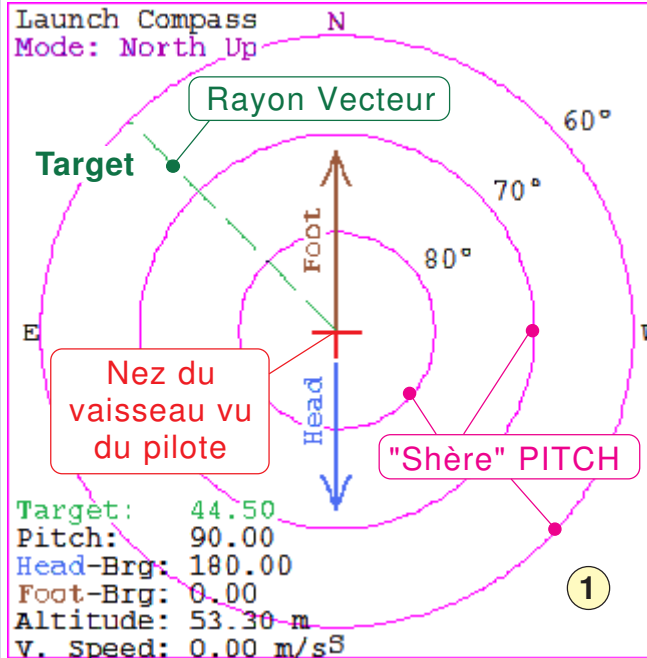
- Gr** : Sélection comme objet de référence celui qui est prépondérant gravimétriquement.
- Sr** : Sélection comme objet de référence celui dont la surface est la plus proche.

## Energy MFD - 1

Energy

- **Tgt** : Sélection d'un corps gravitationnel quelconque de référence. (Tout objet est valide) Si le corps sélectionné est trop loin, le graphe du bas affichera en rouge le message d'alerte **Ref body too far away**.
- **sAm** : Intervalle de temps entre la saisie de deux échantillons.  
Avec un minimum d'une seconde et en standard 150s qui est efficient pour des orbites basses et moyennes. 400s est une bonne valeur après une mise à feu d'éjection orbitale. De faibles intervalles de l'ordre de 4s ou 5s sont commodes pour une insertion orbitale.
- **sel** : Sélection d'un graphe sur lequel sera modifiée la fourchette des valeurs affichées. On peut aussi sélectionner les trois graphes en même temps pour leur imposer les limites en mode **"a"**, **"b"** ou **"z"**.
- **Er** : Saisie des limites du graphe.  
**"a"** pour automatique, **"b"** pour absolue, (Les valeurs min et MAX sont celles des extremum de toutes les mesures, on peut ainsi comparer les diverses énergies) **"z"** pour zéro, (L'une des limites est zéro en fonction du graphe. Utile pour comparer après une mise à feu) Enfin, on peut donner à convenance la valeur des deux limites. Exemple: 5e12-6e12. C'est une option utile pour surveiller une approche et réaliser un docking à énergie de choc maximale contrôlée. (50J à 100J pour un DG3 par exemple est une valeur convenable)
- **Rst** : Effacement des données. C'est utile lorsque l'accélération temporelle a provoqué un affichage erratique.

## Energy MFD - 2



## COMMANDES :

**TAR** : Permet de saisir l'angle du plan désiré pour le lancement. (Ici  $44.5^\circ$ )

**DSP** : Choix entre les modes d'affichage.

- North Up : Nord placé en haut du MFD.
- Head Up : Haut du vaisseau " " " " " " " " " " " "
- Heading Up : Direction de l'angle cible  
placé en haut du MFD. (**Rayon Vecteur**)

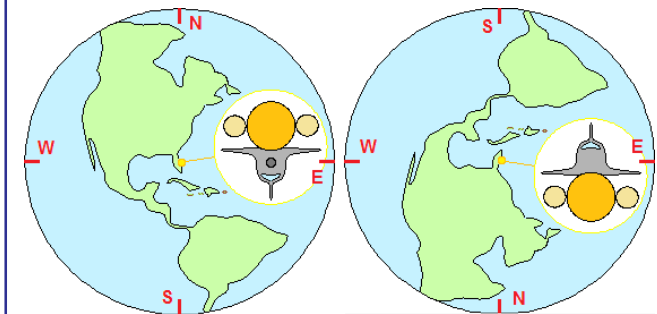
### INFORMATIONS AFFICHÉES :

- Cercles de la "sphère" **Pich** : Angle actuel de tangage par rapport à l'horizontale du lieu.
- **Head**-Brg : Orientation du haut de notre vaisseau par rapport à la planète.
- **Foot**-Brg : Orientation du bas de notre vaisseau par rapport à la planète.

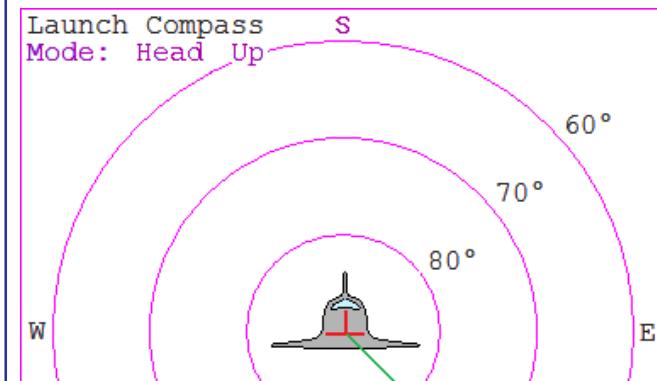
## Launch Compas - 1

### INTERPRÉTATION des FORMATIONS :

Attention, l'affichage place le compas devant nous. Le dessin de la page -1- est relatif à la Navette placée verticalement (Pitch 90°) pour un tir vers ISS. (Tuto de Papyref "Aller-retour Terre-ISS avec la navette" avec 44.50° ciblé)  
**Nous regardons du bas vers le haut.**



Orbiter en vue extérieure nous montre la Navette du haut vers le bas comme représenté en **2**. Mais si on passe "à l'intérieur, le haut du vaisseau vers le centre de l'écran, c'est la vue **3** qui devient significative. Nous avons l'**Est** à notre droite et l'**West** à notre gauche. Cette orientation de la vue intérieure est celle du MFD en mode **Head Up** ci-dessous.



## Launch Compas - 2





La vue **1** page -1- est simplement une rotation de 180° de l'affichage, l'**Est** reste à notre droite mais passe à gauche de la visualisation.

### UTILISATION pour un TIR :

- 1) Déterminer l'azimut du lancement.
- 2) **TAR**<sub>GET</sub> > Valeur de l'Azimut du tir ↵.
- 3) **DSP** > mode **Head Up**. (Display)
- 4) Passer en mode **ROT**ation sur les verniers.
- 5) Procéder au décollage et immédiatement en roulis amener le rayon cible à la verticale vers le haut du MFD.

Durant l'ascension, il faut ensuite agir en tangage pour respecter le profil prévu du vol.

### Orienter un vaisseau en orbite :

- 1) Déterminer l'orientation désirée.
- 2) **TAR** > Saisir la valeur désirée ↵.
- 3) **DSP** > mode **Heading Up**.
- 4) Passer en mode **ROT**ation sur les verniers.
- 5) Placer le vaisseau à plat en utilisant **Surface**.
- 6) Amener par une rotation en lacet le rayon cible à la verticale vers le haut du MFD.

Le "compas" du HUD doit normalement confirmer cette orientation.

**REMARQUE** : le sens des informations latérales E/W ou N/S n'est facile à interpréter que si le vaisseau est vertical nez vers le haut. Ce n'est que dans ce cas que le symbole du vaisseau est visible sur la "sphère" PITCH des cercles concentriques. L'axe 90° de cette sphère est en permanence vertical au lieu considéré, c'est le symbole d'orientation du nez du vaisseau qui se déplace à l'intérieur.

## Launch Compas - 3



### Ravitaillement en carburant.

Cette procédure n'est utilisable que si on est arrimé à un vaisseau qui possède un système de transfert de carburant. Vérifiez que l'indication **DOCK** est allumée en blanc.

#### 1) Se brancher à la source externe :

- Configuration en mode **Ext->Int** avec **SYS**.
- Sélectionner le réservoir externe avec **ExT**.
- Vérifier que **TEMP** carburant est < à 120 °.
- Brancher le réservoir externe sur **Align: Suct** pour l'aspiration avec la commande **ExA**.

#### 2) Brancher le réservoir interne :

- Sélectionner le réservoir interne avec **TNK**.
- Brancher le réservoir interne à remplir sur **FILL** avec la commande **ALN**.

#### 3) Connecter la pompe 1A :

- Sélectionner la pompe **1A** avec **PMP**.
- Vérifier une température de pompe < 120 °.
- Connecter l'aspiration de **1A** sur la ligne **docking connection** avec la commande **SUC**.
- Brancher le refoulement de **1A** sur le réservoir (**manifold**) avec la commande **DSC**.
- La ligne d'aspiration et celle de refoulement doivent être en vert sur le schéma.

#### 4) Procéder au transfert :

- Mettre en marche la pompe **1A** avec **RUN**.
- On doit constater une hausse du niveau du réservoir cible et un débit positif.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe. Si nécessaire : **CLR**. (p-6)
- **RUN** dès que le réservoir est plein pour arrêter immédiatement la pompe.
- Isoler les divers circuits : Voir **page-6**.

## FUEL SYSTEM - 1



### Fourniture de carburant.

Cette procédure n'est utilisable que si on est arrimé à un vaisseau qui possède un système de transfert de carburant. Vérifiez que l'indication **DOCK** est allumée en blanc.

#### 1) Se brancher à la cible externe :

- Configuration en mode **Int ->Ext** avec **SYS**.
- Sélectionner le réservoir externe avec **ExT**.
- Brancher le réservoir externe (**Align: Fill**) pour le refoulement avec la commande **ExA**.

#### 2) Brancher le réservoir interne :

- Sélectionnez le réservoir interne avec **TNK**.
- Vérifier que **TEMP** carburant est < à 120 °.
- Brancher ce réservoir interne source en aspiration avec la commande **ALN**. (**SUCT**)

#### 3) Connecter la pompe 1A :

- Sélectionnez la pompe **1A** avec **PMP**.
- Vérifier une température de pompe < 120 °.
- Brancher l'aspiration de **1A** sur le réservoir avec la commande **SUC**.
- Connecter le refoulement de **1A** sur **DOCK OVBD** avec la commande **DSC**. (**overboard**)
- La ligne d'aspiration et celle de refoulement doivent être en vert sur le schéma.

#### 4) Procéder au transfert :

- Mettre en marche la pompe **1A** avec **RUN**.
- On doit constater une baisse du niveau du réservoir source et un débit positif. L'information normale **OVBD** clignote indiquant une pression positive sur le port.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe. Si nécessaire : **CLR**. (p-6)

## FUEL SYSTEM - 2





16

- **RUN** dès que le réservoir cible est plein pour arrêter immédiatement la pompe.
- Isoler les divers circuits : Voir [page-6](#).

### Transferts internes de carburant.

#### 1) Brancher le réservoir de réception :

- Configuration en mode **Int ->Int** avec **SYS**.
- Sélectionner le réservoir cible avec **TNK**.
- Brancher le réservoir sélectionné sur le collecteur de refoulement (**FILL**) avec **ALN**.

#### 2) Brancher le réservoir source :

- Sélectionnez le réservoir source avec **TNK**.
- Vérifier que **TEMP** carburant est  $< 120^{\circ}$ .
- Brancher ce réservoir avec **ALN**. (**SUCT**)

#### 3) Connecter la pompe 1E :

- Sélectionnez la pompe **1E** avec **PMP**.
- Vérifier une température de pompe  $< 120^{\circ}$ .
- Brancher l'aspiration de **1E** sur le réservoir source avec la commande **SUC**. (**manifold**)
- Refoulement de **1E** (**manifold**) avec **DSC**.
- La ligne d'aspiration et celle de refoulement doivent être en vert sur le schéma.

#### 4) Procéder au transfert :

- Mettre en marche la pompe **1E** avec **RUN**.
- On doit constater une baisse du niveau du réservoir source et un débit positif.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe. Si nécessaire : **CLR**. (p-6)
- **RUN** dès que le réservoir cible est plein pour arrêter immédiatement la pompe.
- Isoler les divers circuits : Voir [page-6](#).

FUEL SYSTEM - 3

Page - 6



17

### Refroidissement du carburant.

#### 1) Brancher le réservoir pour faire recirculer le fuel à travers le radiateur :

- Configuration en mode **Int ->Int** avec **SYS**.
- Sélection du réservoir à refroidir avec **TNK**.
- Vérifier que **TEMP** carburant est  $< 120^{\circ}$ .
- Brancher le réservoir "à refroidir" en mode **T/T** avec la commande **ALN**.

#### 2) Connecter la pompe 1E :

- Sélectionnez la pompe **1E** avec **PMP**.
- Aspiration de **1E** sur **manifold** avec **SUC**.
- Connecter le refoulement de **1E** vers le radiateur de carburant **cooler** avec **DSC**.
- La ligne d'aspiration doit être vert, celle de refoulement doit également être représentée en vert sur le schéma **et transite par COOL**.

#### 3) Procéder à la recirculation :

- Mettre en marche la pompe **1E** avec **RUN**.
- Surveiller la température du carburant en sortie de pompe. Si nécessaire : **CLR**. (p-6)
- **RUN** pour arrêter la pompe quand la température a été suffisamment réduite.

