

A grayscale image of a Space Shuttle in orbit above Earth's cloud-covered surface. The shuttle is oriented vertically, with its nose pointing upwards. The main body of the orbiter is in the foreground, showing the cockpit and windows. Above it, the external tank and solid rocket boosters are visible. The background shows the curvature of the Earth and the bright light of the sun or moon.

# ORBITER

Simulateur de Vol Spatial

---

Edition 2006 P1

Manuel de l'Utilisateur



# ORBITER Manuel de l'utilisateur *version*



Copyright ©2000-2006 Martin Schweiger (26 Septembre 2006).

Site d'Orbiter: [www.medphys.ucl.ac.uk/~martins/orbit/orbit.html](http://www.medphys.ucl.ac.uk/~martins/orbit/orbit.html) ou [www.orbitersim.com](http://www.orbitersim.com)



Première traduction française par Mustard, avec la participation de Simfan (v 0.9).

Reprise et mise à jour de cette traduction (merci Mustard !) par JacquesMomo (v 0.9.1) en février 2008.

## Copyright

Le logiciel ORBITER, la documentation et le contenu du site web d'ORBITER sont protégés par un copyright 2000-2006 par **Martin Schweiger**.

ORBITER est un logiciel libre dans le sens où vous pouvez le télécharger, le copier et le redistribuer dans un but personnel et non commercial, à condition que le copyright reste dans la copie. Il n'est pas permis de demander une somme d'argent pour ce logiciel sans le consentement de l'auteur autre que de couvrir les frais de distribution. Si une somme d'argent est demandé pour ce logiciel, il doit être signalé au vendeur que ce logiciel est un freeware (gratuit) et que cette somme doit uniquement être pour les frais d'envoi. La vente d'Orbiter ou d'une partie dans un produit commercial ou l'utilisation d'Orbiter pour promouvoir un produit commercial sans le consentement de l'auteur est une violation des droits d'auteurs.

Il n'est pas permis de modifier le code binaire d'Orbiter ou la documentation distribuée avec l'archive d'Orbiter. Il est cependant autorisé de distribuer des modifications pour configurer des scripts, des textures, des modèles 3D ou des codes source distribués dans le répertoire Orbitersdk/samples à condition de préciser clairement les modifications effectuées.

Orbiter n'est pas dans le domaine public : il est la propriété intellectuelle de Martin Schweiger

## Information

Le logiciel Orbiter est fourni tel quel, sans aucune garantie d'aucune sorte. Dans toute la mesure permise par la loi applicable, Martin Schweiger se décharge de toute garantie, y compris et sans limitation, toute garantie implicite ou déclarée liée à la commercialisation, d'adéquation à un usage particulier et de et au respect des lois. L'utilisation de ce produit et de sa documentation reste au risque et péril de l'utilisateur. Dans les limites maximales permises par la loi, en aucun cas, le programme Orbiter ou ses fournisseurs ne seront responsables d'aucune conséquence, qu'elle soit accessoires, directe, indirecte, spéciale, punitive, récursoive, ou autres dommages quels qu'ils soient (y compris, sans limitation, des dommages pour perte de bénéfices, interruption d'activité, perte d'informations, blessures, perturbation de la vie familiale ☹, ou toute autre perte pécuniaire) découlant de la présente convention, de l'utilisation ou de l'impossibilité d'utiliser le produit, même si le programme Orbiter est responsable de la possibilité de tels dommages. Du fait que certains états ou certains tribunaux rejettent l'exclusion ou la limitation de responsabilité liée aux dommages, la limitation susdite ne s'appliquera pas au bénéficiaire.

## Note des traducteurs

Les traducteurs ne garantissent pas une parfaite traduction du document. Il est recommandé de se référer à la documentation anglaise d'origine pour avoir un éclaircissement sur un point qui pourrait paraître flou.

Le document d'origine étant imposant, les traducteurs se sont limités dans un premier temps à traduire les pages principales. Les parties en fin de document jugées moins importantes (formules mathématiques complexes et descriptives de la structure des fichiers) ne seront pas traduites et resteront en anglais. Elles pourront faire l'objet d'une totale traduction dans l'avenir.

En cas d'erreur ou de modifications à apporter sur la traduction vous pouvez le signaler à :

[mustard27@wanadoo.fr](mailto:mustard27@wanadoo.fr). (Mustard) et / ou [ledocjack@modulonet.fr](mailto:ledocjack@modulonet.fr) (JacquesMomo).



Vous pouvez aussi retrouver le forum francophone sur <http://orbiter.dansteph.com/forum/>.

Vous y trouverez également d'autres documentations et tutoriaux en français.

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Installation.....</b>	<b>5</b>
2.1	Matériel nécessaire.....	5
2.2	Téléchargement.....	5
2.3	Installation.....	5
2.4	Désinstallation.....	6
<b>3</b>	<b>Panneau de lancement.....</b>	<b>7</b>
3.1	Onglet Scénario.....	7
3.2	Onglet Paramètres.....	8
3.3	Onglet effets visuels.....	9
3.4	Onglet modules.....	11
3.5	Onglet vidéo.....	12
3.6	Onglet Manette de jeux.....	13
3.7	Onglet Supplémentaire.....	14
3.8	Onglet à propos de.....	15
<b>4</b>	<b>Démarrage rapide.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Système d'aide.....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Interface clavier.....</b>	<b>24</b>
6.1	Commandes générales du Simulateur.....	25
6.2	Contrôle des vaisseaux.....	25
6.3	Vues externes.....	27
6.4	Vues internes.....	27
6.5	Fenêtres de sélection.....	28
<b>7</b>	<b>Interface joystick.....</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Interface Souris.....</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Catégories de vaisseaux.....</b>	<b>30</b>
9.1	Le DeltaGlider.....	30
9.2	Shuttle-A.....	31
9.3	Shuttle PB.....	33
9.4	Dragonfly.....	34
9.5	Navette Spatiale Atlantis.....	35
9.6	La Station Spatiale Internationale.....	38
9.7	Station spatiale MIR.....	39
9.8	Station Spatiale « Roue Lunaire ».....	40
9.9	Télescope Spatial Hubble.....	41
9.10	Satellite LDEF.....	42
<b>10</b>	<b>Informations sur les objets.....</b>	<b>43</b>
10.1	Informations sur les vaisseaux.....	43
10.2	Informations sur les ports spatiaux.....	43
10.3	Informations sur les corps célestes.....	44
<b>11</b>	<b>Les différents modes caméra.....</b>	<b>45</b>
11.1	Vue interne.....	45
11.2	Vues externes.....	46
11.3	Sélection du champ de vision.....	47
11.4	Sauvegarder et charger les modes caméra.....	48
<b>12</b>	<b>La vue cockpit et ses affichages.....</b>	<b>49</b>
12.1	Affichage des informations générales.....	50
12.2	Affichage du mode caméra et de sa cible.....	50
12.3	Affichage des informations moteurs.....	51
12.4	Mode d'orientation : indicateurs et commandes.....	51
12.5	Affichage du HUD en mode Surface.....	52
12.6	Affichage du HUD en mode Orbite.....	53
12.7	Affichage du HUD en mode Arrimage.....	53
<b>13</b>	<b>Modes d'affichage des écrans multifonction.....</b>	<b>54</b>
13.1	MFD com/nav.....	57
13.2	MFD orbite.....	59
13.3	MFD vor/vtol.....	63



13.4	MFD hsi.....	65
13.5	MFD arrimage.....	67
13.6	MFD surface.....	69
13.7	MFD carte.....	71
13.8	MFD alignement du plan orbital.....	73
13.9	MFD synchronisation d'orbite.....	75
13.10	MFD transfert.....	77
13.11	MFD personnalisé.....	80
<b>14</b>	<b>Les contrôles des vaisseaux.....</b>	<b>81</b>
14.1	Les moteurs principaux, rétro propulseurs et de sustentation.....	81
14.2	Les propulseurs d'attitude.....	82
<b>15</b>	<b>Aides à la radio navigation.....</b>	<b>84</b>
<b>16</b>	<b>Les manœuvres basiques de vol.....</b>	<b>85</b>
16.1	Vol en surface.....	85
16.2	Lancement vers une orbite.....	85
16.3	Changement d'orbite.....	86
16.4	Inclinaison du plan orbital.....	87
16.5	Synchronisation des orbites.....	88
16.6	Atterrissage.....	89
16.7	Arrimage.....	90
<b>17</b>	<b>Enregistreur de vol.....</b>	<b>92</b>
17.1	Enregistrement d'un vol.....	92
17.2	Lecture d'un vol enregistré.....	93
17.3	Les fichiers de l'enregistreur de vol.....	93
<b>18</b>	<b>Fonctionnalités supplémentaires.....</b>	<b>95</b>
18.1	Éditeur de scénario.....	95
18.2	MFDs externes.....	95
18.3	Moniteur de performance.....	96
18.4	Contrôle à distance de vaisseau.....	97
18.5	Moniteur des données du vol.....	97
<b>19</b>	<b>Listes de contrôle (Check-Lists) de vol.....</b>	<b>99</b>
19.1	Mission n°1 : DeltaGlider vers l'ISS.....	99
19.2	Mission n°2 : transfert du DG de l'ISS vers MIR.....	102
19.3	Mission n°3 : Désorbitation depuis MIR.....	103
<b>20</b>	<b>Aides visuelles.....</b>	<b>104</b>
20.1	Mode planétarium.....	104
20.2	Vecteurs de force.....	105
20.3	Axes de coordonnées.....	107
<b>21</b>	<b>Mode démonstration.....</b>	<b>108</b>
<b>22</b>	<b>Configuration d'Orbiter.....</b>	<b>109</b>
22.1	Configuration du fichier maître.....	109
22.2	Systèmes planétaires.....	110
22.3	Planètes <i>(non traduit)</i> .....	111
22.4	Bases de surface <i>(non traduit)</i> .....	114
22.5	Ajouter des objets aux bases de surface <i>(non traduit)</i> .....	116
22.6	Ajouter des marqueurs personnalisés <i>(non traduit)</i> .....	121
22.7	Fichiers scénario <i>(non traduit)</i> .....	122
<b>A</b>	<b>Appendice A : références rapides des MFD.....</b>	<b>126</b>
<b>B</b>	<b>Appendice B : Système Solaire: Constantes et paramètres.....</b>	<b>130</b>
B.1	Constantes et paramètres Astrophysiques <i>(non traduit)</i> .....	130
B.2	Paramètres des orbites <i>(non traduit)</i> .....	130
B.3	Éléments orbitaux des planètes <i>(non traduit)</i> .....	131
B.4	Planètes: paramètres physiques sélectionnés <i>(non traduit)</i> .....	131
B.5	Éléments de rotation <i>(non traduit)</i> .....	132
B.6	Paramètres atmosphériques <i>(non traduit)</i> .....	132
<b>C</b>	<b>Appendice C : Calcul des éléments orbitaux.....</b>	<b>133</b>
C.1	Calcul des éléments des vecteurs d'état <i>(non traduit)</i> .....	133
<b>D</b>	<b>Appendice D : Copyright et déclaration <i>(non traduit)</i>.....</b>	<b>135</b>
<b>E</b>	<b>Appendice E : Épilogue : Définitions apogée et périgée.....</b>	<b>136</b>

# 1 Introduction



## Bienvenue à l'édition 2006 d'ORBITER !

Cette version incorpore un certain nombre de nouvelles fonctionnalités, tant en matière de moteur physique que d'apparence visuelle. La surface des planète peut maintenant avoir un rendu deux fois meilleure que la résolution précédente, ce qui fait une grande différence en orbite basse. Une fonction d'enregistrement et de lecture des vols permet de rejouer et de partager vos vols. Orbiter est désormais livré avec un module éditeur de scénario pour créer, éditer et supprimer les vaisseaux spatiaux fonctionnant dans la simulation. Des fenêtres additionnelle d'écran MFD fourniront toutes les données de vol dont vous avez besoin. Un gradient de gravité du couple est intégré, et rend l'alignement au cours de manœuvres d'amarrage juste un peu plus difficile.