#### 4) Isoler les divers circuits :

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

### Vidange d'un réservoir.

Cette procédure n'est utilisable que si on n'est arrimé à aucune station et aucun vaisseau.

FUEL SYSTEM - 4

Page - 6



18

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

- Configuration en mode **Int ->Int** avec **SYS**.  
NOTE : Bien que l'on vidange le fuel à l'extérieur il faut imposer le mode **Int->Int**.
- Sélection du réservoir à vidanger avec **TNK**.
- Configurer sur aspiration (**SUCT**) ce réservoir avec **ALN**. Si le vaisseau possède plusieurs réservoirs, vérifier que les autres soient configurés sur **ISO**. Par contre si on veut les vidanger simultanément, les placer aussi sur le collecteur d'aspiration **SUCT**.
- Vérifier que **TEMP** carburant est  $< 120^{\circ}$ .

### 2) Brancher 1E sur "OverBord" :




- Sélectionnez la pompe **1E** avec **PMP**.
- Brancher l'aspiration de **1E** (**manifold**) sur le réservoir à vidanger avec **SUC**.
- La ligne d'aspiration doit être représentée en vert sur le schéma. Attention, les réservoirs qui sont non isolés voient leur repère encadré **12** et seront vidés.
- Connecter le refoulement de la pompe **1E** sur **overboard** avec **DSC**. Quand le refoulement est dirigé vers la canalisation externe de purge, le statu de **1E** le précise avec la ligne représentée en gris sur le schéma au lieu de vert.

### 3) Procéder à la vidange :

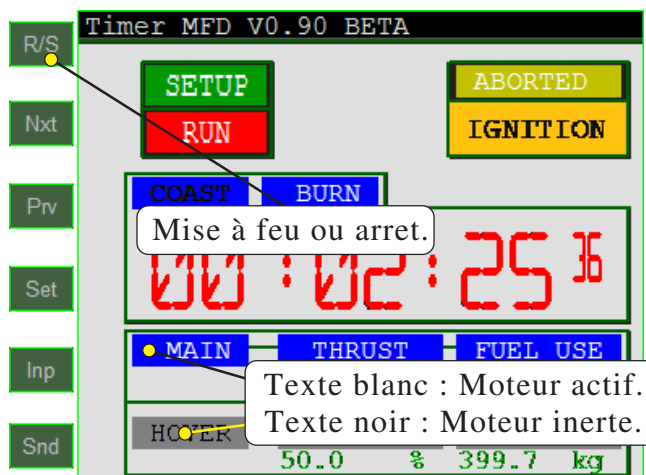
- Mettre en marche la pompe **1E** avec **RUN**.
- L'information **OVBD** clignote indiquant une vidange positive vers l'extérieur. On doit constater une baisse du niveau du réservoir à vidanger et un débit positif. Durant la vidange, on peut cliquer sur **TNK** pour avoir les informations relatives aux autres réservoirs.

FUEL SYSTEM - 5

Page - 6

<div>  19 </div>	<div>  20 </div>	<div>  43 </div>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveiller la température du carburant en sortie de pompe. Si nécessaire : <b>CLR</b>.</li> <li>• <b>RUN</b> pour arrêter la pompe quand le niveau de vidange requis est atteint.</li> <li>• Isoler les divers circuits : Voir ci-dessous.</li> </ul>	<p><b>Fuel Management</b> permet d'effectuer des transferts de carburant entre les réservoirs d'un vaisseau, ou entre un vaisseau et une station orbitale ou un autre vaisseau.</p>	<p>la Terre durant l'ascension. (Comme pour la Navette) ATTENTION, les inclinaisons sont données par rapport au plan équatorial. Pour les contrôler sur <b>Orbit MFD</b> il faut passer en mode <b>Frm EQU</b> avec le bouton <b>FRM</b>.</p>
<p><b>Utilisation du "COOLER".</b></p> <p>C'est un dispositif de refroidissement destiné à abaisser la température de la pompe si cette dernière devient trop importante. Utiliser <b>CLR</b> avec une température de pompe inférieure à 90° provoque l'information <b>Pump intercooler not available</b>. Dès que la température de pompe atteint 90°, <b>COOLER</b> devient jaune, prévenant qu'il faut intervenir. Si on active le refroidissement avec <b>CLR</b>, <b>COOLER</b> devient blanc et on obtient <b>Pump intercooler aligned</b>. Si la température est supérieure à 90° et que l'on coupe le refroidissement par la commande <b>CLR</b>, le témoin <b>COOLER</b> redevient jaune et le texte <b>Pump intercooler secured</b> est affiché. Si la température augmente et que l'on ne fait rien pour palier le problème, à 120°, le dispositif passe automatiquement sur le mode <b>Pump intercooler secured</b>.</p>	<div> <div>Fuel Mgt GL-01 (DeltaGlider)</div> <div>Pump Mode: Cross-Feed (SRC =&gt; TGT)</div> <div>Pump Rate: Off</div> <div>Target Tank 2 (of 2)</div> <div> <div>23.2 kg</div> <div>3.87%</div> <div>600.0 kg</div> </div> <div>Source Tank 1 (of 2)</div> <div> <div>2598 kg</div> <div>20.14%</div> <div>12900 kg</div> </div> </div> <p><b>MOD</b> : Permet trois modes de transferts :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cross-Feed</b> : Transferts internes vaisseau.</li> <li>• <b>Vent</b> : Vidange dans l'espace. (Délestage)</li> <li>• <b>Load</b> : De l'hôte vers notre vaisseau.</li> <li>• <b>Unload</b> : De notre vaisseau vers l'hôte.</li> </ul> <p><b>Load</b> et <b>Unload</b> ne fonctionnent que si on est accouplé à un vaisseau ou à une station hôte.</p> <p><b>TGT</b> : Sélectionne le réservoir de réception.  <b>SCR</b> : Sélectionne le réservoir source.  <b>PR+</b> : Augmente le débit de la pompe.  <b>PR-</b> : Diminue le débit de la pompe.</p> <p><i>La couleur sur la jauge est rouge si on descend en dessous de 10% et devient verte si on dépasse 50% de la capacité du réservoir.</i></p> <p><b>DCK</b> : Quand on commande une station possédant plusieurs port d'amarrage, permet de sélectionner vers quel port seront dirigés les transferts de carburant. <b>Les transferts ne sont possibles que si un vaisseau est arrimé au port sélectionné.</b></p>	<p><b>Calcul du paramètre HEADING.</b></p> <p>On va prendre comme exemple pour <b>Inc</b> la valeur de 51.63° qui correspond à l'orbite d'ISS. Cette valeur est encadrée par : 51.33 et 51.67 soit une différence de 0.34° 243.82 et 242.98 soit un écart de 0.84° On va interpoler avec la borne inférieure : On veut l'augmenter de 0.30°</p> <p>Coefficient : <math>0.84 / 0.34 * 0.3 = 0.74</math>  Azimut : <math>243.82^\circ - 0.74^\circ = 243.08^\circ</math></p> <p><b>Contrôle ou modification de Inc.</b></p> <p>La situation étant chargée, "[Ctrl] U" permet de vérifier la consigne d'inclinaison actuelle. La commande "<b>U</b>" permet de saisir directement la valeur souhaitée mais uniquement avant le tir. L'exemple de format fourni en saisie de <b>Inc</b> est celui pour atteindre le plan orbital de la station spatiale ISS.</p> <p><b>Réalisation de la mission.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Procéder au tir avec "<b>O</b>". Durant l'ascension éliminer un éventuel affichage de <b>Inc</b> en réitérant "[Ctrl] U". On peut éventuellement couper le P.A. avec "<b>O</b>".</li> <li>2) Une fois en orbite basse éjecter le dernier étage de la fusée avec "<b>J</b>".</li> <li>3) Déployer les diverses antennes et les panneaux solaires avec "<b>K</b>".</li> <li>4) Poursuivre la mission par les manoeuvres de RDV en utilisant <b>Soyuz Guidance MFD</b>.</li> </ol>
<p><b>Isoler les divers circuits :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isoler la ligne d'aspiration avec <b>SUC</b>.</li> <li>• Isoler la ligne de refoulement avec <b>DSC</b>.</li> <li>• Vérifier sur le schéma leur isolement.</li> <li>• Isoler des deux collecteurs le(s) réservoir(s) interne(s) avec <b>ALN</b>. (<b>ISO</b> allumé)</li> <li>• Isoler le(s) réservoir(s) externe(s) des deux collecteurs avec <b>ExA</b>. (<b>Align: Iso</b>)</li> </ul>		
<p><b>FUEL SYSTEM - 6</b></p>	<p><b>Fuel Management.</b></p>	<p><b>Lancement des Soyuz - 3</b></p>
<div> <div>P6</div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div>FUEL</div>	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>

## MFD de PILOTAGE



### Initialisation d'une mise à feu :

- "R" pour Facteur temporel à 0.1,
- "/" pour passer les RCS en mode rotation.

### Saisie du délai de déclenchement :

**Nxt** jusqu'à **COAST** en gris.

**Inp** > Valeur en *nnn.nn* Secondes ↵.

### Saisie de la durée de combustion :

**Nxt** pour **BURN** en gris.

**Inp** > Valeur *nnn.nn* en Secondes ↵.

### Saisie de la poussée des moteurs :

**Nxt** pour **MAIN** en gris.

**Inp** > Valeur en % ↵.

**Set** pour valider ou non le moteur.

**Nxt** pour **HOVER** en gris.

**Inp** > Valeur en % ↵.

**Set** pour valider ou non le moteur.

Fonctionne en chronomètre à décomptage avec alerte sonore si tous les moteurs inactifs.

## Timer MFD. (V0.90)



2

C'est un pilote automatique qui peut maintenir simultanément plusieurs paramètres de vol indépendants les uns des autres. Testé uniquement sur le DG3 de base.

Ne pas utiliser l'accélération temporelle quand il est activé ni imposer des options contradictoires. **Hover** permet les décollages et atterrissages verticaux. Le maintien du cabrage **BANK** est réalisé uniquement aux RCS.

**PRO**grade peut compléter les options pour voler à plat. Le bouton **TAL** passe à vrai ou faux le booléen **Tail Sitter ?** (Vaisseau présentant une "queue" de fuselage courte)

### Utilisation des fonctions :

- **<>** : Sélectionne le paramètre Chosen Autopilot à maintenir en permutation circulaire.

**<>** — AoA (Angle d'incidence)  
PITCH (Angle de cabrage)  
BANK (Angle de roulis)  
CRUISE (Vitesse de croisière)  
HOVER (**Vitesse Verticale**)

- **TGT** > ValeurParamètre ↵. Pour une consigne d'inclinaison en roulis vers la droite donner une valeur négative (**BANK**).
- **TGL** : Active / Désactive le verrouillage.
- **THLT** : Stoppe tous les maintiens en cours.

### Modifier la consigne du paramètre indexé :

Durant le fonctionnement de l'automatisme les boutons **INC** et **DEC** permettent d'Incrémenter ou de Décrémenter la valeur Target de consigne de la fonction indexée. Les pas sont de valeur unitaire par défaut. Les boutons **++** et **--** permettent d'augmenter ou de diminuer la valeur du pas Step d'ajustement manuel de la consigne en cours Target.

## Auto Hover MFD.

Auto H



3

Cette fonction permet d'automatiser une mise à feu en programmant le **DeltaV** souhaité et un délai avant combustion. Le délai peut automatiquement être synchronisé sur l'attente du périastre ou de l'apoastre.

### Saisie des valeurs :

**RST** : Remplace les valeurs à zéro.

**PV** ou **NV** : Permute le type de donnée qui sera saisie entre la valeur souhaitée pour le changement de vitesse ou la valeur du délai avant combustion. La ligne indexée est affichée en blanc.

**NV** ou **PV** — Target DeltaV  
Time to Manual start

**+** ou **-** : Incrémente ou décrémente le délai avant combustion ou le Target DeltaV.

**/** ou **\*** : Divise ou multiplie par 10 le coefficient d'incrémentation /décrémentation.

### Choix du mode de temporisation :

**MD** : Permet en mode recirculation de sélectionner le type de délai qui sera décompté avant combustion.

**MD** — Combustion au Périastre  
Combustion à l'Apoastre  
Délai saisi en manuel

### Choix des moteurs sollicités :

**ENG** : Permet en mode recirculation de sélectionner les moteurs qui seront utilisés.

**ENG** — Main  
Hover  
Retro

**ATTENTION** : Le moteur ne fonctionnera au moment venu que si il est opérationnel, penser à ouvrir les obturateurs. Les calculs supposent le moteur utilisé à 100%.

## Burn Time Calculator - 1

BTC





4

### Activation de l'automatisme :

Time Burn MFD propose trois modes de déclenchement pour la mise à feu. Quelle que soit la technique de déclenchement, une fois la combustion amorcée elle peut être stoppée avec la touche \* **num**.

#### Déclenchement immédiat :

**BRN** : Déclenche l'automatisme en utilisant la valeur du délai saisi en manuel quel que soit le mode indexé par **MD**.

#### Déclenchement automatique :

**ARM** : Déclenche l'automatisme en utilisant les paramètres initialisés. Utilise le délai imposé par **MD**.

#### Circularisation d'orbite :

- Choisir avec **MD** l'apoastre ou le périastre pour le déclenchement.
- Déclencher l'automatisme avec **CIR**.
- Attendre le rapprochement du point de la mise à feu et armer le pilote automatique en PROgrade ou en RETROgrade.

*La mise à feu est effectuée avant d'arriver au point théorique, à une durée égale à la moitié de celle de combustion pour "symétriser" l'influence.*

### Informations disponibles :

**Current vehicle mass** : Masse actuelle vaisseau.

**Current stack mass** : Masse totale si le vaisseau est accouplé.

**Postburn vehicle mass** : Masse après le burn.

**Empty vehicle mass** : Masse à vide.

**mass flow rate** : Débit massique du moteur.

**Eng Thrust** : Poussée du moteur sélectionné.

**Eng Isp** : Impulsion spécifique du moteur.

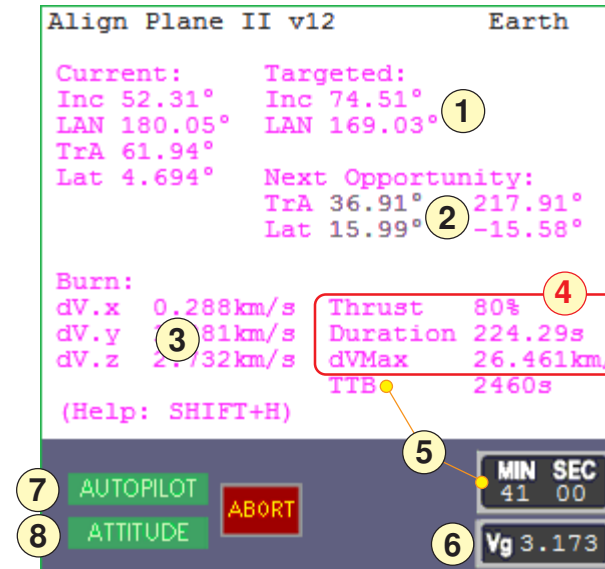
**Eng Acc** : Accélération possible avec le moteur.



5

Align Plane II impose le passage sur le tableau de bord 2D.

### Éléments affichés :



- 1 : **Inc** et **LAN** du plan de l'orbite ciblée. (Valeurs à saisir pour effectuer les calculs)
- 2 : True Anomaly et latitude des deux prochaines opportunités. La plus proche est affichée en vert, l'autre en gris.
- 3 : Valeurs des corrections à effectuer.
- 4 : **Thrust** : Pourcentage de poussée.  
**Duration** : Durée calculée de la poussée.  
**dVMax** : Impulsion spécifique actuelle possible.
- 5 : Durée d'attente avant la mise à feu.  
Durée restante durant la combustion.
- 6 : Valeur de dV nécessaire.
- 7 : État du pilote automatique. (Vert : ON)
- 8 : État de l'ATTITUDE. (Vert : correcte)



6

### COMMANDES :

**INC** : Entrer l'inclinaison ciblée en degrés. Valeurs comprises entre 0 et 179,99.

**LAN** : Entrer la longitude du nœud ascendant ciblée pour le plan de l'orbite. Valeurs comprises entre 0 et 359 **ESPACE** 99.

**TLV** : Poussée désirée entre 0% et 100% sur le moteur orbital. Pour les petites corrections, baisser cette valeur pour l'obtention d'une durée acceptable. (*Quelques secondes*)

**RUN** : Active la procédure de calcul.

**PLT** : Active ou coupe l'automatisme. Cliquer sur **PLT** quand le pilote automatique est sur ON le coupe et provoque l'interruption immédiate de la procédure.

**FD** : bascule entre l'écran principal et l'écran FDAI. Le FDAI est utilisée pour aligner correctement le vaisseau spatial à l'attitude correcte avant la manœuvre. **L'indicateur d'attitude devient vert quand la position est correcte pour les deux axes et orange quand elle est proche de l'orientation requise.**

**SCL** : Permutation entre les différentes échelles de déviation du FDAI. Les valeurs sont de 5° ou 50° à pleine échelle de d'écalage en Roulis, et de 5° ou 15° à pleine échelle pour le Tangage / Lacet. Ces paramètres sont indiqués dans le cadre **ERR** du FDAI. Les valeurs sont 1°/sec, 5°/sec ou 10°/sec pour le taux de Tangage / taux de Lacet, et 1°/sec, 5°/sec ou 50°/s pour le taux de roulis. Ces paramètres sont indiqués dans le cadre **RATE** du FDAI.

### Burn Time Calculator - 2

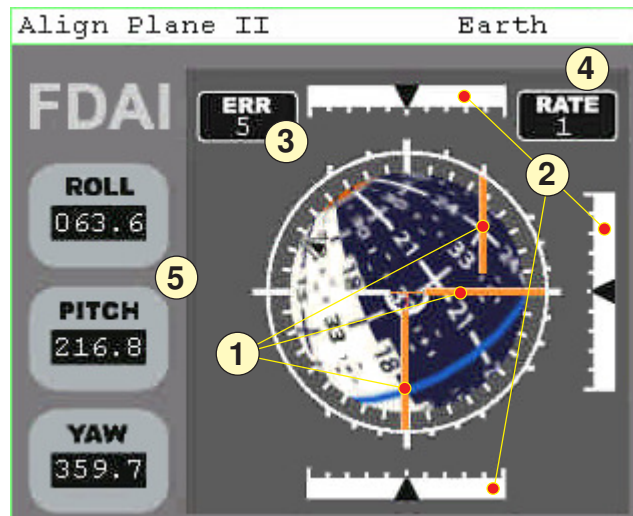
### AlignPlane II - 1

### AlignPlane II - 2

AlignP-II



7



- 1 : Déviation angulaire par rapport à l'orientation requise pour la manoeuvre.
- 2 : Taux de rotation actuel.
- 3 : Erreur de déviation à pleine échelle. (À gauche Roulis, à droite Lacet/Tangage)
- 4 : Taux de rotation à pleine échelle.
- 5 : Orientation actuelle.

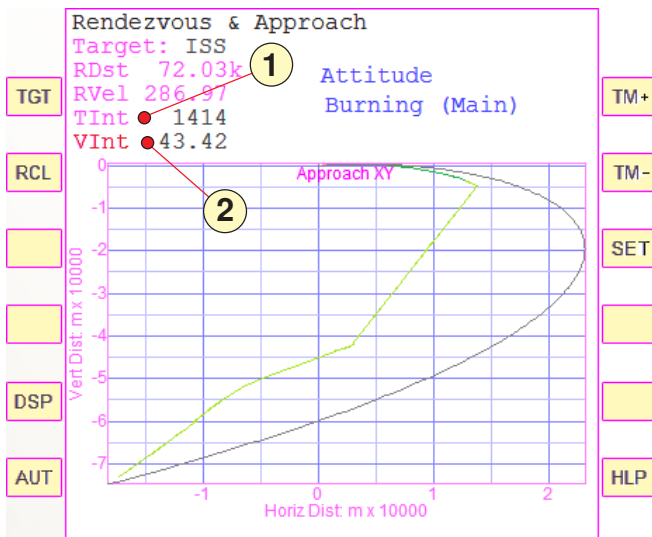
### PROCÉDURE :

- 1) Utiliser **Orbit** ou **Align Planes** pour déterminer **Inc** et **LAN** de la cible.
- 2) Saisir les valeurs de **Inc** avec **INC** et de **LAN** avec **LAN**. (Voir Format en page -2)
- 3) Effectuer les calculs avec **RUN**.
- 4) Changer si nécessaire la valeur du % de poussée avec **TLV**. (*Duration trop faible ...*)
- 5) Enclencher le P.A. avec **PLT**.
- 6) Orienter correctement le vaisseau avec le **FDAI** puis attendre la fin de la manoeuvre.

### AlignPlane II - 3



8



Ne fonctionne correctement que si la distance de la cible est inférieure à 100 Km. Ecc de l'orbite cible < 0,01 et un Rinc < 2 degrés.

### PROCÉDURE DE RENEZ-VOUS :

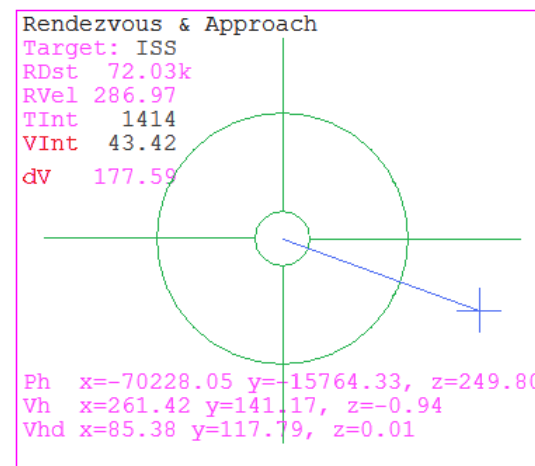
- 1) Aligner les plans de façon classique.
- 2) Synchroniser les orbites pour avoir un ordre de grandeur du temps nécessaire.
- 3) À environ 100Km activer cette fonction.
  - **SEL > Rendezvous > TGT > cible** ↵.
  - **SET** pour saisir la durée 1 pour le RDV. Affiche en 2 la vitesse relative d'intersection.
  - Utiliser **TM+** et **TM-** pour faire varier **Vint** et obtenir une valeur convenable.
- 4) **DSP** pour passer en affichage vectoriel.
  - Passer en mode **ROT** et orienter le vaisseau. (En manuel éventuellement)
  - Pousser jusqu'à obtenir dV < 0.01 en terminant la manoeuvre avec les RCS.

### Rendez vous MFD - 1

R D V



9



- 5) **RCL** pour recalculer les paramètres.
  - 6) **DSP** pour passer en affichage du profil.
  - 7) **AUT** pour activer le P.A. **Attitude** est alors affiché en jaune sur le MFD. Puis, à la mise à feu des moteurs, **Burning (Main)** ou **Burning (RCS)** seront affichés.
  - 8) Afficher le MFD docking sur l'autre MFD
  - 9) Passer le HUD en mode docking et l'utiliser pour s'orienter vers la cible.
  - 10) Commencez le docking lorsque **Tint** est remplacé par **final appr.**
- Auto-burn activé par **AUT** peut être utilisé avec les deux modes d'affichage.
- Lors de l'affichage en mode vecteur de combustion, les items visualisés sont exprimé dans le repère propre au vaisseau XYZ.
- Ph = Position relative de la cible. (m)  
 V = Vitesse relative de la cible. (m/s)  
 Vhd = Vitesse relative désirée. (m/s)
- 11) Utiliser Axial Velocity MFD qui facilitera grandement la manoeuvre en phase finale.

### Rendez vous MFD - 2



10

Cette fonction est actuellement intégrée dans le module **BaseApproch** de IMFD.

Ce module sert à gérer la mise à feu qui provoquera le décrochage d'orbite pour effectuer une rentrée. **BaseSync** fournit deux modules, un module de synchronisation et un de désorbitation par la commande **DEO**.

*Pour utiliser correctement BaseSyncMFD le vaisseau doit se trouver sur une orbite circulaire avant de provoquer la mise à feu.* Si ce n'est pas le cas le texte "The ship must be on circular orbit before the de-orbit burn" sera affiché en rouge sur l'écran.

### Principe d'un retour :

- On circularise l'orbite si elle est trop excentrique et on réalise une correction de **RIn** si sa valeur est trop importante.
- On attend que la trajectoire du vaisseau soit favorable. (Passe près du site d'atterrissage)
- En un point opposé au site** à environ 18000km de l'arrivée on calcule la mise à feu et on la réalise la poussée rétrograde.

### Commandes ordinaires :

- MOD** : Affichage en permutation circulaire des informations graphique et numériques.
- NUM** : Nombre d'orbites qui seront affichées pour les données de synchronisation. Il y en a huit par défaut. Affichée en blanc l'orbite la plus favorable, les autres montrées en vert.
- REF** : Comme pour de nombreux MFD, cette commande permet d'imposer la planète de référence quand on se trouve proche d'un satellite.

## Base Synchro MFD - 1

← **LOLA MFD.**

Base SYN



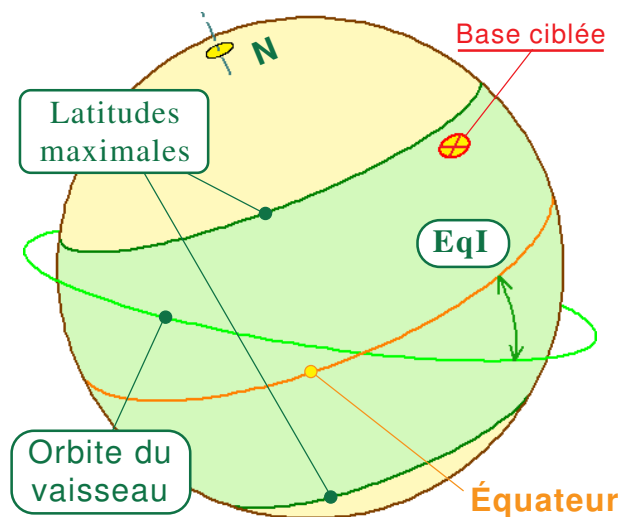
11

### Ajustement de l'inclinaison :

- E/C** : Commande qui réalise la permutation entre les modes **Equator** ou **Direct**.

#### Ajustement de Eql en mode EQUATOR :

Quand on utilise l'option **Latitude** pour technique de rapprochement, la base ciblée doit être accessible. Si la base est hors de portée, le texte **Base out of Range** est affiché. L'inclinaison équatoriale doit être augmentée avec une **Eql** au moins de même latitude que celle de l'objectif ou un peu plus. (0,5 degré).