ORBITER est un simulateur de vol gratuit qui nous emmène au-delà de l'atmosphère terrestre. Lancer une navette spatiale du centre spatial Kennedy pour déployer un satellite, effectuer un rendez-vous avec la station spatiale internationale ou prendre le futuriste Delta-Glider pour un tour à travers le système solaire... vous avez le choix. Contrairement à de nombreux jeux commerciaux de "simulation spatiale", Orbiter vise à simuler avec précision la physique de l'espace. Ne vous y trompez pas, ORBITER n'est pas un jeu de combat spatial ! Ne soyez pas frustrés si vous ne réussissez pas immédiatement : c'est simplement la science appliquée aux fusées. Orbiter se veut nettement orienté sur le réalisme. Lisez bien cette documentation, et essayez quelques-uns des nombreux tutoriaux disponibles sur Internet, et vous serez bientôt en train de tourner en orbite comme un pro. Mais avant... préparez vous à investir beaucoup de temps et des efforts dans la mécanique orbitale....

Après quelques nuits blanches, avec l'aide de ce manuel, vous finirez par être familiarisés avec les contrôles des vaisseaux et de leurs instruments de bord, et vous pourrez décoller du sol. Les missions "avancées" comme les manœuvres de rendez-vous spatiales ou les voyages interplanétaires nécessiteront un peu plus d'efforts.

Les suggestions, corrections, bugs constatés (et éloges) sur le logiciel ORBITER (ou sur cette documentation) seront toujours les bienvenues. La meilleure méthode pour poster vos commentaires, en particulier s'ils peuvent être utiles pour les autres utilisateurs, pourra se faire par la *mailing-list* d'Orbiter, ou sur son forum, disponible sur les liens du site officiel d'Orbiter :

<http://www.medphys.ucl.ac.uk> (alias <http://www.orbitersim.com>)

Malheureusement, je ne peux pas garantir une réponse à tous les messages concernant Orbiter qui me sont envoyés directement. Avant de signaler un bug, assurez vous d'avoir la dernière version d'Orbiter et que le problème n'est pas déjà documenté dans la FAQ, dans le traqueur de bug ou dans le forum dédié aux bugs (tous accessibles sur le site officiel d'Orbiter, page de démarrage).



Orbiter – La réflexion est une simulation...  
Bienvenue à bord et amusez-vous bien !

**Martin Schweiger**

## 2 Installation

Cette section liste le matériel informatique nécessaire pour faire tourner Orbiter, et contient les instructions de téléchargement et d'installation.

### 2.1 Matériel nécessaire

ORBITER nécessite au minimum les caractéristiques informatiques suivantes :

- Processeur de 600MHz ou supérieur (Pentium, Athlon, etc.)
- 256 Mb de RAM ou plus
- Windows 95/98/Me/2000/XP
- DirectX 7.0 ou supérieur
- Carte graphique accélératrice 3D compatible DirectX avec au moins 16Mo de RAM vidéo (32Mo ou plus recommandé) et support de compression de texture DXT.
- Approximativement 60Mo d'espace libre sur le disque dur pour une installation minimum (les textures haute résolution et les « add-ons » ( ajouts ) nécessitent plus d'espace).
- Un joystick compatible DirectX (optionnel)

L'installation de packs de textures haute résolution ou d'addons (ajouts) peut avoir un impact sur les performances et peut nécessiter un ordinateur plus performant.



Comme ORBITER évolue régulièrement, ces spécifications peuvent devenir obsolètes. Si vous n'avez pas un taux d'images par seconde raisonnable ( $\geq 20$ fps) en utilisant le fichier `Orbiter.cfg` par défaut, alors veuillez me prévenir pour que je remette cette liste à jour.

### 2.2 Téléchargement

La distribution d'ORBITER peut être obtenue depuis un des multiples sites miroirs sur internet. Vous pouvez trouver les liens de ces miroirs sur la page de téléchargement du site d'orbiter, <http://www.medphys.ucl.ac.uk/~martins/orbit/orbit.html>. Orbiter est distribué dans des fichiers compressés (ou archives ou aussi paquet) format ".zip". L'archives *Base* et *"Patch P1"* sont indispensables, alors que les autres (SDK et textures "hi-res") sont optionnels.

Tous les noms des archives contiennent un affichage à 6 chiffres (AAMMJJ) qui permettent d'identifier une modification des archives. Par exemple, `orbiter031020_base.zip` contient l'archive de base créé le 20 Octobre 2003. A noter que toutes les archives ne doivent pas forcément avoir la même date. En particulier, les archives de textures haute résolution des planètes sont rarement mise à jour et peuvent être d'une date plus ancienne. Vérifiez sur les pages de téléchargement s'il n'y a pas des versions plus récentes des archives.

### 2.3 Installation

- Créer un nouveau dossier pour l'installation d'ORBITER :  
par ex : `\Program Files\Orbiter 2006`.
- Si une version précédente d'ORBITER est déjà installée sur votre PC, vous ne devez pas installer la nouvelle version dans le même dossier, parce que cela peut amener des conflits de fichiers. Vous devez garder votre ancienne installation jusqu'à ce que vous soyez sûr que la dernière version marche sans problèmes. Plusieurs installations d'ORBITER peuvent exister sur un même ordinateur.
- Téléchargez les paquets *Base* et *PatchP1* depuis le site d'ORBITER dans votre nouveau dossier ORBITER et décompressez les avec WinZip ou un autre utilitaire équivalent. **Important:** Attention de préserver la structure des dossiers des paquets (exemple, dans WinZip cela nécessite d'activer l'option "Utiliser noms de dossiers").
- Après avoir décompressé les paquets de zip, assurez vous que votre dossier ORBITER contient l'exécutable (`Orbiter.exe`) et, parmi d'autres fichiers, les sous dossiers *Config*, *Meshes*, *Scenarios* et *Textures*.
- Lancez `Orbiter.exe`. Cela va démarrer la fenêtre de menu d'Orbiter "Launchpad", où vous pourrez sélectionner les options vidéo et paramètres de simulation.

- Vous êtes maintenant prêt pour commencer Orbiter. Sélectionnez un scénario dans la fenêtre de démarrage, et cliquez sur le bouton “ORBITER” !



Si Orbiter ne montre pas un scénario dans le menu *Scenario*, ou si une planète apparaît toute blanche sans la moindre texture durant la simulation, la raison la plus probable est que les paquets ou le pack a été incorrectement installé. Assurez vous que votre répertoire Orbiter contient les sous répertoires comme décrit ci dessus. Si nécessaire, vous pouvez répéter le processus d'installation.

## 2.4 Désinstallation

- ORBITER ne modifie pas la base de registre de Windows ou tout autres ressources systèmes, donc pas de processus de désinstallation nécessaire. Il suffit juste de supprimer le répertoire d'Orbiter avec tout ses contenus ou sous répertoires. Ceci supprimera Orbiter complètement.

## 3 Panneau de lancement

Exécutez *Orbiter.exe*. Cela entraîne l'affichage de la boîte de dialogue **Orbiter Launchpad**.

De là, vous pouvez :

- Ajuster les paramètres de simulation, d'affichage vidéo et ceux de la manette de jeu
- Charger des modules additionnels afin d'étendre les possibilités de la version de base
- Choisir un scénario de départ
- Ouvrir l'aide en ligne
- Lancer le programme de simulation Orbiter
- Quitter et revenir au bureau

Depuis la boîte de dialogue **Launchpad (panneau de lancement)**, la simulation est lancée en cliquant sur **Launch ORBITER**, avec le scénario sélectionné. Lorsque vous lancerez Orbiter pour la première fois, assurez vous bien que les paramètres de simulation (surtout les options vidéo) soient correctement réglés.

### 3.1 Onglet Scénario

Il contient une liste hiérarchisée des scénarios. Choisissez-en un et lancez le en en double-cliquant dessus ou en pressant le bouton "**Launch Orbiter**". Une description du scénario sélectionné est affichée au-dessous de la liste.

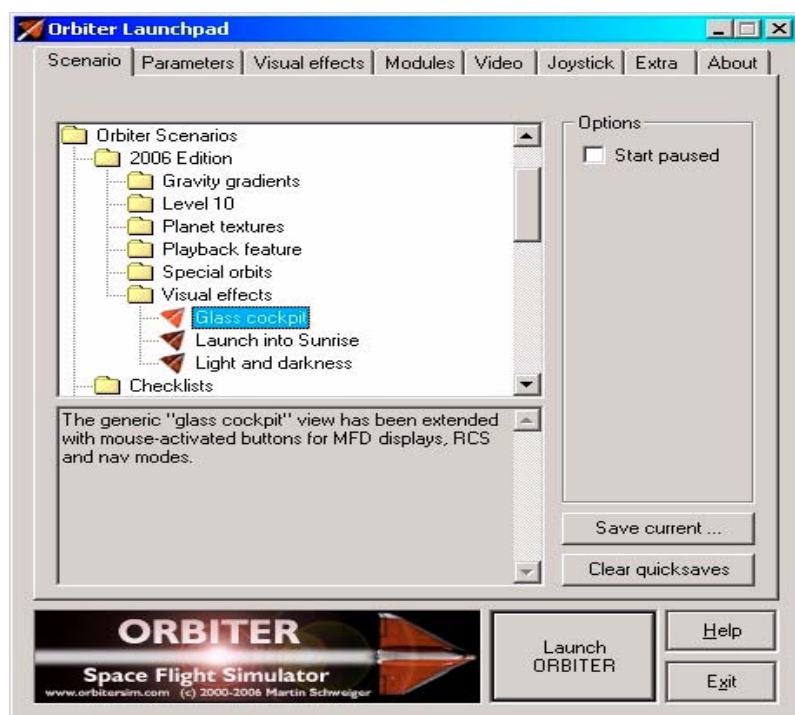


Figure 3a : Boîte de dialogue Orbiter, Onglet Scénario

#### Scénarios particuliers:

- Le scénario en cours est sauvegardé automatiquement quand vous quittez le simulateur. (*current state*). Utilisez-le quand vous souhaitez continuer à partir de l'état en cours lors de la précédente session.
- **Le dossier quicksave** (Sauvegarde rapide) contient les scénarios sauvegardés en cours de simulation chaque fois que vous tapez **Ctrl S**. Les sauvegardes multiples sont possibles.
- Orbiter sauvegarde les scénarios avec le nom du scénario original, suivi d'un numéro d'ordre. Ce numéro est réinitialisé à chaque lancement de simulation, n'oubliez donc pas de recopier dans un autre dossier les scénarios que vous souhaitez conserver !
- **Le dossier Demo** peut être rempli par des scénarios qui sont automatiquement chargés en mode *kiosk-demo* (voir chapitre 20.2). Il permet de mettre ensemble des plusieurs scénarios de simulations qui peuvent être exécutés sans surveillance, en démonstration.

#### Options:

- **Start paused** (*Démarrer en pause*): La simulation est en pause au démarrage. Tapez **Ctrl P** pour activer la simulation après l'affichage de la première image de la simulation.
- **Save current...** (*sauvegarde en cours...*): Sauvegarde de la partie en cours avec un nouveau nom et une description personnalisable du scénario.
- **Clear quicksaves** (*effacer les sauvegardes rapides*) : Vide complètement le dossier Quicksave.