Le mode **Equator** est une bonne méthode à utiliser lorsque la planète tourne rapidement autour de son axe, comme la Terre, Mars, Io, Europa. Après quelques orbites, le plan passe à proximité de la base ciblée.

#### Ajustement de l'inclinaison en mode Direct :

Avec des planètes comme Vénus, la Lune ou Callisto qui ont une longue période de rotation sur elle-même la synchronisation peut

## Base Synchro MFD - 2



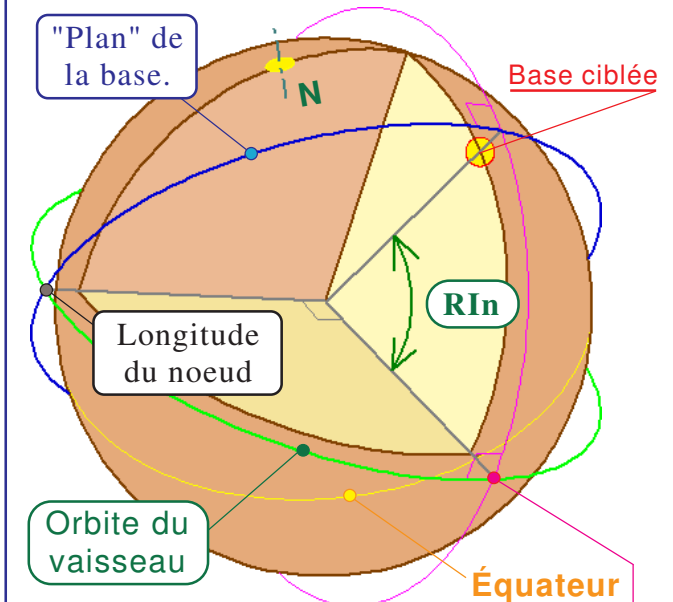
12

prendre plusieurs jours, voire un mois pour espérer un rapprochement. Il faut alors aligner les plans orbitaux en utilisant **PIC** pour changer de plan pour ainsi gagner du temps.

- E/C** : Passer en mode **Direct**.

Dans ce mode **Tn** montrera le temps pour arriver à un noeud qui permet de changer l'inclinaison. **PLC** précise la durée de combustion et l'orientation du vaisseau à adopter. (Normal +) ou (Normal -)

**RIn** précise l'inclinaison relative de l'orbite.



#### Projection de la base sur l'orbite du vaisseau

Si **RIn** ou **PLC** sont à zéro, il n'est pas nécessaire d'effectuer de correction.

Le mode **Direct** doit également être utilisé pour l'ajustement final avec toutes les planètes après avoir effectué la poussée de désorbitation pour réduire l'écart final.

## Base Synchro MFD - 3





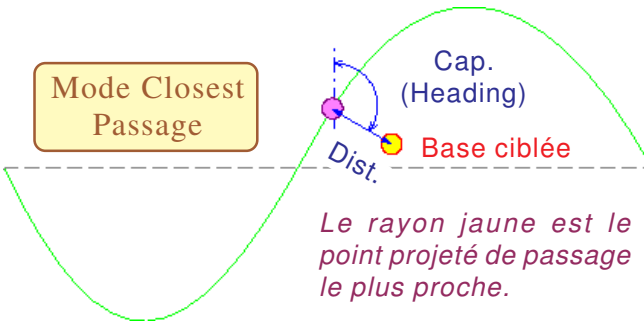
13

## Mode de rapprochement :

- **ENC** : Commande qui permute entre les **Closest Passage**, **Latitude**, **Apoapsis** ou **Periapsis**.

### Mode Closest Passage :

Calcule pour un passage au plus près de l'objectif en précisant le cap (Heading) et la distance qui nous séparera de ce point.



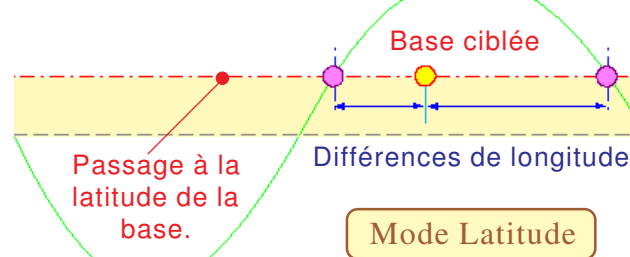
BaseSyncMFD v2.1 Ref Earth		
Closest passage	Tgt Cape Canaveral	
Lon 80.67°W	Equator:	
Lat 28.52°N	RIn 0.00°	
EqI 34.62°	LAN 173.09°	
Hed 91.98°	Tn -2.320k	
GSp 7.216k	PlC 0.000s (+)	
Dst 5.626M		
Alt 180.57k		
Mode de rencontre		
Time:	Dist:	Heading:
1: 4.800k	67.430k	22.61°
2: 10.356k	1.076M	32.28°
3: 15.896k	2.357M	32.60°
4: 21.439k	3.788M	37.47°
5: 27.027k	5.242M	30.30°
6: 32.752k	6.497M	15.60°
7: 38.743k	7.018M	358.82°



14

## Mode Latitude :

Détermine les deux points de passage où l'orbite coupe la latitude de l'objectif et donne la différence de longitude entre ces points et l'objectif. Le deux points de rapprochement dans ce mode sont représentés respectivement en jaune pour le plus proche, et en gris pour le plus éloigné.



BaseSyncMFD v2.1 Ref Earth		
Latitude	Tgt Cape Canaveral	
Lon 80.67°W	Equator:	
Lat 28.52°N	RIn 0.00°	
EqI 34.62°	LAN 173.09°	
Hed 91.98°	Tn -2.320k	
GSp 7.216k	PlC 0.000s (+)	
Dst 5.626M		
Alt 180.73k		
Mode de rencontre		
Time:	Diff:	
5: 4.800k	67.430k	
7: 10.356k	1.076M	

Il faut avoir une vraie raison de vouloir se poser à la latitude de la base pour utiliser ce mode particulier.

Plusieurs lignes de prédiction sont calculées et donnent la durée pour se rendre au point de rapprochement et sa différence de latitude.



15

## Mode Apoapsis / Periapsis :

Ces modes utilisent le périastre ou l'apoastre de l'orbite du vaisseau pour effectuer la synchronisation. Cette fonction affichera la distance projetée sur la planète entre ces points particuliers et la cible. L'altitude de l'orbite n'influence pas cette distance. Ces modes ne présentent pas d'avantages particulier mais sont disponibles à convenance.

### Informations fournies :

- Hed** : Cap vers la base. Mystère : Varie peu durant l'orbite !
- Spg** : Vitesse par rapport au sol.
- Dst** : Distance actuelle qui nous sépare de la cible projetée sur la surface de la planète.
- Alt** : Altitude théorique de l'orbite à la position pointée par la ligne jaune.
- LAN** : Longitude du noeud ascendant.

## Choix de l'orbite de décrochage :

- Commencer pas circulariser l'orbite.
- **NUM** > Nombre d'orbites affichées ↕.
- **SEL** > **BaseSync** >
- **TGT** > Nom de la base ↕.
- Vérifier que **RIn** n'a pas une trop grande valeur. Ou le corriger.
- **ENC** : Choisir le mode de rapprochement.
- On a toujours la possibilité de diminuer la plus courte distance de rapprochement par une poussée en Normal + ou en Normal - mais aux prix d'une consommation importante de fuel.
- Sélectionner l'orbite la plus favorable, et attendre de se trouver au "Nadir" de la cible pour réaliser le calcul de la poussée de rentrée.

Base Synchro MFD - 4

Base Synchro MFD - 5

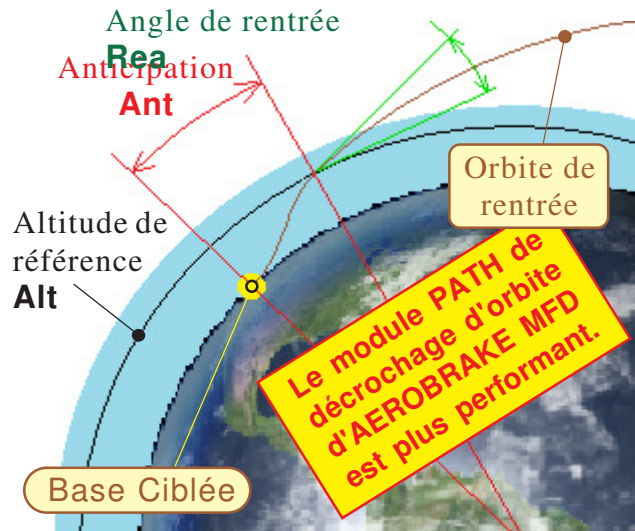
Base Synchro MFD - 6



## Module de désorbitation :

Ce module permet de déterminer l'instant de la mise à feu et sa durée une fois avoir déterminé l'orbite la plus favorable.

- **DEO** permet de passer au module **DeOrbit Program** ou de revenir à la fonction de recherche d'orbite favorable.



### Calculer la poussée à effectuer :

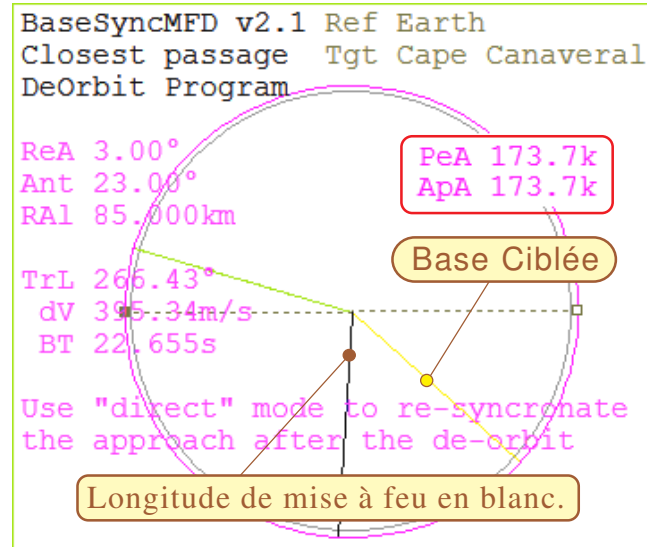
Il est recommandé d'utiliser le mode **Closest Passage**. **DeOrbit Program** exige que le vaisseau soit sur une orbite circulaire située à basse altitude. **En un point opposé du site** à environ 18000km de l'arrivée on initialise les paramètres idoines qui engendrent les calculs. On peut optimiser et chercher à obtenir un **dV** le plus faible possible.

- **ANG** > 1.5 à 7° ↙. (**Rea**)
- **ANT** > 15 à 21° ↙. (**Ant**)
- **ALT** > 60 à 85k ↙. (**RAI**)

Valeurs moyennes pour la Terre.



Chaque changement de la valeur de l'un des paramètres engendre le recalcul de la poussée.



**Trl** : Longitude vraie pour déclencher la combustion repérée par le rayon blanc.

**dV** : Chute de vitesse à provoquer.

**BT** : Durée de la combustion.

### Déclencher la désorbitation :

À l'instar d'IMFD qui intègre une gestion automatique des moteurs, avec **Base Synchro** on doit réaliser la mise à feu en manuel.

- Attendre d'atteindre la longitude **Trl** surveillé sur l'autre MFD en mode **Orbit**.
- Orienter le vaisseau dans le sens rétrograde.
- Effectuer la poussée en manuel. Durant la combustion **dV** et **BT** diminuent jusqu'à la valeur nulle. (Ou utiliser **Timer MFD**)

Les valeurs initiales ont changé, il faut re-synchroniser l'orbite avec le mode **Direct**.



C'est un MFD analogue à GPCMFD mais en moins performant. Non achevé il présente les données sous une forme un peu différente.

### Boutons de commande.

**NB** : Sélection d'une nouvelle base cible.

*Seulement quatre pistes sont possibles :*

- **KSC** : Atterrissage en piste 33.
- **KSC** : Atterrissage en piste 15.
- **Vandenburg Air Force** : Piste 12.
- **Vandenburg Air Force** : Piste 30.

**PB** : Sélection de la base précédente.

**RST** : Effacement du tracé de suivi du vol.

**MOD** : Passer au mode d'affichage suivant.

**UNT** : Commuter entre les unités SI et les unités de la Navette spatiale.

**HAC** : Approche gauche ou droite du HAC.

**STR** : Activer / Désactiver le P.A.

*Commande de débogage à ne pas utiliser :*  
**SAV** : Sauvegarder dans la racine d'Orbiter le fichier **Glideslope.csv**.

**HP+** : Augmenter la hauteur du périgée.

**HP-** : Diminuer la hauteur du périgée.

### Comportement du pilote automatique.

Lorsque le bouton **STR** est activé, le pilote automatique est engagé. Il utilise les systèmes de contrôle disponibles pour essayer de maintenir le bon AoA relatif à la vitesse actuelle, et de corriger le lacet pour le maintenir à zéro. (Glissade) Le P.A. utilise les RCS comme amortisseur de roulis. Lorsque le pilote impose au manche un taux de roulis non-nul, l'amortisseur de roulis est suspendu. Il n'existe pas actuellement d'indicateur pour l'état d'activité du P.A. Il se coupe automatiquement à Mach 5.

## Base Synchro MFD - 7

## Base Synchro MFD - 8

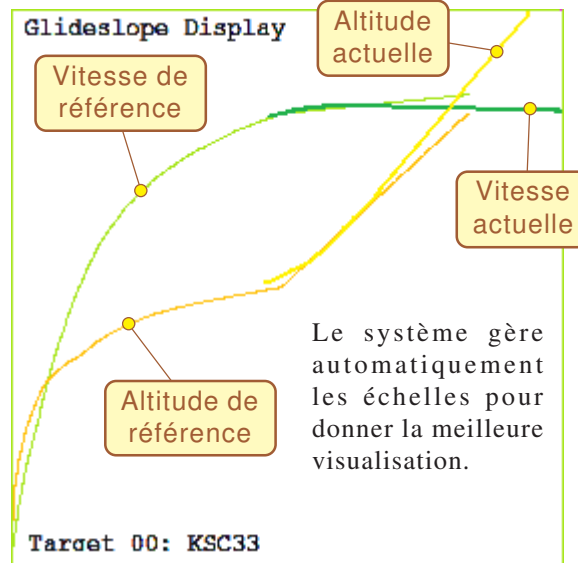
## Glideslope MFD - 1



19

### Page Couloir d'entrée. (OPS 3)

L'abscisse représente la distance à la base, située en bas à gauche, l'axe vertical étant relatif à l'altitude et à la vitesse. Le système gère automatiquement les échelles pour donner la meilleure visualisation.



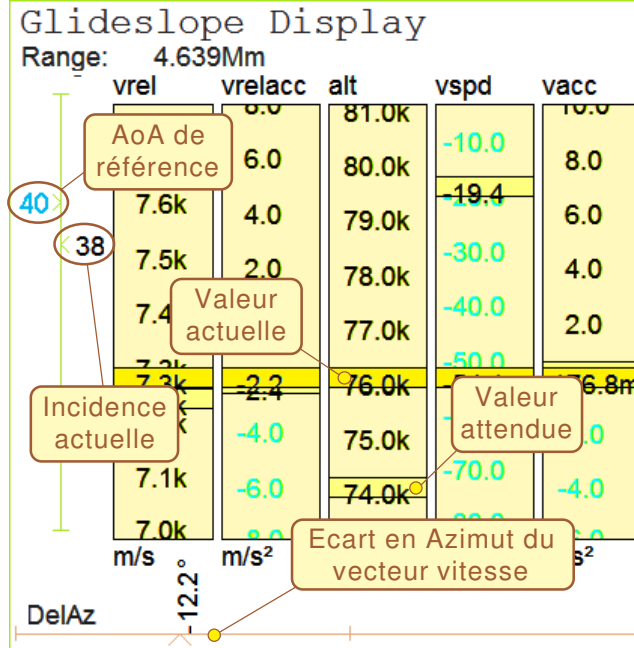
### Affichage de type barres à défilement.

Elles présentent le profil d'une autre manière. Le milieu de chaque bande est la valeur actuelle de la variable, les autres marqueurs sur chaque bande montrent la valeur de référence que devrait avoir le paramètre à cette distance de la base visée.

Les bandes de la gauche vers la droite sont relatives à : Vitesse relative d'approche, Taux de variation de la vitesse relative, (Trainée) Altitude, Vitesse verticale, Accélération verticale. Cet écran montre aussi en fonction de la distance de la base ciblée, en bleu l'angle



20



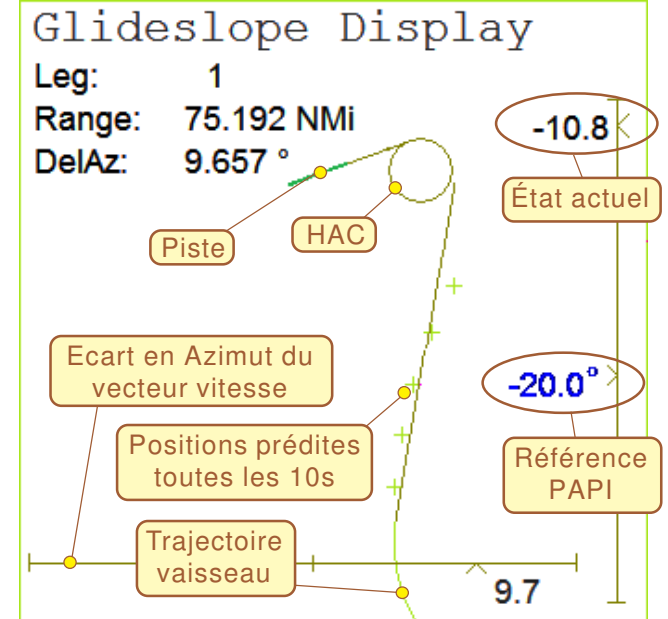
d'attaque AoA nécessaire et en blanc l'incidence actuelle. Delta Azimut est l'angle entre la direction actuelle du vecteur vitesse et la direction de la base ciblée. DelAz n'est pas l'angle entre l'axe longitudinal du vaisseau et la direction de la base, mais utilise le vecteur vitesse du vaisseau. Il faut orienter le véhicule de façon à annuler DelAz.

### Page Affichage horizontal. (OPS 4)

Elle présente la situation horizontale. La ligne verte en bas représente la trajectoire du vaisseau, les croix précisent sa position sur la trajectoire prédite sur 60s par intervalles 10s. La carte est toujours orientée par rapport au vaisseau. La courbe brune donne la direction du HAC (Heading



21



Alignment Circle) terminée en vert sombre par la représentation symbolique de la piste. Le facteur de zoom varie automatiquement. L'échelle du bas redonne la bande d'écart DelAz. L'échelle de droite donne en bleu la référence PAPI de la pente d'approche et en blanc la position et le vecteur de pente actuel.

### Deux pages d'affichages textuels.

Deux pages sont encore affichées, la première donne en vrac des valeurs pour la mise au point de ce module fonctionnel la deuxième étant relative à un calculateur de détermination de combustion de décrochage d'orbite. (Non fourni sur cette version) Lorsque le véhicule est dans l'atmosphère, une autre ligne de "débogage" apparaît en blanc dans le coin inférieur gauche de l'écran.

GlideSlope MFD - 2

GlideSlope MFD - 3

GlideSlope MFD - 4





Une fois l'orbite la plus favorable sélectionnée avec **BaseSynchro**, cette fonction permet de calculer et d'effectuer la poussée de désorbitation et de gérer la rentrée atmosphérique du vaisseau en vol plané.

### Commandes standard :

**TGT** > Nom de la base cible.

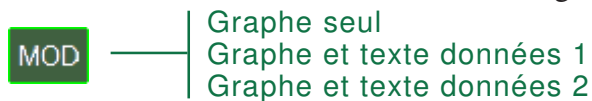
**REF** : **AeroBrakeMFD** sélectionne la planète la plus proche comme référence. Si la sélection automatique n'est pas satisfaisante on peut forcer la référence avec **REF**.

### Commandes d'affichage :

**PG** : Permute entre les trois pages possibles.



**MOD** : Choix entre trois modes d'affichage.



**PRJ** : Projection sur le plan de l'orbite du vaisseau ou sur le plan équatorial si page **Path** affichée. Trois types de données différentes proposés en permutation circulaire pour **Graph/Map** et **Lift/Drag**.

### Commandes pour la page Path :

**Z+** : Augmente le facteur de ZOOM.

**Z-** : Diminue le facteur de ZOOM.

**CNT** : Centrage de l'affichage sur :



**AéroBrakeMFD** est plus convivial que **BaseSynchro** pour calculer et réaliser la poussée de désorbitation.

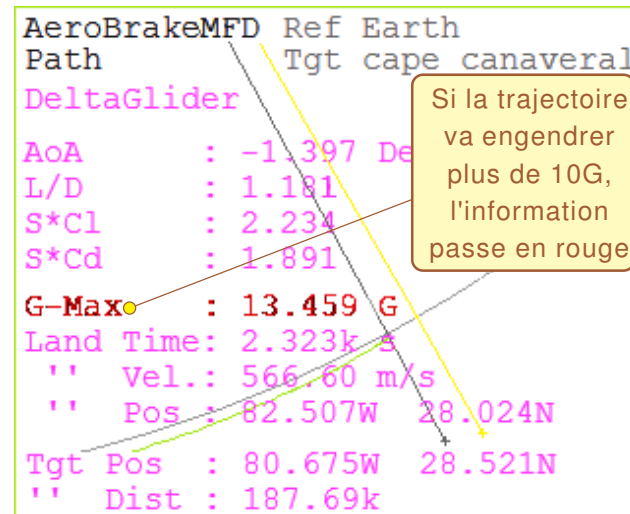


## Module de désorbitation :

La page **Path** sert à calculer et réaliser la poussée de désorbitation. L'affichage montre la planète de référence avec la trajectoire que va suivre le vaisseau. Le rayon vert donne la position du vaisseau, le rayon jaune la base ciblée et le rayon blanc le périégée ou le point d'atterrissage. Avec la commande **CNT**, le centre de la planète est utile pour les grandes distances, la position du vaisseau quand on aborde la haute atmosphère loin de la cible sélectionnée et le périapsis ou contact avec le sol pour gérer la désorbitation ou la fin du vol.

### Réaliser la poussée en manuel :

- Quand on se trouve à l'opposé du trait jaune, ( $\approx 19000\text{Km}$  pour la Terre) poussée rétrograde jusqu'à annuler la hauteur du périégée. Le trait gris s'approche du trait jaune.
- Centrer la vue sur le point d'atterrissage et effectuer un fort ZOOM. Avec les RCS



confondre le trait gris avec le rayon jaune.

- Préparer la rentrée :
  - \* Placer le vaisseau en PROgrade.
  - \* Placer les ailes à l'horizontale.
  - \* Cabrer pour obtenir l'AoA désiré.
  - \* Ajuster les fréquences radio ...
  - \* Page **Graph/Map** et **PRJ** mode **Map**.

**NOTE IMPORTANTE** : La trajectoire prédictive est calculée en fonction de la vitesse actuelle du vaisseau **qui peut être placé dans une orientation quelconque**.

### Réaliser la poussée en Delta V :

Au lieu de réaliser une poussée en orientation RETROgrade et d'observer la modification de trajectoire qui en résulte, on peut imposer pour la prédétermination de la trajectoire la variation de vitesse que l'on réalisera à l'aide des moteurs la poussée étant supposée réalisée en RETROgrade. Si on donne un signe négatif à la valeur, la poussée est alors supposée être effectuée en orientation PROgrade.

**HDv** : Ajuste la valeur de l'**Hypotetic DeltaV** à partir de laquelle est calculée la trajectoire. Plus la valeur fournie est grande, plus la rentrée sera brutale et la poussée énergétique.

**ATTENTION** : Détermine la trajectoire **en fonction de l'orientation actuelle du vaisseau**, donc le placer avec l'AoA qui sera celui de la rentrée pour effectuer le calcul puis en PROgrade pour réaliser la poussée. Annuler enfin la valeur de **HDv** (*Valider sans valeur*) pour faire afficher la trajectoire finale une fois le vaisseau remplacé à l'AoA de rentrée.

## Aero Brake MFD - 1

Aéro B

## Aero Brake MFD - 2

## Aero Brake MFD - 3

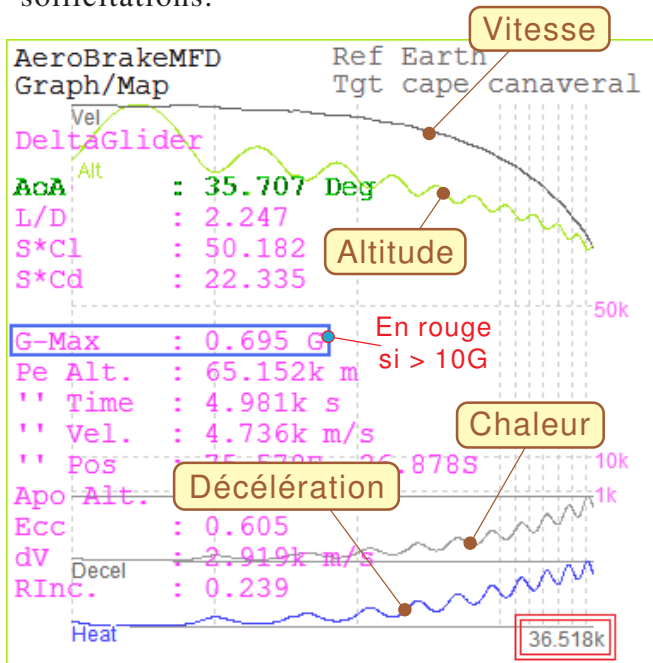


## Pages graphiques de trajectoire :

On dispose de trois types de graphes au moyen de **PRJ** qui montrant la **trajectoire prédite** et fonction des conditions du moment.

### 1) Graphique Altitude / Vitesse :

Ce graphe dans le plan vertical montre en vert l'altitude et en gris la vitesse prévues **en fonction de la distance parcourue** indiquée en bas à droite. Ce nombre peut différer de la distance à l'objectif dans MapMFD par exemple car c'est la distance réelle en l'air durant le vol, la rotation de la planète ajoutant des kilomètres. En dessous il y a 2 tracés : Décélération et Flux de Chaleur. Si la décélération dépasse 10G une ligne rouge apparaît pour prévenir des fortes sollicitations.