## 3.2 Onglet Paramètres

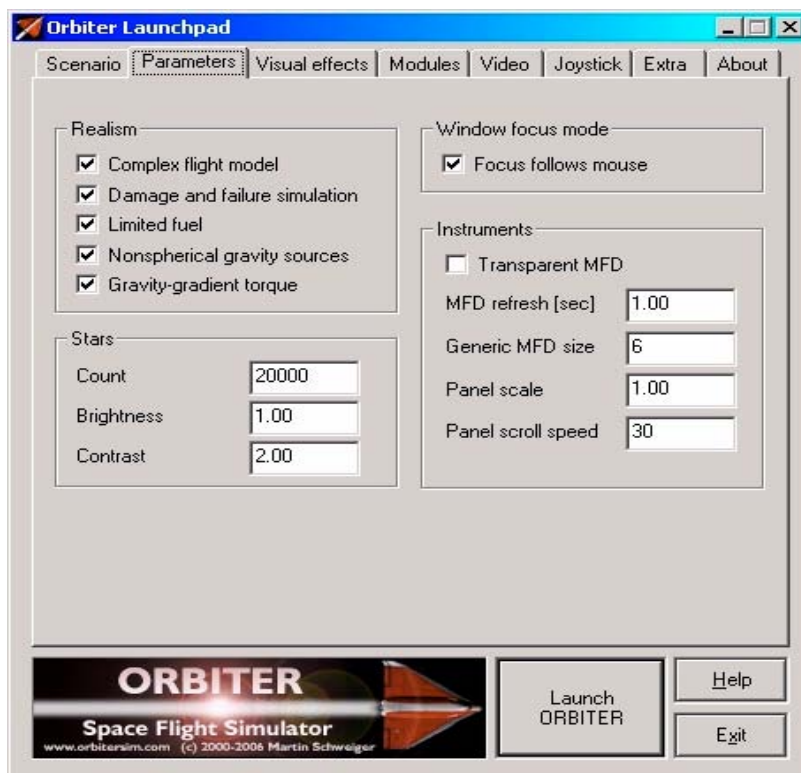


Figure 3b: Boîte de dialogue Orbiter, Onglet Paramètres

### Realism (Réalisme)

- **Complex flight model** (*modèle de vol complexe*): Sélectionne un meilleur réalisme du modèle de vol du vaisseau spatial.
- **Damage and failure simulation** (*dommages et simulations de pannes*): Les vaisseaux peuvent subir des dommages et des pannes, par exemple si les limites de résistance de structure du vaisseau sont dépassées. Tous les vaisseaux ne peuvent pas accepter cette option.
- **Limited fuel** (*carburant limité*): Décocher cette case pour que votre vaisseau spatial dispose d'une quantité illimitée de carburant.



Si cette case n'est pas cochée, certains des vaisseaux les plus réalistes comme la Navette Spatiale peuvent ne plus avoir un comportement correct, car celle-ci doit tenir compte de la réduction de masse par la consommation de son carburant pendant le lancement.

- **Nonspherical gravity sources** (*sources gravitationnelles non sphériques*): Cette option active un calcul de gravité plus complexe qui prend en compte les perturbations gravitationnelles créées par les objets non sphériques, conduisant ainsi à des prédictions d'orbites plus précises. Cette option peut rendre les calculs d'orbite plus difficiles et diminuer la stabilité de fonctionnement des instruments ne prenant pas en compte cet effet. Pour qu'une planète utilise ceci, son fichier de configuration doit contenir la valeur *JCoeff*.

**Technical background:** Orbiter uses the following simple perturbation approach to calculate the gravitational potential  $U$  of a celestial body as a function of its radial distance  $r$  and latitude  $\phi$ :

$$U(r, \phi) = \frac{GM}{r} \left[ 1 - \sum_{n=2}^{\infty} J_n \left( \frac{R}{r} \right)^2 P_n(\sin \phi) \right]$$

where  $M$  and  $R$  are the planet's mass and equatorial radius,  $G$  is the gravitational constant,  $P_n$  is the Legendre polynomial of order  $n$ , and  $J_n$  is the associated perturbation coefficient.

The gravitational acceleration is given by the gradient of the potential:

$$\vec{a} = -\vec{\nabla} U$$

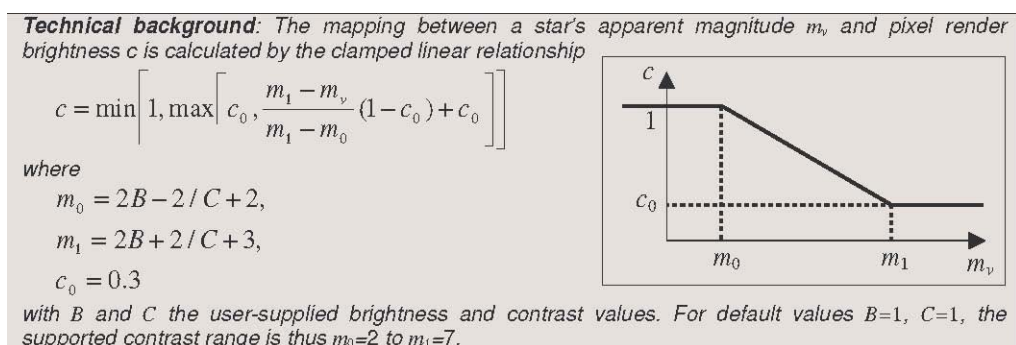
- **Gravity-gradient torque** (*Moment —ou force- de torsion de gradient de gravité*): si cette option est activée, les vaisseaux peuvent subir une force angulaire en présence d'un gradient de champ gravitationnel. Ceci sera non négligeable surtout dans les orbites basses et peut causer des oscillations d'attitude pendant des orbites supposées stables.

## Windows focus mode (mode d'activation des fenêtres)

- **Focus follows mouse** (l'activation suit la souris): l'activation des fenêtres est fonction de l'endroit où se trouve le pointeur de la souris. Si cette option est cochée, la zone située sous le pointeur de la souris devient active automatiquement, simplement en déplaçant la souris sur la ou les fenêtres. Si elle n'est pas cochée, il faut cliquer sur la fenêtre pour l'activer, comme généralement sous Windows.

## Stars (étoiles)

- **Count** (nombre): Nombre d'étoiles affichées sur le fond du ciel. Orbiter utilise la base de données *Hipparcos* de plus de 100 000 étoiles brillantes. Un nombre élevé procurera un ciel plus impressionnant mais peut-être au prix d'une dégradation des performances. La valeur zéro supprime toutes les étoiles.
- **Brightness** (luminosité): facteur de variation de luminosité des étoiles du ciel. Les valeurs autorisées vont de -4 à 4 (par défaut 1). La dynamique de variation est moins réaliste aux fortes valeurs.
- **Contrast** (contraste): intensité du contraste des étoiles. La gamme va de 0 à 5 (défaut : 1). Si vous n'utilisez qu'une faible partie de la base de données, vous pouvez pousser le contraste (par ex à 1,5) et réduire la luminosité (par ex à 0,8.) Si vous utilisez toute la base de données, les valeurs de 1,5 pour la luminosité et 1,0 pour le contraste donnent de bons résultats.



## Instruments

- **Transparent MFD** (MFD transparent) : rend les écrans d'affichage multifonctions transparents sur l'écran. Ceci améliore la visibilité de l'environnement 3D, mais rend les instruments plus difficiles à lire.
- **MFD refresh** (rafraîchissement du MFD): Temps (en secondes) entre les mises à jour des indications. Une période plus courte met à jour les données plus rapidement, mais peut dégrader les performances.
- **Panel scale** (Facteur d'échelle du tableau de bord): ajuste la taille des tableaux de bords. La valeur 1 donne une qualité visuelle optimale, mais d'autres valeurs peuvent être utilisées pour adapter la taille du tableau en fonction de la résolutions d'écran choisie.
- **Panel scroll speed** (Vitesse de déplacement du tableau de bord). Détermine (en pixel par seconde) la vitesse de déplacement du tableau de bord. Les valeurs négatives inversent la direction du déplacement.

## 3.3 Onglet effets visuels (visual effects)

Cet onglet propose des options de paramétrage du rendu visuel.

Ces options améliorent l'apparence et le réalisme de la simulation, mais la plupart d'entre elles dégradent la performance (trames par seconde) quand elles sont activées, et peuvent aussi augmenter la charge mémoire et vidéo utilisée.

Elles doivent donc être utilisées avec prudence.

En cas de bug avec Orbiter, il est judicieux de commencer par désactiver tous les effets visuels.

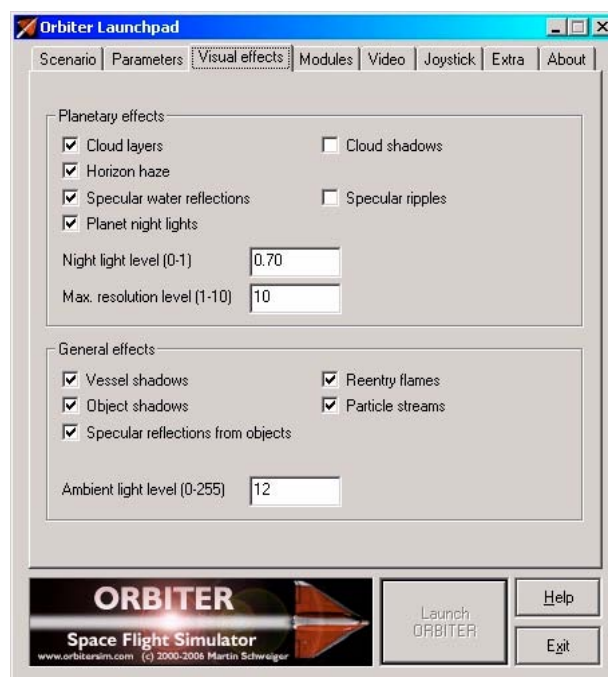


Figure 3 c :  
Boîte de dialogue Orbiter  
onglet effets visuels



## Planetary effects (*Effets planétaires*)

- **Cloud layers** (*couches de nuages*): Rend les nuages comme une couche séparée de type « mesh » pour les planètes appropriées.
- **Horizon haze** (*brume d'horizon*): Rend un horizon d'intensité lumineuse progressive ("rougeoyant") pour les planètes avec atmosphère.
- **Specular water reflections** (*Reflets spéculaires sur les surfaces d'eau*): Rendu des surfaces d'eau sur les planètes avec des effets de réflexion de lumière spéculaire.
- **Planet night lights** (*lumières nocturnes au sol*): Rendu des lumières des villes sur la partie non éclairée des planètes quand il en existe.
- **Cloud shadows** (*ombrage des nuages*): Ombrage des nuages sur la surface de la planète. Seules les planètes dont le fichier de configuration contient la valeur *CloudShadowDepth*<1 sont concernées.
- **Specular ripples** (Ondulations spéculaires) : Produit un effet "d'ondulation" dans les réflexions spéculaires des océans pour améliorer l'apparence de la surfaces de l'eau.
- **Night light level** (*Brillance des lumières nocturnes*): Définit la luminosité des lumières des villes. Les valeurs acceptées vont de 0 à 1. (Paramètre ignoré si *Lumières nocturnes au sol* est désactivé).
- **Max. resolution level** (*niveau de résolution maxi*) : La résolution maximum à laquelle les surfaces planétaires peuvent être rendues. Les valeurs possibles vont de 1 à 10. Les valeurs les plus hautes fournissent la meilleure apparence visuelle des planètes qui supportent de hautes résolutions de texture, mais augmentent aussi de façon significative les demandes de ressources. (processeur graphique et mémoire). Le temps de chargement de la simulation et les temps de fermeture sont aussi affectés par cette option.

NOUVEAU

NOUVEAU



L'utilisation d'un niveau de haute résolution peut sévèrement augmenter les temps chargements au démarrage du programme, en particulier si vous avez installé beaucoup de textures de haute résolution de planètes. (addon complémentaires disponibles sur Internet).

## General effects (*effets généraux*)

- **Vessel shadows** (*ombres des vaisseaux*): Active l'ombre des vaisseaux sur la surface des planètes.
- **Object shadows** (*ombres objets*): Active l'ombre mobile sur le sol des objets tels que les constructions.
- **Specular reflections from objects** (*Reflets spéculaires sur les objets*): Rendu des reflets des surfaces telles que panneaux solaires, vitrages des fenêtres ou surfaces métalliques. Peut réduire les performances.
- **Reentry flames** (*flammes de rentrée*): Flammes dues à l'échauffement de la structure du vaisseau pendant la phase d'entrée dans l'atmosphère.
- **Particle streams** (*jet de particules*): Montre les fumées d'échappement et les traînées de vapeur d'eau comme de fines particules ionisées. Fumées lors du décollage.
- **Ambient light level** (*niveau de lumière ambiant*): Définit la luminosité de la face non éclairée des planètes et satellites. Le niveau 0 est le plus réaliste, mais rend difficile la localisation des objets dans l'obscurité. Le niveau 255 réalise un éclairage uniforme sans obscurité.



**Remarque du traducteur** : les valeurs se situant entre 100 et 120 semblent être un bon compromis. La valeur 64 est à essayer...

## 3.4 Onglet modules

Cet onglet permet l'activation ou la désactivation de modules compatibles avec Orbiter afin d'étendre ses fonctionnalités. Pour activer un module, choisissez-le dans la liste des **modules Inactifs**, et cliquez sur le bouton *Activate selected* (ou plus simplement cliquez deux fois dans la liste). Il sera alors déplacé de la liste **Inactive modules** à la liste **Active modules**. De la même façon, les modules actifs peuvent être désactivés. Les modules fournis avec la distribution de base d'Orbiter sont des démonstrations réalisées avec le logiciel SDK (kit de développement du logiciel) et sont disponibles en code source complet. Des modules supplémentaires peuvent être réalisés par d'autres développeurs de modules compatibles.

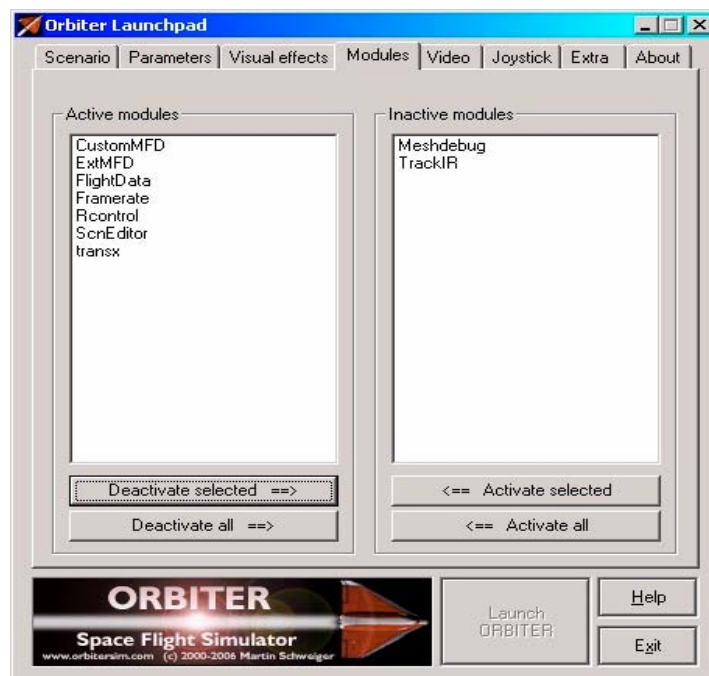


Figure 3 d : Boîte de dialogue Orbiter, Onglet Modules



Note du traducteur : MFD = **M**ulti **F**onction **D**isplay (Ecrans d'affichage multifonction).

### Quelques modules livrés avec Orbiter :

- **ScnEditor** : (*Editeur de scénarios*) Un éditeur de scénario universel qui permet d'ajouter, éditer et effacer un vaisseau dans une simulation en cours. Voir la Section 18.1 pour plus de détails.
- **ExtMFD** : (*Cadran d'affichage externe*) Ce module permet d'ouvrir des écrans multifonction supplémentaires dans des boîtes de dialogue externes. Utile si vous avez besoin de plus de renseignements que peuvent fournir les deux écrans MFD intégrés du vaisseau, ou si vous voulez observer les données de vol dans les vues externes du simulateur.
- **CustomMFD** : (*Cadran d'affichage spécifique*) Ce module ajoute un cadran « affichage de montée » au jeu de cadrans d'affichage multifonctions. Il est activé par **Maj P**.
- **Rcontrol** : (*contrôle à distance*) Contrôle à distance des propulseurs des vaisseaux. Ceci permet de commander des vaisseaux même s'ils ne sont pas définis comme cible. Si ce module est actif, la fenêtre de commande peut être ouverte dans la liste des *Fonctions Spécifiques* (*Custom Functions list*) par **Ctrl F4**.
- **FlightData** : (*informations de vol*) Informations télémétriques en temps réel pour les vols atmosphériques. Si ce module est actif, la fenêtre des informations de vol peut être ouverte dans la liste des *Fonctions Spécifiques* (*Custom Functions list*) par **Ctrl F4**.
- **Framerate** : (*taux de trames*) Présentation graphique de la fréquence de rafraîchissement des trames visualisées (FPS). Si ce module est actif, la fenêtre de taux de trames peut être ouverte dans la liste des *Fonctions Spécifiques* (*Custom Functions list*) par **Ctrl F4**.

## 3.5 Onglet vidéo

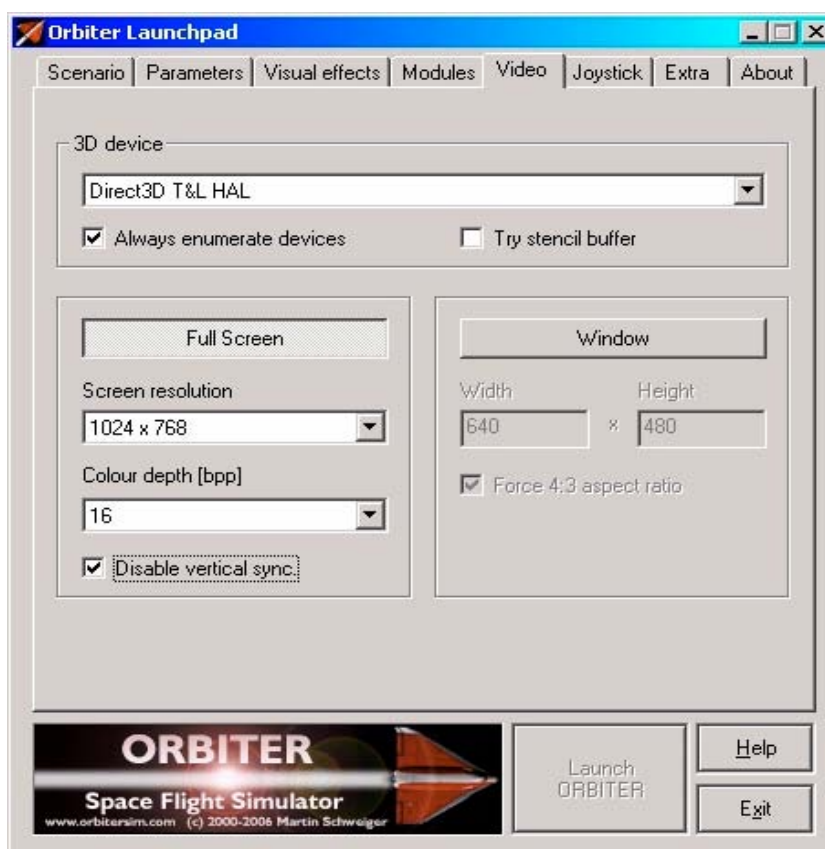


Figure 3 e : Boîte de dialogue Orbiter, Onglet Vidéo

- **3D Device :** (*carte 3D*) Liste le matériel et logiciel pour le rendu 3D. Quand cela est possible, choisissez un dispositif matériel tel que Direct3D HAL ou Direct3D T&L HAL. Les dispositifs logiciels tels que RGB Emulation fourniront une performance médiocre. A noter que certaines cartes vidéos ne supportent pas le mode fenêtré.
- **Always enumerate devices :** (*toujours lister les matériels*) Cocher cette case si Orbiter n'affiche pas correctement les dispositifs 3D ou les modes d'écran. Cette option force une recherche des matériels à chaque lancement d'Orbiter en évitant la prise en compte des informations stockées dans le fichier *device.dat*. **N'oubliez pas de cocher cette case après une modification de votre carte graphique ou des pilotes DirectX et/ou vidéo afin qu'Orbiter prenne en compte les changements.**
- **Try stencil buffer :** (*Essai du stencil-tampon*) Active la mémorisation intermédiaire «stencil», si le mode vidéo le supporte. Les tampons stencil peuvent améliorer divers effets visuels (par exemple produire des ombres ne cachant pas les objets sur lesquels elles se projettent) mais ont une légère influence sur le taux de trames. Si le mode vidéo choisi ne supporte pas les tampons stencil, cette option est ignorée.
- **Full Screen :** (*plein écran*) Sélectionnez cette option pour exécuter Orbiter en mode plein écran. Vous pouvez choisir la résolution et le nombre de couleur dans les listes proposées. Seuls les modes supportés y sont présentés. L'augmentation de la résolution et de la couleur améliorera l'aspect visuel, mais au détriment des performances.  
De plus, vous pouvez choisir l'option *Disable vertical sync*. Ceci permet à Orbiter d'actualiser une trame sans attendre le signal de synchronisation du moniteur, ce qui peut augmenter le taux de trames mais aussi conduire à des artefacts visuels (déchirements).
- **Window :** (*fenêtre*) Choisissez cette option pour faire fonctionner Orbiter en mode fenêtré. Vous pouvez en choisir la dimension dans la liste proposée. Pour des résultats optimaux, utilisez un rapport largeur/hauteur proche de 4/3 (ou cochez la case *Forcer le rapport 4:3* pour conserver un rapport optimal). Les grandes tailles de fenêtre peuvent réduire les performances de simulation. A noter que quelques pilotes graphiques anciens peuvent ne pas autoriser le fonctionnement en mode fenêtré.