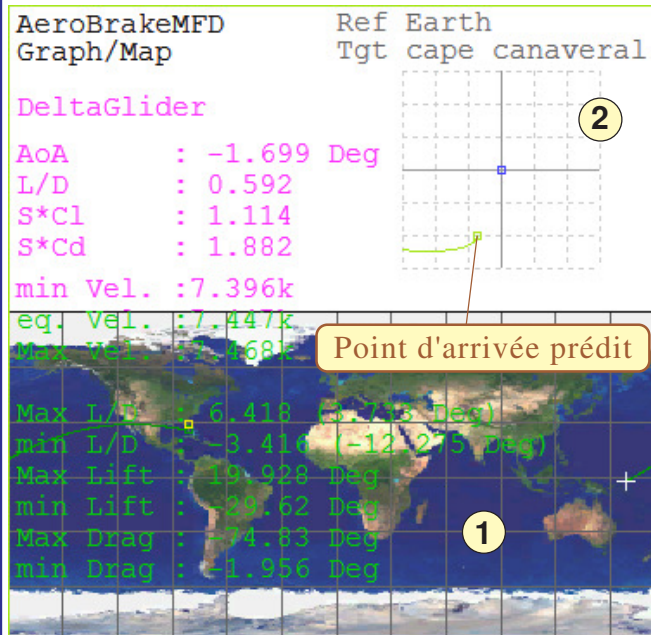


Aero Brake MFD - 4



### 2) Graphique horizontal MAP :

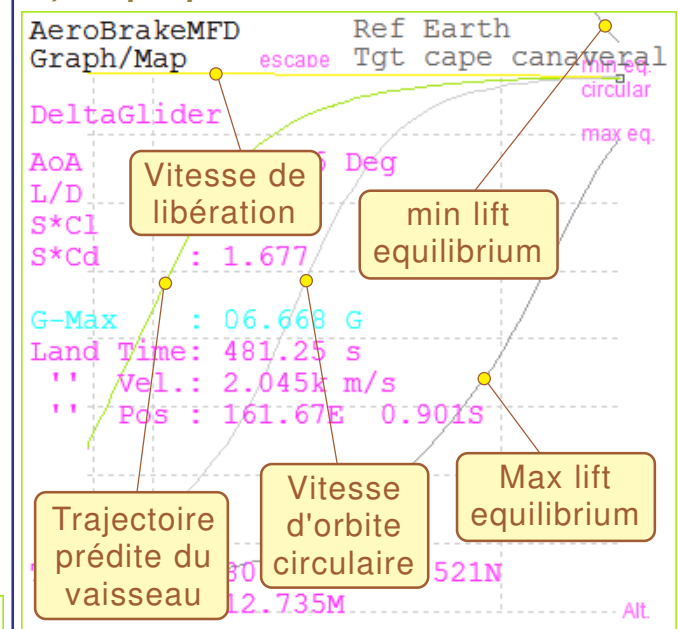
Mêmes données affichées que celles du graphique de la trajectoire, mais projetées sur le sol de la planète. En **1** l'apparence similaire à celle de MapMFD mais les données sont très différentes. Le chemin n'est pas un segment d'orbite mais celui du vrai vol plané que le vaisseau suivra, tenant compte de la portance, de la traînée et de la rotation de la planète. Quand un objectif est sélectionné la petite grille **2** montre en ZOOM la carte autour de l'objectif pour ajuster finement le point d'atterrissage. Attention : la prédiction de trajectoire utilise les valeurs courantes pour la portance et la traînée et ces données varient pas mal avec la vitesse. Donc comme votre vaisseau décélère la trajectoire va s'écourter.



Aero Brake MFD - 5



### 3) Graphique Vitesse / Altitude :



Pour chaque altitude est tracée la vitesse que le vaisseau aura à cette dernière. Ce graphe fournit quatre courbes utiles :

- circular** : Vitesse pour avoir une orbite circulaire en fonctions de l'altitude qui est déterminée par la masse de la planète et la distance au CdG. Si le vaisseau est sous cette ligne on descend vers la planète, si il est au dessus on reste en orbite. (Gris foncé)
- escape** : Vitesse d'échappement. Situé au dessus le vaisseau quittera la planète, en dessous il reste en capture. (En jaune)
- max eq.** : Maximum lift equilibrium velocity. Vitesse où la portance équilibre le poids à l'angle d'attaque maximal. C'est la vitesse minimale qui peut soutenir le

Aero Brake MFD - 6



vaisseau à cette altitude. Voler plus lentement, le vaisseau descend, plus rapidement il monte. Utile pour des rentrées à plat avec décélération dans la haute atmosphère avec le minimum de problème thermique. La courbe représente cette limite.

- **min eq.** : Minimum lift equilibrium velocity. Est utile durant une aérocapture pour chercher à suivre son contour et trouver la limite supérieure où on peut planer. Il faut voler avec un angle d'attaque négatif pour empêcher le vaisseau de monter. Avec une vitesse verticale nulle au dessus de cette ligne, l'air n'est pas assez dense et on repartira. En dessous de cette courbe l'air est suffisamment dense pour rester capturé par la planète. (**min** et **max** sont en gris clair)

### Pages Lift / Drag : (Graphes page -7)

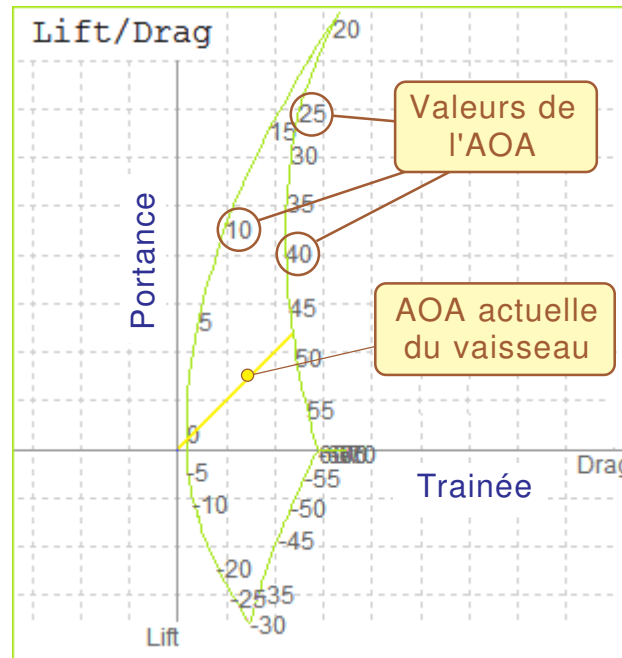
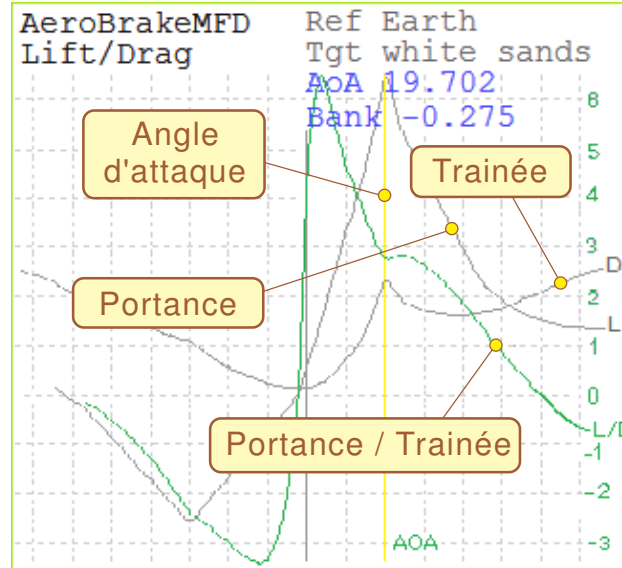
On dispose de deux types de graphes au moyen de **PRJ** qui présentent les caractéristiques du vaisseau.

#### 1) Graphique Lift / Drag :

Ce graphe présente les propriétés aérodynamiques du vaisseau. Les données sont collectées durant le vol et stockées pour chaque angle d'attaque. Les deux lignes grises donnent la portance et la traînée, la ligne verte le rapport portance / traînée. La ligne jaune place la valeur actuelle de l'angle d'incidence.

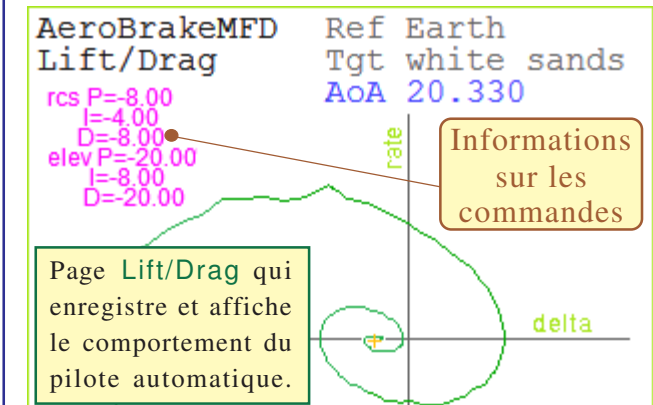
#### 2) Polaire du rapport Lift / Drag :

Cette courbe donne une représentation polaire de la portance et de la traînée en fonction de l'angle d'incidence AoA. L'état actuel du vaisseau est représenté par le rayon jaune.



### Le pilote automatique d'AéroBrake :

- **AoA** : Impose au pilote automatique de maintenir l'incidence actuelle constante. (Type **OUI/NON**) Utilise les RCS, les gouvernes de profondeur et le Trim. Dans certaines circonstances peut s'avérer très instable.
- **Alt** : Conserve l'altitude actuelle en utilisant uniquement Gouverne de profondeur et Trim. (Type **OUI/NON**) Impossible si l'atmosphère est trop ténue ou que la vitesse est trop faible. Fonction très utile pour réaliser une aérocapture ou une décélération en haute atmosphère sans problèmes thermiques.
- **Bnk** : Tente de garder l'inclinaison en roulis présente à l'activation. (Type **OUI/NON**) Si on décélère dans la haute atmosphère jusqu'à la vitesse limite le vaisseau oscille alors de gauche à droite, s'écartant de la trajectoire de la cible. Peut s'avérer très instable. L'angle positif à gauche, négatif à droite. Cette fonction est non suspensive pour **AoA** ou **Alt**. Les fonctions **AoA** et **Alt** s'excluent mutuellement.



Aero Brake MFD - 7

Aero Brake MFD - 8

Aero Brake MFD - 9





31

### Informations textuelles :

Données identiques sur toutes les pages.

#### 1) Données permanentes :

**AoA** : Angle d'attaque courant.

**L/D** : Efficacité de la portance.

**S\*Cl - Cd** : Coefficient de Portance/Traînée.

**MOD** propose deux types d'informations.

#### 2) Données orbitales :

**G-Max** : Décélération maximale prédite.

**Pe Alt** : Altitude du périgée. @

**' ' Time** : Temps pour atteindre le périgée.

Devient **Land Time** si il y a atterrissage.

**' ' Vel** : Vitesse au périgée.

**' ' Pos** : Position du périgée ou du contact sol.

**Apo Alt** : Altitude de l'apogée. Information utile pour gérer une aérocapture. @

**Ecc** : Excentricité de l'orbite. (Aérocapture)

**dV** : Perte de vitesse. (Aérofreinage)

**Rinc** : ?

@ Information non affichées si atterrissage.

#### 2) Données de vélocité :

**min Vel.** : Vitesse minimale pour **eq.Vel.**

**eq. Vel.** : Vitesse d'équilibre pour l'AoA actuel.

**Max Vel.** : Vitesse MAX avec l'AoA mini.

**Max L/D** : AoA avec portée maximale.

**min L/D** : AoA avec portée minimale.

**Max Lift** : AoA pour portance maximale.

**min Lift** : AoA pour portance minimale.

**Max Drag** : AoA pour traînée maximale.

**min Drag** : AoA pour traînée minimale.

**AeroBrakeMFD** est un programme réentrant qui peut fonctionner indépendamment sur deux MFD différents avec des cibles différentes.

### Aero Brake MFD - 10



32

**AGMFD** calcule la trajectoires en supposant une poussée continue et assure l'accélération constante durant toute la course à la valeur précisée. La valeur peut être modifiée durant la combustion. Attention, la trajectoire calculée est fonction de l'orientation du vaisseau. (Utiliser **HLD**) Les réservoirs se remplissent automatiquement et ce indéfiniment quand ils sont vides. **AGMFD** désengage automatiquement l'auto-burn si l'accélération temporelle dépasse **x100**.

### Commandes :

**TGT** : Sélectionne l'astre cible.

**DIR** : Sélectionner l'approche directe (Affiche l'indicateur **PRO**) ou rétrograde.

**INV** : Départ dans le sens de rotation de la source ou en sens contraire (Affiche **INV**).

**SET** : Saisir la valeur de la poussée constante **en m/S<sup>2</sup>**. (1g par défaut soit 9.81m/s<sup>2</sup>) Cette valeur sera limitée automatiquement par les performances moteur du vaisseau utilisé. Peut être modifiée durant l'auto-burn.

**HLD** : Oriente le vaisseau vers la cible. (**Seek** lors de l'activation, **hold** une fois verrouillé)

**ENG** : Engager / Couper l'Auto Burn. On peut alors modifier à convenance la valeur de la poussée avec le clavier.

**MOD** : Le mode d'affichage recircule entre TEXTE, GRAPHIQUES et IMAGES + TEXTE.

**PRJ** : Projection sur l'ÉCLIPTIQUE ou sur le plan de l'orbite actuelle du vaisseau.

**ABT** : (Abort) Tous les moteurs sont arrêtés et libération du verrouillage de la cible.

**CEN** : Centre l'affichage sur l'une des planètes du système solaire en permutation circulaire.

### AG MFD - 1

AG



33

**ZM-** : Zone visualisée plus petite.

**ZM+** : Zone visualisée plus grande.

### Informations textuelles :

**Target** : Cible actuelle. (Avec indicateurs complémentaires **PRO** ou **INV** Affiché en rouge quand elle n'est pas verrouillée, jaune en recherche et vert une fois accrochée.