### 3.6 Onglet Manette de jeux (Joystick)

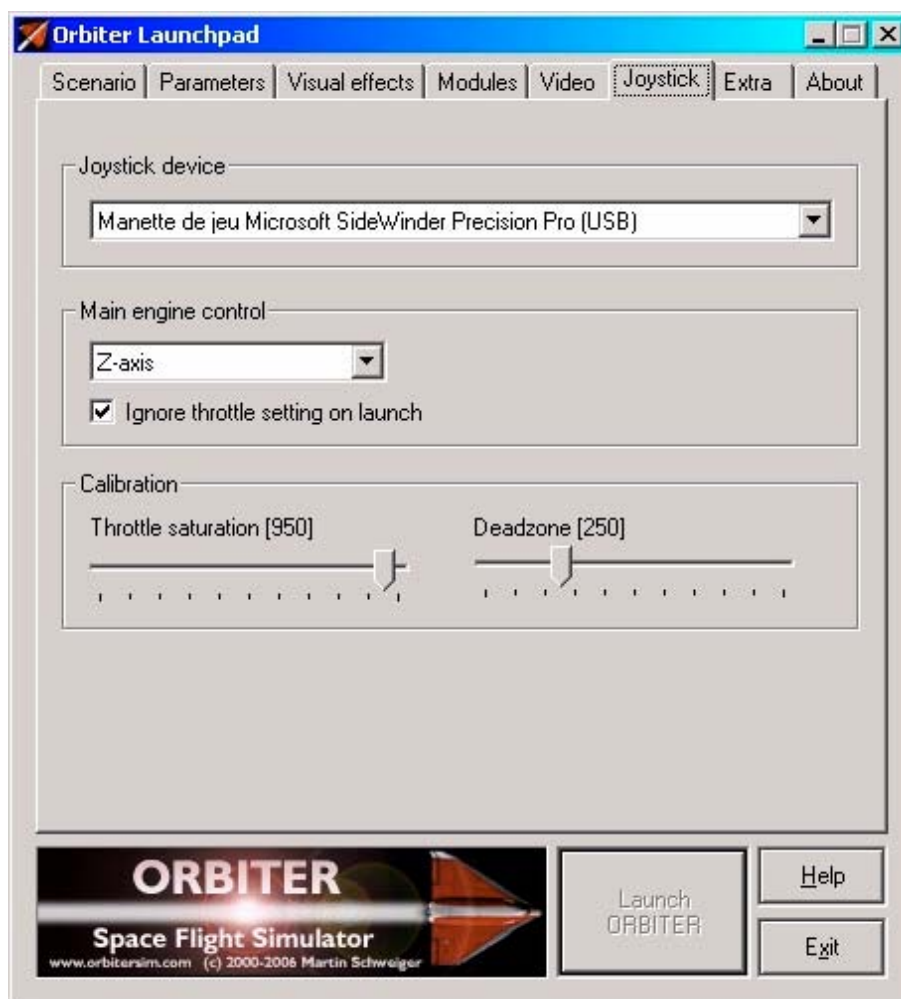


Figure 3 f : Boîte de dialogue Orbiter, Onglet Manette de jeux

- **Joystick device** (*manette de jeux*): Liste toutes les manettes de jeu connectées.
- **Main engine control** (*Commande du moteur principal*): Définit l'axe de la manette qui commande les propulseurs principaux. Essayez les diverses options si la commande d'accélération ne fonctionne pas dans Orbiter.
- **Ignore throttle setting on launch** (*Ignorer le réglage de poussée au lancement*): Si cette case est cochée, le réglage de poussée sera ignoré (poussée à zéro) au lancement du scénario jusqu'à ce que l'utilisateur le modifie. Sinon, le réglage de poussée sera pris en compte immédiatement.
- **Throttle saturation** (*Saturation de poussée*): Définit la zone de tolérance aux positions minimum et maximum de la commande de poussée pour lesquelles la manette indique respectivement zéro et maximum. Réduisez-la si les moteurs principaux ne sont pas complètement coupés au réglage minimum. (Applicable seulement aux manettes de jeu avec réglage de poussée). Si un calibrage plus poussé s'avère nécessaire, utilisez les outils appropriés dans le panneau de configuration de Windows.
- **Deadzone** (*zone neutre*): utilisez ce curseur pour définir le début de réponse de la manette quand elle quitte la position centrale. Les valeurs faibles la font répondre plus tôt. Augmenter la valeur si les propulseurs d'attitude ne sont pas totalement coupés en position neutre.

## NOUVEAU 3.7 Onglet Supplémentaire (Extra Tab)

L'onglet supplémentaire contient une liste de réglages avancés et spécialisés ainsi que des paramètres de configuration, en incluant certains détails dynamiques d'Orbiter, de configuration de vaisseaux ainsi qu'une option de « débogage ». Des *add-on* ou *plugin* peuvent avoir des possibilités supplémentaires de configuration pouvant être activées à cet endroit.

Il est en général plus prudent pour les utilisateurs non confirmés de laisser toutes les options de cette liste à leurs valeurs par défaut. Les utilisateurs avancés peuvent régler avec précision certains réglages du simulateur à cet endroit.

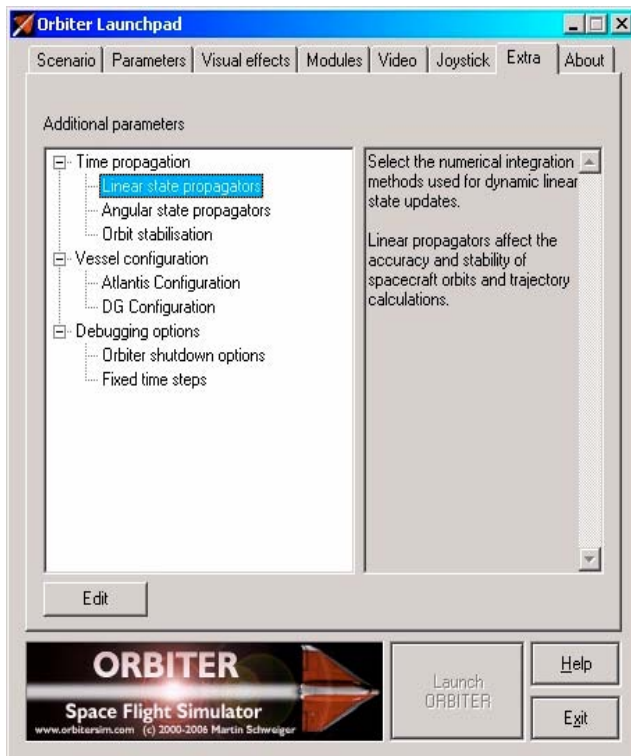


Figure 3 g: Boîte de dialogue Orbiter, Onglet Extra tab

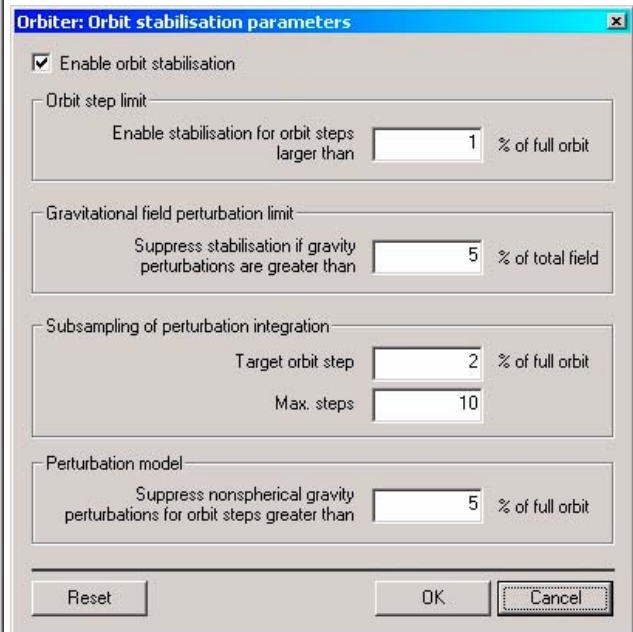


Figure 3 h : Paramètres de stabilisation des orbites

Cliquez sur une rubrique (ligne) pour voir une description courte de son action à droite de la liste. En double-cliquant sur cette ligne, ou en cliquant sur le bouton **Edit**, vous ouvrez une nouvelle fenêtre de dialogue associée à cette ligne.



**Orbit stabilisation** (stabilisation de l'orbite) voir fig.3h

*(ces réglages se trouvaient dans l'onglet « paramètres » dans la version précédente d'Orbiter)*

- **Enable stabilisation** (stabilisation active): Si cette option est activée, Orbiter utilise une autre méthode pour mettre à jour les vecteurs des corps célestes en orbite sous certaines conditions, où seules les perturbations de deux éléments orbitaux sont pris en compte par rapport à une source de gravité dominante. Cela peut aider à éviter la détérioration de l'orbite quand le temps est accéléré.
- **Gravitational field perturbation limit** (limiter la perturbation du champ gravitationnel): Définit la limite supérieure de la perturbation (en %) du champ de gravité de la source de gravité principale en dessous de laquelle la stabilisation est activée. Une valeur plus haute activera le mode stabilisation même si l'hypothèse « deux corps » n'est pas très précise. La valeur par défaut est 0.01 (1%).
- **Orbit step limit** (Limite du pas de calcul temporel d'orbite): Cette valeur permet de limiter l'application de la stabilisation d'orbite à des pas temporels qui correspondent au déplacement d'un objet supérieur à une fraction donnée de la longueur totale de l'orbite. Plus précisément, la stabilisation d'orbite sera appliquée si cette condition est satisfaite:

$$v\Delta t > \alpha 2\pi r$$



où  $v$  est la vitesse orbitale,  $r$  est la longueur du rayon vecteur,  $\Delta t$  est le pas temporel, et  $\alpha$  est la limite du pas temporel donné par l'utilisateur. La valeur par défaut est  $\alpha = 0.0001$  (0.01%).

**Remarque :** la stabilisation d'orbite n'est jamais activée si des propulseurs sont actifs, si des forces aérodynamiques agissent sur le vaisseau et pour des orbites non périodiques (hyperboliques).



### 3.8 Onglet à propos de... (about)

Cet onglet affiche quelques renseignements concernant la version d'Orbiter que vous avez installé.

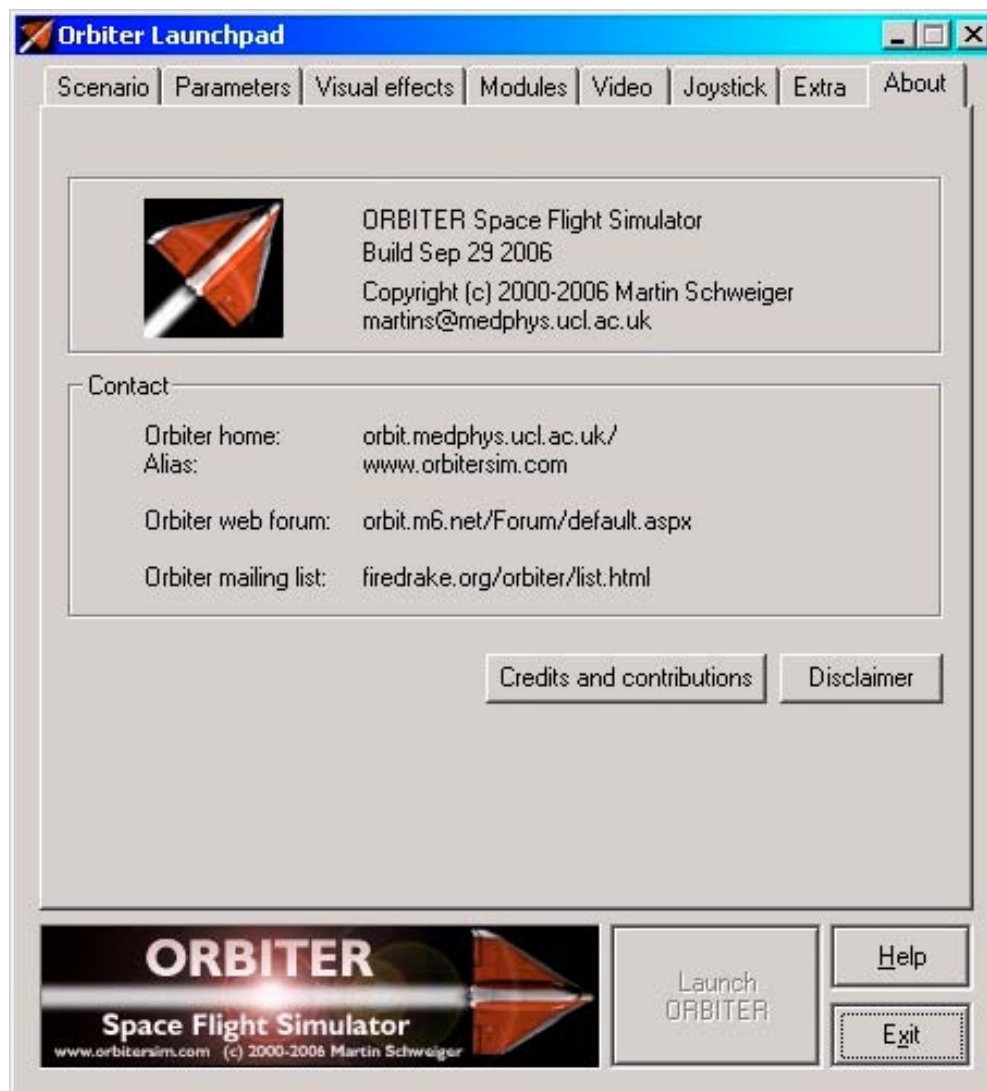


Figure 3 i: Launchpad dialog, About

- **Version actuelle** : ici version du 29 septembre 2006, ainsi que les mentions légales de copyright.
- **Contact** : les adresses Internet du site officiel d'Orbiter, du forum officiel, et des listes de diffusion.  
🤖 Je vous rappelle l'adresse du forum francophone de DanSteph : 🤖  
<http://orbiter.dansteph.com/forum/index.php>
- **Credits and contribution** : (*crédit et contributions*) Ouvre une fenêtre affichant une liste des personnes ayant aidé **Martin Schweiger** et contribué dans l'amélioration d'Orbiter, ainsi que les bêta-testeurs.
- **Disclaimer** : (*avertissement*) Ouvre une fenêtre affichant les mentions légales de copyright ainsi que les mises en garde liées à l'utilisation de ce logiciel et que si votre machine plante c'est pas sa faute...🤖

🤖 **Note du traducteur** : CTD = Crash To Desk (retour au bureau)  
Vous trouverez souvent ce terme sur les forums, même ceux en français...

## 4 Démarrage rapide

Ce chapitre vous explique brièvement comment décoller, voler, faire un petit tour en orbite terrestre, puis atterrir, avec l'un des vaisseaux livré avec Orbiter, le DeltaGlider. Si vous utilisez Orbiter pour la première fois, cela va vous aider à vous familiariser avec les commandes basiques de ce vaisseau, ainsi que du contrôle des caméras ou vues. Vous pouvez aussi lire le restant du manuel, en particulier les chapitres 5 et 7 sur l'interface clavier et joystick, le chapitre 13 sur l'instrumentation, le chapitre 14 sur le contrôle du vaisseau, et le chapitre 16 sur les manœuvres basiques de vol.

Assurez vous que vous avez bien configuré Orbiter avant de lancer votre première simulation, en particulier les paramètres vidéo et du ceux du joystick (*voir chapitre 3*). Une fois que vous avez démarré le scénario, vous pouvez toujours obtenir des explications à l'écran en ouvrant la fenêtre d'Aide avec **Alt F1**.

### Démarrage:

- Sélectionnez le scénario *Checklist => Quickstart* (*voir chapitre 3 dans sélection d'un scénario*), et cliquez sur le bouton **Launch ORBITER** pour lancer la simulation avec ce scénario. Une fois que cette mission aura démarré (cela peut prendre un peu de temps), vous verrez en face de vous la piste 33 du SLF (*Shuttle Landing Facility = zone d'atterrissage de la navette*) du KSC (*Centre Spatial Kennedy*), à Cap canaveral, en Floride.
- Vous êtes aux commandes du DeltaGlider, un puissant et futuriste vaisseau, aligné et prêt pour un décollage immédiat.
- Vous pouvez à tout moment quitter la simulation en pressant **Ctrl Q** ou **Alt F4**, ou en cliquant sur **Exit** (*sortie*) du menu principal **F4**. Orbiter sauvegarde toujours l'état de la simulation en cours dans le scénario nommé « *Current Status* ». Vous pouvez ainsi reprendre votre vol plus tard en sélectionnant ce scénario.

### Modes caméra :

Vous êtes en mode caméra externe, regardant en direction de votre vaisseau.

- Vous pouvez faire pivoter la caméra autour de votre vaisseau en maintenant appuyé la touche **Ctrl** et en pressant les touches **↓** **↑** **←** **→** de votre clavier. De même, vous pouvez appuyer sur le bouton droit de votre souris et pivoter la caméra en bougeant la souris. Ou bien, si vous avez un joystick avec un contrôleur de direction (*chapeau chinois*), vous pouvez l'utiliser pour faire pivoter la caméra.
- Pour passer dans le cockpit de votre appareil, pressez **F1**. (la touche **F1** fait toujours basculer entre la vue cockpit et la vue externe du vaisseau que vous contrôlez).
- Dans le cockpit, vous pouvez regarder dans différentes directions en utilisant **Alt + ↓** **↑** **←** **→**, ou le bouton droit de la souris, ou encore le chapeau chinois de votre joystick.
- Pour regarder devant, appuyez sur la touche **↵**.
- Vous pouvez également changer le point de référence de votre caméra à l'intérieur de l'habitacle en utilisant les touches **Ctrl** et **←** **→**, et de même la faire pivoter avec les combinaisons de touches **Alt + ↓** **↑** **←** **→**, ou avec votre souris ou joystick comme précédemment. (*voir fig.1*). Pour revenir en position précédente (place du pilote) faire **Ctrl + ↑**.



Fig.1 : vues de l'intérieur du cockpit 3D (ou virtuel)

Pour en savoir plus sur les modes caméra et les vues, jetez un coup d'œil au chapitre 11.



## Mode cockpit :

- Pour le moment, vous êtes dans le mode "virtual cockpit" (*cockpit virtuel*). C'est-à-dire que vous êtes à l'intérieur d'une représentation en 3D du cockpit du vaisseau, avec un genre de pare-brise affichant des données devant vous, ainsi que des instruments et des commandes de contrôle disposés autour de vous. Si vous regardez en arrière, vous pouvez même avoir un aperçu de vos passagers se trouvant dans la cabine, derrière vous !
- Vous pouvez passer à un autre mode-cockpit en appuyant sur la touche **F8**. Le premier appui sur cette touche va ouvrir le mode-cockpit *générique ou standard*, avec seulement le HUD et deux écrans d'affichage multi-fonction. Un second appui sur cette touche ouvrira le mode-cockpit 2-D. (voir figures 2 à 4).



figure 2 : mode cockpit standard



figure 3 : mode cockpit 2D



figure 4 : mode cockpit 3D













- On peut faire défiler le *panel* en appuyant sur une touche flèche     du clavier. Pour faire disparaître progressivement vers le bas le tableau de bord, appuyez sur . Vous êtes maintenant en mesure de voir la piste qui s'étend devant vous. Faire défiler le tableau de bord un peu vers le bas peut être utile si vous voulez voir un peu plus de détails extérieurs. De plus, si le tableau de bord est plus grand que la fenêtre de votre écran, vous pouvez faire défiler ses différentes parties dans l'écran de votre ordinateur.
- Certains vaisseaux spatiaux ont plusieurs tableaux de bord qui peuvent être visualisés en maintenant appuyée la touche **Ctrl**, en combinaison avec une des touches flèche    . Si vous appuyez sur **Ctrl** , vous ferez apparaître le panneau supérieur du vaisseau, avec certaines commandes supplémentaires. Si maintenant vous appuyez deux fois sur **Ctrl** , cela fera apparaître le panneau inférieur, avec les commandes et contrôles des freins et des trains d'atterrissage. Maintenant, revenez à la vue du panneau principal du tableau de bord en appuyant sur **Ctrl** .
- Tous les types de vaisseaux spatiaux ne supportent pas forcément le mode cockpit-virtuel en 2D et/ou en 3-D, mais simplement le mode *générique* qui est toujours disponible.



Fig.5 : Panel supérieur, principal et inférieur

## Instruments MFD :

Les instruments les plus importants et polyvalents sont les deux *écrans multifonction* (MFD) se trouvant au centre du tableau de bord. Chaque MFD consiste en un écran numérique carré avec des boutons sur les côtés droit, gauche, et en bas.

- Les MFD peuvent être utilisés et réglés par plusieurs méthodes : avec la souris, cliquez avec le bouton gauche sur le bouton **SEL** sur le bord inférieur d'un des MFD. Vous pouvez également appuyer sur les touches **Maj F1**. L'interface clavier utilise toujours des combinaisons de touches avec **Maj**, où la touche **Maj** de gauche contrôle le MFD se trouvant à gauche, et la touche **Maj** de droite contrôle le MFD situé à droite. Vous pourrez voir une liste de différents modes disponibles.
- Cliquez sur un des boutons sur le bord gauche ou droit pour sélectionner le mode ou l'action correspondante. Par exemple, si vous cliquez sur le bouton en haut et à gauche, le MFD passera en mode *Orbit*.
- Les MFD peuvent aussi être sélectionnés directement avec une combinaison de touches avec **Maj**. Par exemple **Maj O**, va ouvrir le *MFD-Orbite*.

- La plupart des MFD sont contrôlés par des boutons. Le nom des boutons change pour indiquer que les fonctions sont différentes. Par exemple, le mode *Orbite* a un bouton nommé **TGT**, utilisé pour visualiser l'orbite de l'*objet cible*. Cliquez sur ce bouton, et vous verrez apparaître une boîte de dialogue qui vous permettra de sélectionner un objet cible. Pour cela, deux façons :
  - By name...** étant sélectionné, tapez la touche **Entrée** puis tapez «iss» dans la boîte de texte, et appuyez de nouveau sur la touche **Entrée**.
  - Ou alors faites descendre la sélection avec la touche **↓** sur **spacecraft**, puis touche **→**. Normalement vous voyez **ISS** et **Mir**. Sélectionnez **ISS** et tapez **Entrée**.
 Ceci fera apparaître les paramètres orbitaux de la Station Spatiale Internationale sur l'écran du MFD.
- Pour avoir une courte description des différentes fonctions du MFD utilisé, cliquez sur le bouton **MNU** en bas du MFD.
- Une description de tous les MFD standards livrés avec Orbiter se trouve au chapitre 13. D'autres MFD (add-on) peuvent également être rajoutés, et vous pourrez donc dans ce cas voir ces MFD additionnels dans la liste affichée avec le bouton **SEL**.
- A présent, basculez le MFD gauche en mode *Surface*, et le MFD droite en mode *HSI*.



Figure 6 : le tableau de bord principal du DeltaGlider (en mode 2D) et vue aérienne du KSG.

## Décollage :

- Votre appareil est capable de décoller et d'atterrir sur la Terre comme un avion. (ainsi que sur n'importe quelle autre planète, si la densité atmosphérique est suffisante pour fournir une portance aérodynamique).
- Pour décoller, mettez les moteurs principaux en poussée maximum. Vous pouvez faire cela, en poussant vers le haut les manettes du moteur principal situées à gauche du tableau de bord avec la souris (assurez vous de pousser les deux manettes simultanément), ou en appuyant sur **Ctrl + Pavé numérique** jusqu'à ce que les moteurs atteignent leur pleine puissance. Si vous avez un joystick avec un levier de contrôle de puissance des moteurs, vous pouvez l'utiliser pour les allumer.

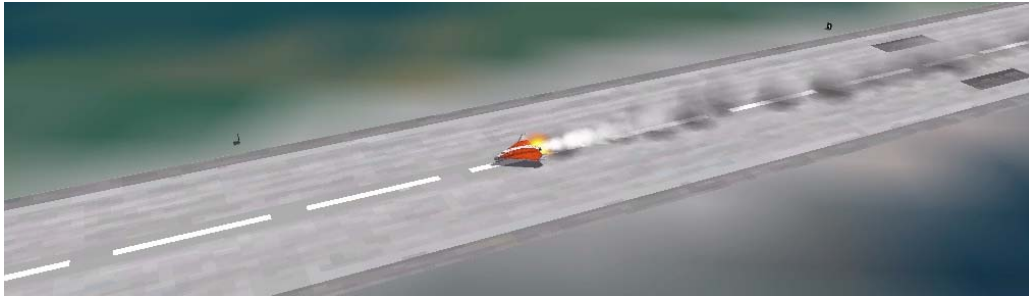


Figure 7 : C'est parti !!!

- Votre vaisseau va commencer à rouler. Vous pouvez contrôler la vitesse (affichée en mètres/seconde) dans l'indicateur **AIRSPD** (vitesse dans l'air) du MFD-Surface, ou sur le HUD (affichage « sur le pare-brise ») sous la forme d'un rectangle vert affichant cette valeur, situé en haut et à gauche de l'écran.
- Quand la vitesse atteint 100 m/s, tirez en arrière le joystick pour lever le nez de l'appareil afin de décoller, ou maintenez appuyée la touche **2 Pavé numérique**.
- Une fois en l'air, appuyez sur la touche **G** pour rentrer le train d'atterrissage.



Figure 8 : Décollage parfait !...