**Center** : Corps de centrage actuel du graphe.

**Eject** : Date de départ.

**ETA** : Intervalle de temps pour atteindre le point de rapprochement sur la trajectoire courante.

**Elapsed** : Temps écoulé depuis le départ.

**Remains** : Temps pour atteindre le point de rapprochement du trajet actuel.

**PeT** : Périastre cible pour chemin courant.

**PeS** : Périastre relatif au corps source.

**TargetD** : Distance actuelle de la cible.

**SourceD** : Distance actuelle de la source.

**TargetV** : Vitesse relative de la cible.

**SourceV** : Vitesse relative de la source.

**TargetG** : Attraction graviphique de la cible.

**SourceG** : Attraction graviphique de la source.

**SolarG** : Attraction graviphique du Soleil.

**MaxVel** : Vitesse maximale rencontrée sur le trajet.

**NumSteps** : Nombre de pas de calcul qui seront effectués.

**Tanks** : Nombre de remplissages en fuel actuellement effectués.

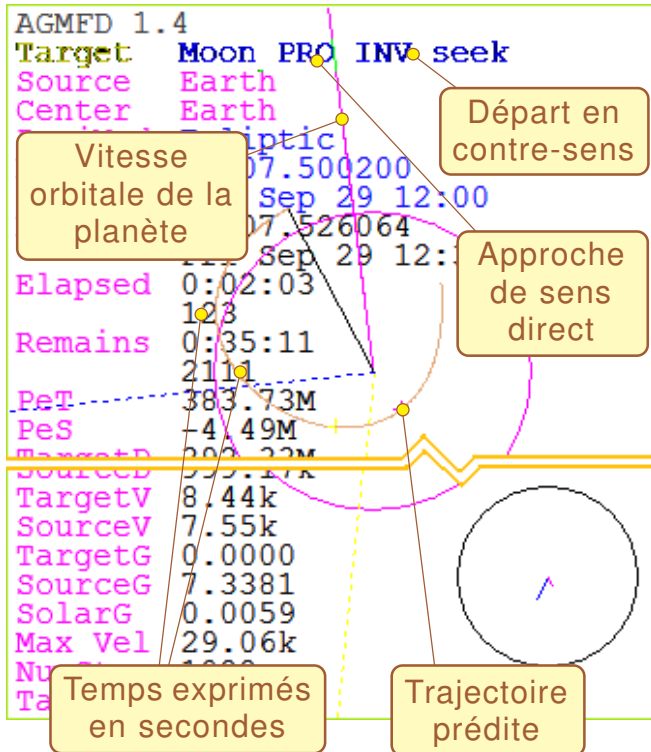
### Affichages graphiques :

L'affichage graphique est toujours centré sur une planète. Le rayon blanc va du centre du graphe au vaisseau. Le rayon jaune pointillée va du centre du graphe au soleil. Les autres rayons pointillés qui présentent la couleur de

### AG MFD - 2



la planète cible vont du vaisseau à la cible. Les longueurs relatives sont respectées. Les traits continus représentent les trajectoires orbitales de la source et de la cible. La courbe marron montre la trajectoire calculée pour la cible sélectionnée. Le petit graphique représente l'attraction gravitationnelle dans le plan du vaisseau des astres en échelle logarithmique, codés par couleur.



Sur le graphe ci-dessus la trajectoire prédite est très fermée car le vaisseau effectue un retournement d'orbite pour repartir à contresens de la rotation de la Terre.

Ouvrir une deuxième fois AGMFD donne un écran noir.

### AG MFD - 3



Ce MFD affiche pour le pilotage des informations d'attitude (*Tangage, Lacet et Roulis*) par rapport à une attitude de référence pré-sélectionnée par la commande **MOD**. La commande **HLD** (*Hold*) active/coupe un automatisme de maintien d'attitude souhaitée.

**MOD** — Attitude  
Velocity  
Target Relative  
Entry Interface

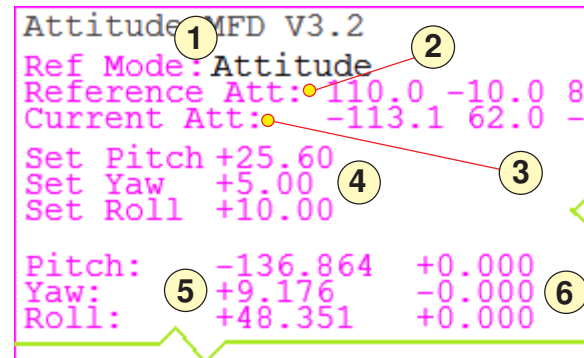
voir ATTITUDE MFD - 6

**PCH** (*CABRAGE*), **YAW** (*LACET*) et **ROL** (*ROULIS*) permettent de définir des décalages angulaires sur chaque axe par rapport à l'attitude de référence.

**MNU** permet en boucle de changer de page de commande : Page 1 > Page 2 > Page 3 > MFD. Quand on est dans une page, cliquer sur une commande ramène au MFD sauf pour l'option **HLP** ou tous les boutons font passer à la page suivante jusqu'à revenir au MFD.

**CLR** ou la commande "[SHIFT] C" permet de changer la couleur des valeurs négatives en permutation circulaire Vert/Blanc/Rouge.

### Attitude :



### ATTITUDE MFD - 1

Data HUD.

ATTITUDE



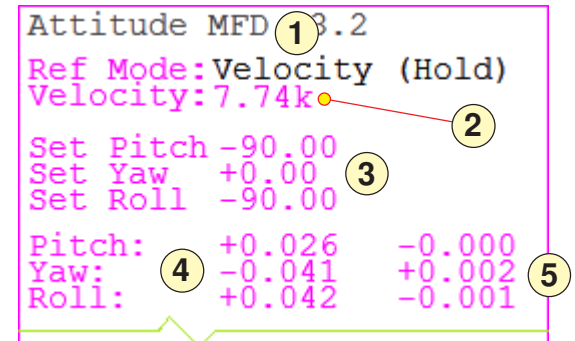
(Affichages : Voir page précédente)

- 1) Mode utilisé plus (**Hold**) si P.A. activé.
- 2) Attitude souhaitée mémorisée avec **REF**.
- 3) Attitude actuelle.
- 4) Décalages souhaités par rapport à **Ref**.
- 5) Écart actuel par rapport aux consignes.
- 6) Taux de rotation actuels sur les trois axes.

- Orienter le vaisseau dans l'attitude souhaitée.
  - **REF** pour enregistrer **Reference Att**.
- Possibilité de changer d'orientation à ce stade.
- **HLD** pour revenir et maintenir la référence.

### Velocity :

La **Reférence** est constituée par le vecteur vitesse pour PITCH et YAW et l'horizon pour le roulis. La combinaison [0,0,0] place le vaisseau en PROgrade, ailes à plat. Le groupe [-90,0,X] oriente le nez vers le centre de l'astre de capture si l'orbite est circulaire.



- 1) Mode utilisé plus (**Hold**) si P.A. activé.
- 2) Vitesse orbitale actuelle.
- 3) Décalages souhaités par rapport à **Ref**.
- 4) Écart actuel par rapport aux consignes.
- 5) Taux de rotation actuels sur les trois axes.

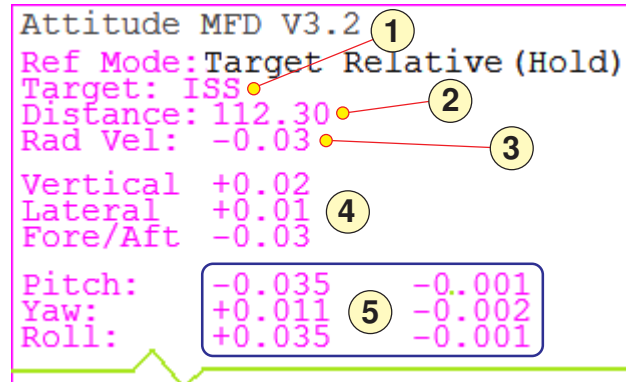
### ATTITUDE MFD - 2



35-3

## Target Relative :

La **Reférence** est constituée par le vecteur qui va du centre du vaisseau vers le centre de la cible définie par **TGT**. **ATTENTION**, pour orienter le vaisseau directement vers une cible en utilisant **HLD**, penser à annuler les trois valeurs de décalage **PITCH**, **YAW**, **ROLL**.



- 1) Cible sélectionnée avec **TGT**.
- 2) Distance entre les deux centres de gravité.
- 3) Vitesse radiale relative.
- 4) Vitesses relatives de translation.
- 5) Angle relatif et Taux de rotation actuels.

- **RPM** : Tau de cabrage d'environ 0.75°/s.
- **TOR** : Deux fois le tau orbital.
- **CLT** : Cible la plus proche.
- **NXT** : Cible suivante.
- **PVT** : Cible précédente.

## Gestion de la translation relative :

On peut annuler facilement les vitesses de translation relatives avec les commandes suivantes. (Commandes Trim All ...)

- **TRA** : Annuler les trois glissements.
- **TRV** : Annuler le déplacement vertical.

## ATTITUDE MFD - 3



35-4

- **TRL** : Annuler le dérapage latéral.
- **TRF** : Annuler la vitesse longitudinales.

*Les vitesses de translation relatives font référence aux axes principaux du vaisseau.*

Quand l'un ou plusieurs des Trim sont engagés, **Vertical**, **Lateral** et **Fore/Aft** concernés sont affichés en blanc. **Attention**, l'automatisme utilise au mieux tous les moteurs. Ils doivent tous être disponibles.

## Procédure d'accostage d'une station :

Proximité de la station et vitesse relative  $\approx 0$ .

- 1) Repérer la station cible :
  - **MOD** > **Target Relative** > **TGT** > Nom ↵.
  - **PCH**, **YAW** et **ROL** tous à 0.00 >
  - **HLD** : s'orienter vers la cible >
  - **HLD** pour couper le pilote automatique.
- 2) Orienter le vaisseau comme la station :
  - Prendre le contrôle de la station avec "**F3**".
  - **MOD** > **Attitude** : Enregistrer les **Ref** >
  - Reprendre le contrôle du vaisseau avec "**F3**".
  - **MOD** > **Attitude** > **HLD** > Vaisseau orienté comme la station **HLD** pour couper le P.A.
- 3) S'immobiliser par rapport à la cible :
  - Commande **TRA**. **Axial Velocity HUD** visualise graphiquement les dérives.
- 4) S'orienter en fonction du SAS désiré :
  - **MOD** > **Attitude** > **HLD** > Utiliser les consignes **PCH**, **YAW** et **ROL** pour forcer le décalage angulaire désiré.

Les RCS étant en mode **LINéaire**, terminer l'arrimage en s'aidant du MFD **Docking**.

## Entry Interface :

Cette fonction n'est utilisable que pour les rentrées atmosphériques sur Terre. Une porte

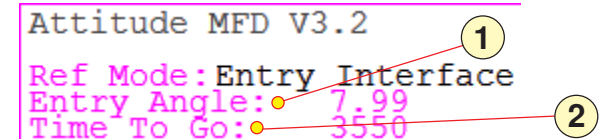
## ATTITUDE MFD - 4



35-5

d'entrée de pénétration atmosphérique est définie à 99 km d'altitude. Les valeurs affichées concernent jusqu'à ce point une trajectoire elliptique. Il y aura affichage du texte **Entry Interface Undefined** si :

- Le périgée de l'orbite actuelle est > 99 km.
- Notre altitude actuelle est < 99 km.



- 1) Angle de pénétration au point d'entrée.
- 2) Durée pour atteindre l'interface d'entrée.

La **Reférence** est constituée par le vecteur vitesse et l'horizon local à l'interface d'entrée par rapport auxquels toutes les informations sont mesurées. Sur la base de cette attitude de référence, on peut sélectionner les décalages relatifs en tangage, lacet et roulis, angles qui seront effectifs au point d'entrée de l'interface. Pour piloter le vaisseau il est ensuite recommandé de passer en mode **Velocity**.

**ATTENTION : HLD, TRA, TRV, TRL, TRF et PROGRD, RETGRD etc, peuvent entrer en conflit si ils sont simultanément activés. Veiller à les couper, et à les utiliser indépendamment les uns des autres.**

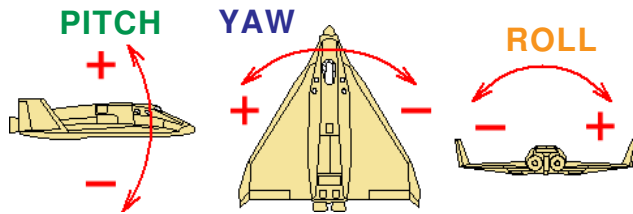
Compte tenu du fonctionnement du P.A. explicité en page **ATTITUDE MFD - 6**, des orientations quelconques ne sont pas toujours aisées à obtenir. Par exemple un dérapage latéral à gauche nez 45° vers le bas ...