Quand l'atmosphère est trop ténue pour assurer une portance suffisante permettant un décollage ou un atterrissage (par exemple pour un décollage depuis la lune) ou quand il n'y a pas de piste disponible, vous pourrez utiliser les moteurs dédiés au mode « aéroglisseur » ou « sustentateur » (hover) disponible sur le DeltaGlider, à la fois pour décoller et pour atterrir :

- Manœuvrez la manette *Hover* (sustentation) se trouvant sur le panneau supérieur avec la souris (bouton gauche maintenu appuyé). Avec le clavier, utilisez la touche la touche **0 Pavé numérique** jusqu'à ce que les moteurs de sustentation soient au maximum.
- Votre appareil peut maintenant monter verticalement. Une fois que votre vaisseau aura quitté le sol, engagez les moteurs principaux. Notez que si votre vaisseau est à pleine charge avec les réservoirs pleins, il sera trop lourd pour décoller verticalement depuis la Terre lorsque l'option de *modèle de vol réaliste* est activée.
- Dès que vous aurez pris de la vitesse, vous pourrez réduire progressivement la puissance des moteurs de sustentation verticale avec la touche **Suppr pavé numérique**.



Figure 9 : Les hovers du DeltaGlider en action



## Vol atmosphérique :

Dans la basse atmosphère, le DeltaGlider se comporte absolument comme un avion. Essayez d'utiliser le joystick pour les mouvements de roulis, de tangage et de lacet afin d'évaluer sa manœuvrabilité à différentes altitudes. Sans joystick, vous pouvez utiliser le pavé numérique :

Touches **2** ou **8** **Pavé numérique** pour le tangage.

Touches **4** ou **6** **Pavé numérique** pour le roulis.

Touches **1** ou **3** **Pavé numérique** pour le lacet.

Le DeltaGlider a des moteurs-fusées très puissants, mais leur performance dépend de la pression atmosphérique (à très basse altitude, il n'ira pas en vitesse supersonique).


C'est le moment d'essayer les différents modes de caméras. Ouvrez la boîte de dialogue des vues caméra **Ctrl F1**, et observez les effets des différents modes de « vision caméra » et les réglage du champ de vision (FOV).

## Atterrissage :

- Faites demi-tour et faites une approche de la piste 33 du SLF par le sud. Alignez vous avec la piste. Votre instrument HSI vous aidera à maintenir une approche correcte aligné dans les plans d'approche et de descente. Un des deux écrans devrait déjà être réglé sur la fréquence du système ILS de la piste. Le HSI contient un repère de direction, de déviation et un indicateur du couloir d'approche « glideslope ». Il travaille comme un instrument classique d'avion. Vous devez probablement être déjà familiarisé avec son utilisation. Si ce n'est pas le cas, reportez vous au chapitre 13.4 pour plus de détails.
- A l'approche de la piste, vous verrez les aides lumineuses d'atterrissage PAPI et VASI en bout et sur le côté de la piste (voir section 16.6). Le PAPI est d'une utilisation limitée ici, car il est optimisé pour une pente de 20° adaptée à la navette spatiale.
- Coupez le réacteur et engagez les aérofreins avec **Ctrl B** pour réduire la vitesse. Sortez le train d'atterrissage avec la touche **G**.
- Après le contact avec le sol, engagez les freins des roues gauches et droites avec les touches **M** et **%** jusqu'à l'arrêt complet de l'appareil.

## Vol dans l'espace :

Jusqu'à maintenant, nous avons appris à piloter le DeltaGlider comme un avion conventionnel. Maintenant, il est temps d'aller voir un peu plus haut ...

- Décollez comme précédemment. Tournez à l'est (utilisez le compas sur le bord haut du HUD, ou celui du Surface-MFD), et montez en suivant un angle de 50°.
- Au fur et à mesure que vous gagnez de l'altitude, vous remarquerez que votre appareil commence à se comporter de façon différente, à cause de la diminution de la pression atmosphérique. Un de ces effets est la perte de la portance des ailes, laquelle a pour conséquence de faire descendre lentement l'indicateur de direction de vol (le marqueur  du HUD). Un autre effet est la perte de réaction par les surfaces de contrôle aérodynamiques.
- A environ 30 km d'altitude, votre DeltaGlider va commencer à piquer du nez, même si vous tentez de tirer le joystick vers l'arrière afin de remonter. Maintenant, activez les RCS (Reaction Control System = *Système de Contrôle par Réaction*) en cliquant (bouton droit) sur le sélecteur de «RCS Mode» (sur la partie droite du tableau de bord) ou en appuyant sur la touche **Ctrl /** **Pavé numérique**. Vous contrôlez maintenant votre appareil avec ses propulseurs d'attitude.
- Inclinez votre vaisseau à 20° vers le bas. Après avoir quitté les parties denses de l'atmosphère, vous avez besoin d'atteindre une certaine vitesse tangentielle pour achever votre mise en orbite. Votre indicateur de direction de vol doit rester au dessus de 0°.
- A présent, c'est le bon moment pour activer un de vos MFD en mode Orbite. Il montre la forme de votre orbite actuelle ( une courbe verte) par rapport à la surface de la planète (le cercle gris), et ensemble dans le même écran, sur le côté gauche, une liste de paramètres orbitaux. Vous pouvez basculer l'écran en mode projection « plan orbital actuel », en cliquant sur le bouton **PRJ** jusqu'à avoir **Prj = SHP** affiché en haut et à droite de l'écran.
- A ce moment, votre orbite sera plutôt elliptique, dont la plus grande partie sera **sous** la surface de la Terre. (voir fig.10). Cela veut dire que vous êtes encore sur une trajectoire balistique et non pas sur une orbite stable. Tant que vous augmenterez votre vitesse tangentielle, l'orbite va s'étendre. Une fois que la courbe verte a totalement dépassé la surface de la planète (et suffisamment au dessus de la limite haute de l'atmosphère), vous serez en orbite.

- A cet instant, l'élément d'information le plus important de l'écran MFD-Orbit est la vitesse **Vel** et la distance de l'apogée **ApR** (*Apoapsis Radian*). Pour une orbite terrestre basse, vous avez besoin d'atteindre une vitesse d'au moins 7800 m/s. Une fois cette valeur atteinte, vous verrez l'orbite monter rapidement au dessus de la surface de la Terre. En même temps, la distance de l'apogée (le plus haut point de l'orbite) va commencer à grimper. Gardez vos moteurs allumés jusqu'à ce que l'**ApR** arrive à 6.670M (altitude + rayon terrestre). Cela correspond à une altitude de 300km. Maintenant, coupez les moteurs avec **\* pavé numérique**.

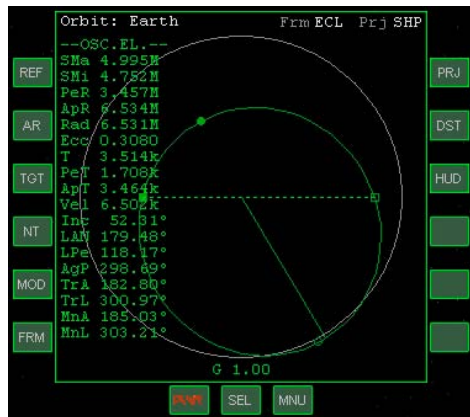


Figure 10

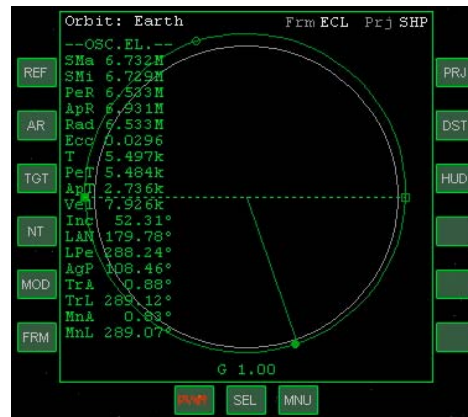


Figure 11

- Vous êtes maintenant presque en orbite.(voir fig.11). Tout ce qu'il vous reste à faire, c'est d'élever le périégée (*periapsis = le point le plus bas de l'orbite*) à une altitude suffisante. La meilleure position pour cela est d'être sur le point d'apogée, après avoir fait une demi orbite (ou environ 45 minutes) à partir de votre position actuelle. Il est temps de passer en vue externe et de profiter pleinement de la vue !
- Il est maintenant plus logique de faire passer le **HUD** du mode *surface* en mode *orbite*. Pour cela, cliquez sur le bouton **OBT** situé dans le coin en haut et à gauche du tableau de bord, ou en appuyant deux fois sur la touche **H**. Dans ce mode, les repères de vol du **HUD** sont alignés avec le plan *orbital* au lieu du plan *horizontal*, et il y a une sorte de « ruban » indiquant votre angle d'azimut orbital. Nous avons aussi des indicateurs de *prograde* (la direction de votre vecteur de vitesse orbitale) et de *retrograde* (la direction opposée).
- Quand vous approchez du point apogée, tournez votre vaisseaux en *prograde*. Vous pouvez voir à quelle distance vous êtes de l'apogée en contrôlant la valeur **ApT** (Temps avant Apogée) dans le MFD-Orbite. S'il est trop long, appuyez sur la touche **T** pour engager l'accélération du temps, et **R** pour le ralentir. Pour faire tourner votre vaisseau en *prograde* (droit face à la direction de l'engin), vous pouvez le faire manuellement, mais c'est plus facile de passer par le contrôle de positionnement automatique en pressant simplement le bouton **Prograde** sur la gauche du tableau de bord, ou bien la touche **↔** de votre clavier.
- Maintenant, allumez vos moteurs (ou réacteurs) principaux pour une insertion finale en orbite. Les deux paramètres à regarder sont l'**excentricité** de l'orbite **Ecc** et la distance (**rayon**) du périégée **PeR**. La valeur de l'excentricité doit diminuer, indiquant que l'orbite se circularise de plus en plus, alors que la distance du *périégée* approche celle de l'*apogée*. Une fois que l'excentricité atteint une valeur minimum (presque nulle), coupez les moteurs. (voir fig.12).
- Vous pouvez maintenant désactiver le mode de positionnement *prograde* en cliquant de nouveau sur **Prograde** ou touche **↔**.
- Félicitation ! Vous êtes en orbite !

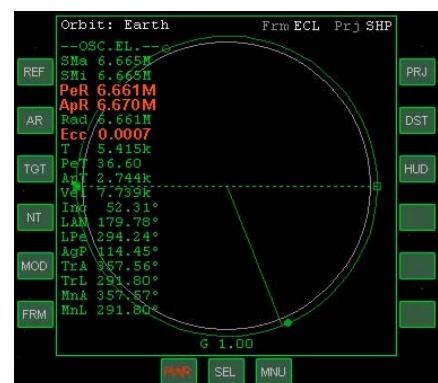


Figure 12

## Désorbitation :

Si vous souhaitez revenir sur Terre, vous devez vous *désorbiter*. Cela se fait en abaissant le point de périgée à une altitude où l'orbite intercepte les couches denses de l'atmosphère, afin de ralentir votre vaisseau par la friction atmosphérique.

- La désorbitation est effectuée en rétrograde. Cliquez sur le bouton **Retrograde**, ou sur la touche **\$**, et attendez jusqu'à ce que le positionnement du vaisseau se stabilise, puis allumez les moteurs principaux.
- Gardez les moteurs allumés jusqu'à ce que le point de périgée soit bien en dessous de la surface de la Terre, puis coupez les moteurs. En réalité, le temps d'allumage des moteurs en rétrograde, pour obtenir la désorbitation, doit être précisément calculé, parce qu'un angle de réentrée trop faible aura pour conséquence un effet de ricochet sur l'atmosphère, alors qu'un angle trop raide vous transformera en étoile filante. En clair, vous allez cramer !.. Pour le moment, nous ne chercherons pas une telle précision...
- Mettez-vous de nouveau en *prograde*, et attendez que votre altitude diminue. Dès que vous entrez dans les couches denses de l'atmosphère, la friction va rapidement faire chuter votre vitesse. Les réentrées sont généralement meilleures avec un angle d'attaque (AOA) élevé (40° pour la navette spatiale).
- Lorsque vos surfaces aérodynamiques de contrôle retrouvent leur efficacité, vous pouvez couper le contrôle du système RCS. Votre DeltaGlider est maintenant redevenu comme un avion.
- Vous avez probablement terminé votre vol loin de votre point de lancement du KSC. Revenir directement vers un site d'atterrissage précis nécessite beaucoup de pratique dans le calcul de la désorbitation et du vol de réentrée. Nous laisserons cela pour une mission ultérieure ! Pour le moment, contentez-vous de trouver un endroit au sec pour poser votre appareil.
- Ceci termine votre première excursion orbitale !