## ATTITUDE MFD - 5

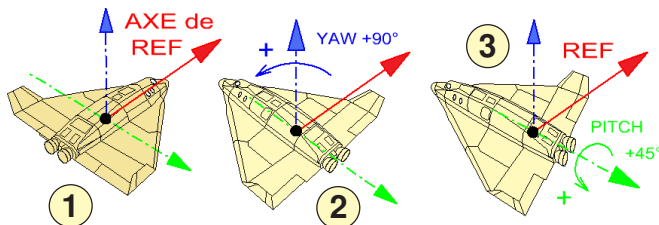




## Interprétation des décalages :



C'est l'attitude de **REF**érence qui définit les trois axes de rotation en décalage et non les axes principaux du vaisseau. Les rotations **PITCH** et **YAW** se font autour des axes de la **REF**érence. **ROLL** est toujours réalisée par rotation autour de l'axe longitudinal du vaisseau. *Le résultat d'un PITCH combiné avec un YAW est totalement indépendant de l'ordre dont on les impose*, car le P.A. donne systématiquement leur combinatoire, l'ordre des rotation en automatique étant **YAW** puis **PITCH** et en dernier **ROLL**. Dans l'exemple ci-dessous le vaisseau en **1** présente un décalage [0,0,0]. Si par exemple on impose **YAW** = +90° et **PITCH** = +45°. Avec le pilote automatique, la combinaison [45,90,0] donne la rotation **YAW** en **2** qui se combine ensuite avec le pivotement **PITCH** qui se fait en réalité autour de l'axe de roulis et donne l'orientation combinée représentée en **3**.



### ATTITUDE MFD - 6



Permet d'afficher sur l'écran à l'endroit désiré entre 1 et 8 paramètres de vol importants durant une phase critique de mission, et ce, dans un ordre de préférence.

## COMMANDES :

**PG** : Alterne entre la page des informations actuellement affichées et la liste des thèmes possibles dans les choix optionnels.

**PWR** : Valide ou non l'affichage sur l'écran des paramètres sélectionnés.

**>>** : Déplace l'affichage à droite.

**<<** : Déplace l'affichage à gauche.

**Up** : Déplace l'affichage vers le haut.

**Dwn** : Déplace l'affichage vers le bas.

**1 à 6** : Sélection des paramètres à afficher en fonction des 6 champs possibles.

## Choix des affichages sur 7 et 8 :

• **PG** pour afficher la liste des options et faciliter la saisie au moment du choix.

• **MNU** > **MNU** > **7** ou **8** > Num item.

## Fichier de configuration :

Le fichier **HUDdataMFD.cfg** est très facile à éditer. Il permet de définir la configuration des options et la position de l'affichage au moment de l'ouverture du MFD. Il se trouve dans le dossier <Plugin> de <Modules>.

Pour modifier la position des données textuelles sur l'écran, dans Orbiter déplacer le texte et compter des pas effectués sur X et sur Y. (*Y est orienté positivement vers le bas*)

### HUD DATA MFD v1.2.



Bien qu'étant fourni avec les Navettes Fleet, il peut être utilisé avec tout autre vaisseau. **Soyuz Guidance** et **STS guidance** sont deux MFD totalement analogues, seule différence, STS n'a pas la page 5 relative aux bases Russes. Les deux MFD sont nommés **Guidance & Control** pour leur sélection.

Actuellement le menu propose cinq pages, l'utilisation de ces dernières étant homogène.

## Commandes :

• **SEL** > **Guidance & Control**.

## RETOUR AU MENU DE BASE :

• **[MAJ] C** pour ::Program Selection::

• **[MAJ] T** ou **L** pour choisir la fonction.

- 1** : ::Orbit Information::
- 2** : ::Orbit Height Adjustment::
- 3** : ::Orbital Plane Alignment::
- 4** : ::Auto. Rendezvous::
- 5** : ::De-orbit::

## Page "Orbit Informations" :

À l'ouverture, cette page donne les informations concernant l'orbite du vaisseau actuellement piloté. La touche **[MAJ] T** ou **L** permettent de sélectionner tout autre vaisseau actuellement situé en orbite ou au sol.

## Page "Orbit Height Adjustment" :

Cette fonction permet de faire effectuer automatiquement les manoeuvres pour ajuster à des valeurs quelconques le Périogée et la grandeur de l'Apogée pour l'orbite du vaisseau.

### STS Guidance MFD

### Soyuz Guidance MFD - 1

← Lancement des Soyuz

S.G.



37

- **[MAJ] T** ou **L** pour saisir les deux valeurs. Les deux valeurs sont données en Km x 10 séparées par un espace. **Soyuz Guidance & Control** donne alors les différents paramètres : **Auto Cntrl** pour l'orientation du vaisseau. **Burn n** pour la durée de combustion.

**Soyuz Guidance & Control**  
::Orbit Height Adjustment::

Orbit 1: 250.0 x 562.2 km  
Orbit 2: 250.0 x 300.0 km

Burn 1 delta V: 25.0 m/s  
Burn 2 delta V: -74.0 m/s  
Burn time 1: 1.5 s

Début de  
manoeuvre  
d'orientation

Burn time 2: 4.3 s (aprx)  
Time until Auto Cntrl: 2426 s  
Time until Burn 1: 2486 s

Shift + C to Abort

Début de  
combustion

Une minute est prévu pour la manoeuvre d'orientation du vaisseau.

- **[MAJ] C** permet de désengager le P.A. Possibilité d'utiliser l'accélération temporelle durant les phases d'attente d'une manoeuvre. *Les valeurs du périégée et de l'apogée doivent obligatoirement différer d'au moins une unité.*

### Page "Orbital Plane Alignment" :

**[MAJ] T** ou **L** permettent de sélectionner la cible dont l'orbite est visée. **Soyuz Guidance & Control** précise alors les paramètres pertinents. Si le P.A. n'est pas désengagé avec **[MAJ] C** l'alignement des plans sera réalisé en une seule mise à feu.

## Soyuz Guidance MFD - 2

← Lancement des Soyuz



38

### Page "Auto rendez-vous" :

**[MAJ] T** ou **L** permettent de sélectionner la station spatiale cible du rendez-vous. Cette fonction est conçue pour effectuer un rendez-vous entièrement en automatique. Le vaisseau sera immobilisé à environ 300 m au-dessous de la cible. Le vaisseau doit être situé sur une orbite presque circulaire inférieure à celle de la cible. Il est important que *l'apogée de l'orbite d'approche ne soit pas plus élevé que le Périgée de l'orbite visée*. L'objectif visé doit également être sur une orbite de faible excentricité. (Ex : ISS excentricité = 0.0007) Dans le cas contraire l'approche sera imprécise.

### Procédure de RDV :

La technique utilisée par **Soyuz Guidance** procède en plusieurs étapes.

- Effectuer le tir pour placer le vaisseau en orbite basse d'environ 190km x 220km. (Voir l'onglet **Lancement des Soyuz**.)
- Option 3 : Faire coïncider les plans orbitaux.
- Utiliser la fonction 2 pour circulariser l'orbite à l'altitude de 220 km. (2199 2200)
- Attendre que l'écart angulaire relatif **Dlng** avoisine 12° avant de réaliser la correction de passage en orbite haute pour minimiser le temps nécessaire à la synchronisation. Pour évaluer cet angle utiliser **Sync Orbit** en mode **Ref: Sh periapsis** par exemple.
- Corriger l'orbite pour augmenter l'apogée à 30Km en dessous du périégée de l'orbite cible. Utiliser la fonction 2 pour circulariser l'orbite à cette altitude. (3479 3480 pour ISS)

## Soyuz Guidance MFD - 3

← Lancement des Soyuz

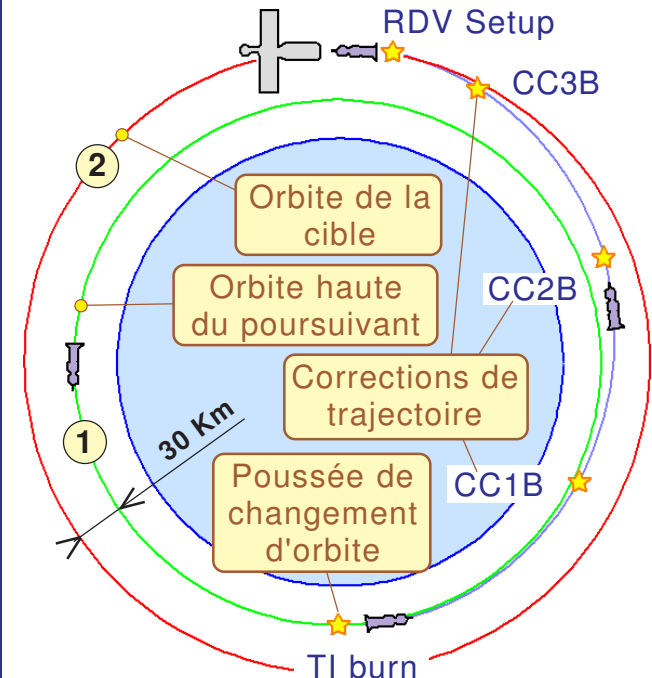


39

- Activer l'automatisme de rendez-vous avec l'option 4 de **Soyuz Guidance & Control**.

**Soyuz Guidance & Control** engage la procédure pour effectuer la manoeuvre de rendez-vous qui est assez particulière :

- 1) En **1** le vaisseau est en orbite circulaire haute 30km inférieure à l'orbite **2** de la cible.
- 2) **Terminal Initiation burn** : Poussée pour effectuer la transition vers l'orbite cible.
- 3) **Course Correction 1 Burn** : Poussée de correction pour affiner la trajectoire.
- 4) **CC2B** et **CC3B** : Deux autres corrections pour parfaire le rapprochement.
- 3) **RDV Setup** : Mise à feu pour annuler la vitesse relative en fin de rapprochement.



## Soyuz Guidance MFD - 4

← Lancement des Soyuz



40

Soyuz Guidance & Control  
::Auto. Rendezvous::  
Approach to **TI Burn**  
Target: ISS  
Transfer Time: 2732.4 sec  
Lead Angle: 1.147°  
Setup Lead Angle: 1.256°  
Current Lead Angle: 2.815°  
Shift + C to Abort

La mise à feu pour le **TI burn** se produit quand **Current Lead Angle** est égal à **Setup Lead**.

Soyuz Guidance & Control  
::Auto. Rendezvous::  
TI Burn Setup Rendezvs in 2856s  
Cruise to CCB1 Rendevs in 2723s  
Crs Crtion Burn 1 RDV in 1907s  
Cruise to CCB2 RDV in 1827s  
Crs Crtion Burn 2 RDV in 1006s  
Cruise to CCB3 RDV in 924s  
Crs Crtion Burn 3 RDV in 410s  
Cruise to Rdv Burn "" in 338s  
Rdv Burn Setup RDV in 78s  
Rendezvous Burn  
Station Keeping

Le MFD liste  
les phases du  
R.D.V.

#### Page "De-orbit" :

Donne les informations pour aider à réaliser la combustion de décrochage d'orbite.

**[MAJ] U** permet la sélection de l'un des six sites prédéfinis dans la liste fournie.

**[MAJ] T** ou **L** permettent de définir les coordonnées du site ciblé par les valeurs angulaires x 100 séparées par un espace.

### Soyuz Guidance MFD - 5

Lancement des Soyuz



41

### Lancement des fusées Russes :

Le tir des Progress / Proton Zarya/Soyuz est entièrement automatique. La touche "**O**" engage le système de guidage qui débute le compte à rebours à T - 11s. À T - 5s il y a mise à feu pour le décollage. La fusée sera ensuite guidée pour une insertion en orbite basse d'environ 190 km x 220 km pour un Soyuz. L'altitude du périégée varie entre 180 km et 200 km en fonction de l'inclinaison définie pour l'orbite cible. L'apogée sera de 220 ± 3 km. Les divers étages de la fusée sont largués automatiquement, mais peuvent être éjectés en manuel avec la touche "**J**". Les moteurs sont coupés lorsque l'orbite est nominale.

**Accélération temporelle interdite et ne pas focaliser la caméra sur un élément largué.**

#### Azimuts de lancement pour Baïkonour.

Contrairement aux fusées des États-Unis les boosters du Soyuz ne disposent pas d'orientation en roulis. C'est sur l'aire de lancement que l'ensemble du train spatial est orienté dans la bonne direction avant le décollage. Dans Orbiter, c'est par conséquent dans le fichier scénario que sera précisée la consigne d'Azimut avec le paramètre **HEADING**. La valeur à inscrire dépend de l'inclinaison orbitale souhaitée sachant que le système de guidage du Soyuz permet les inclinaisons orbitales comprises entre 47° et 56° avec une précision de ± 0,007°. Si la valeur précisée impose une inclinaison hors limites, un message d'erreur sera affiché au moment de tenter le lancement avec "**O**" :

**Guidance ... cannot launch from this heading.**

### Lancement des Soyuz - 1

Launch



42

Le tableau ci-dessous donne des valeurs pour diverses **Inc** désirées. Les valeurs sont donnés avec l'azimut +180° parce que le Soyuz monte, le "haut" du vaisseau étant orienté vers

Inc	HEADING
47.00	258.38
47.33	256.77
47.67	255.31
48.00	253.97
48.33	252.72
48.67	251.55
49.00	250.45
49.33	249.39
49.67	248.38
50.00	247.41
50.33	246.47
50.67	245.56
51.00	244.68
51.33	243.82
51.67	242.98
52.00	242.17
52.33	241.37
52.67	240.58
53.00	239.82
53.33	239.06
53.67	238.32
54.00	237.59
54.33	236.88
54.67	236.17
55.00	235.47
55.33	234.78
55.66	234.11
56.00	233.46

### Lancement des Soyuz - 2