Vous êtes maintenant prêt pour passer à des missions plus compliquées. Essayez le vol « Launch to docking with the ISS » (*lancement pour un arrimage avec l'ISS*) décrit au chapitre 19. Mais vous aurez probablement besoin d'en apprendre un peu plus sur les procédures de manœuvres orbitales et d'arrimage (voir chapitre 16). Et quand vous aurez un peu plus l'habitude de manier Orbiter, vous pourrez essayer de faire une mission vers la Lune, vers Mars et plus loin encore...



Fig 13 : Le DeltaGlider bientôt arrimé à l'iss



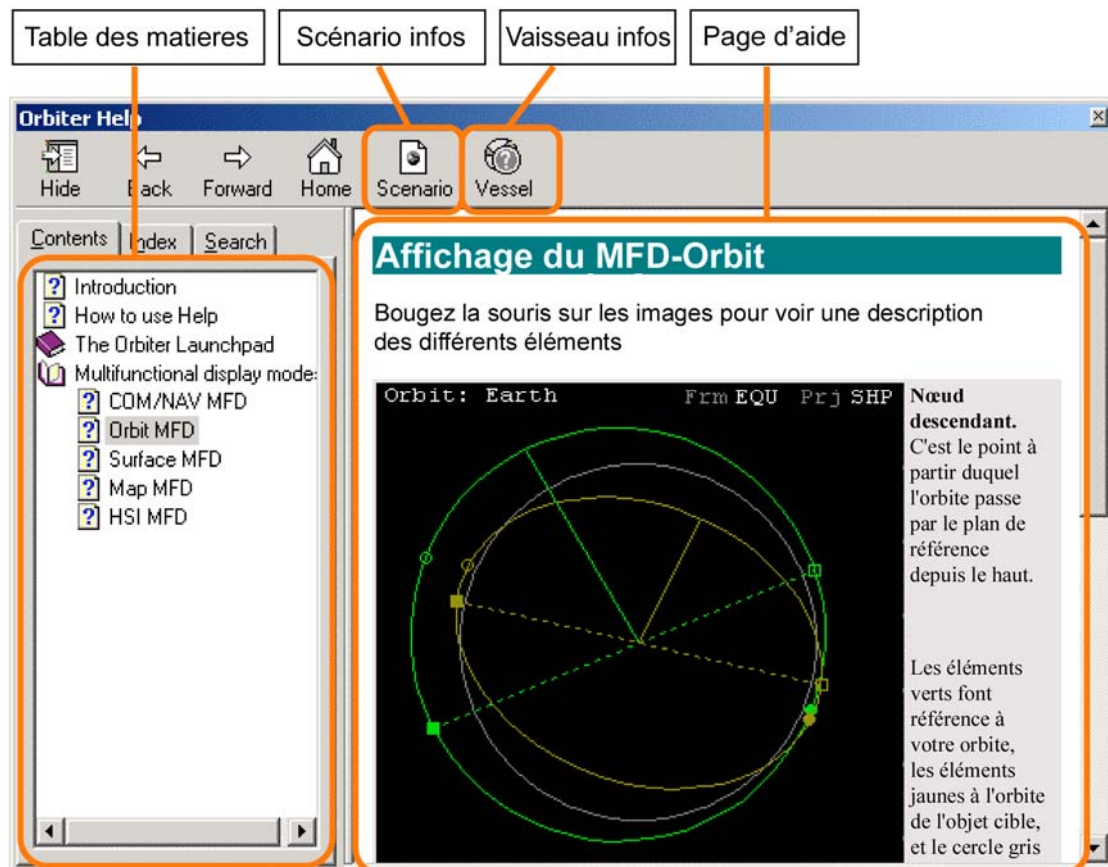
fig 14 : Le DeltaGlider en vue de la Lune

## 5 Système d'aide

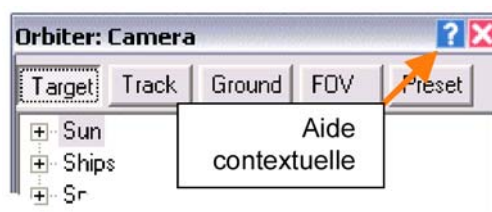
Depuis la fenêtre de lancement d'Orbiter, vous pouvez obtenir une description des différentes options de la boîte de dialogue en appuyant sur le bouton "Aide" dans le coin inférieur droit.

Pendant la simulation, vous pouvez ouvrir la fenêtre d'aide d'Orbiter en appuyant sur **Alt F1** ou en sélectionnant l'option **Aide** dans le menu principal **F4**.

Le système d'aide fournit des informations sur les différents modes de MFD, et éventuellement une description du scénario en cours, ou du vaisseau spatial actif utilisé.



**NOUVEAU!** Beaucoup de boîtes de dialogue du simulateur fournissent une aide contextuelle. Pour activer ces pages d'aide, cliquez sur le bouton **?** dans la barre de titre de la boîte de dialogue.



Le système d'aide est actuellement en cours de développement. Tous les scénarios et les vaisseaux ne prennent pas encore en charge l'aide contextuelle. Ce système peut être étendu par l'ajout de nouvelles pages d'aides relatives aux scénarios et aux vaisseaux, et les développeurs d'addon sont encouragés à utiliser ce système d'aide pour fournir des informations conviviales sur leurs vaisseaux spatiaux, ou d'inclure des scénarios d'apprentissage documentés qui illustrent les caractéristiques de leurs plugins.



## 6 Interface clavier

Ce chapitre décrit les fonctions de clavier par défaut Orbiter.





Les affectations des touches sont personnalisables : il suffit d'éditer le fichier **keymap.dat** se trouvant dans le répertoire principal d'Orbiter. Les affectations des touches du clavier de votre installation d'Orbiter peuvent donc être différentes de celles décrites ci-dessous.



### Note du traducteur :

L'affectation des touches dans ce chapitre et dans le reste du manuel (sauf oubli) se réfère au clavier **AZERTY** illustré à la *fig. 6 a*. Sinon, dans la plupart des documentation d'add-on pour Orbiter il s'agit généralement du clavier anglais **QWERTY**. Il faut donc se souvenir que ce qui est important, ce n'est pas le libellé de la touche, mais sa position sur le clavier.

Par exemple :

- sur le clavier anglais, la touche qui permet de se positionner en *normale-orbite* est  ;  
sur le clavier français cette touche sera  **M**.
- sur le clavier anglais, la touche qui permet de se positionner en *antinormale-orbite* est  ‘  
sur le clavier français cette touche sera  **%**.

Vous trouverez aussi ici ( voir *fig. 6 b* ) un modèle du clavier anglais QWERTY pour vous aider. Vous pourrez vous y référer pour chercher la correspondance des touches. Peu de touches changent (elles sont de couleur grise sur le modèle) mais il faut les connaître...

Les touches du pavé numérique seront précisées **pavé numérique**.

Les touches du pavé curseur seront précisées **pavé curseur**.

Il faut remarquer que certains vaisseaux peuvent avoir des touches de fonctions additionnelles. Vérifiez dans la documentation pour avoir la description détaillée du contrôle et des différentes fonctionnalités supplémentaires du vaisseau.



Figure 6 a : Références du clavier Français

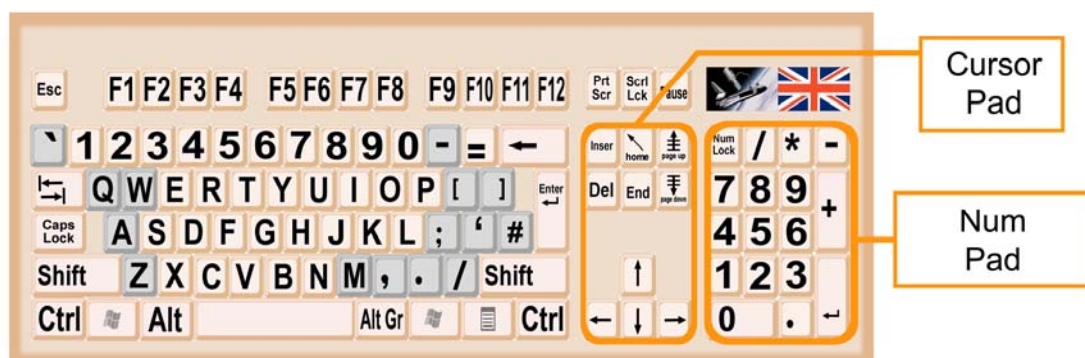


Figure 6 b : Références du clavier Anglais

## 6.1 Commandes générales du Simulateur

<b>F</b>	Affiche / désactive le taux d'images par seconde (FPS)
<b>I</b>	Information sur l'objet actuel et sur le mode caméra
<b>R</b>	Diminution de la vitesse de simulation par 10. (jusqu'à 0,10) Voir aussi boîte de dialogue <i>accélération du temps</i> <b>Ctrl F2</b>
<b>T</b>	Accélération de la vitesse de simulation par 10 (jusqu'à 100 000) Voir aussi boîte de dialogue <i>accélération du temps</i> <b>Ctrl F2</b>
<b>X</b>	Zoom arrière : augmente le champ de vision (FOV) Voir aussi boîte de dialogue <i>caméra</i> <b>Ctrl F1</b>
<b>W</b>	Zoom avant : diminue le champ de vision (FOV) Voir aussi boîte de dialogue <i>caméra</i> <b>Ctrl F1</b>
<b>Ctrl C</b>	Démarre / stoppe l'enregistrement d'un vol, ou stoppe la lecture d'un vol enregistré. Voir aussi boîte de dialogue <i>enregistreur de vol</i> <b>Ctrl F5</b>
<b>Ctrl D</b>	Désarrimage d'un vaisseau
<b>Ctrl P</b>	Pause / reprise de la simulation
<b>Ctrl Q</b>	Sortie de la simulation en cours : retour à la <i>fenêtre de lancement</i>
<b>Ctrl S</b>	Sauvegarde rapide du scénario en cours
<b>F1</b>	Vue Externe / Interne du vaisseau utilisé
<b>Ctrl F1</b>	Ouvre une boîte de dialogue <i>caméra</i> pour sélectionner les cibles, les différentes vues, et le champ de vision
<b>F2</b>	Sélection des différents modes de vues externes : relative à la cible, direction absolue, cadre global
<b>Ctrl F2</b>	Ouvre une boîte de dialogue de <i>gestion de la vitesse de simulation</i> . Ceci permet de ralentir / accélérer la simulation, ainsi que la mise en pause.
<b>F3</b>	Ouvre une boîte de dialogue pour sélection des différents vaisseaux disponibles
<b>Ctrl F3</b>	Sélectionne le vaisseau précédemment utilisé. Ceci permet de passer rapidement d'un vaisseau à l'autre
<b>F4</b>	Ouvre la boîte de dialogue <i>Menu principal</i> .
<b>Ctrl F4</b>	Ouvre une boîte de dialogue <i>des fonctions améliorées</i> . Contient une liste des fonctions définies dans le plugin du module, si disponible
<b>Ctrl F5</b>	Ouvre une boîte de dialogue de l' <i>enregistreur / lecture</i> du vol. Contient les options d'enregistrement et de lecture.
<b>Ctrl I</b>	Ouvre une boîte de dialogue <i>Info objet</i> . pour des données spécifiques telles que les fréquences ILS, navaid, etc...
<b>Ctrl ,</b>	Ouvre une boîte de dialogue <i>carte</i> (ports spatiaux, position navaid, etc.)
<b>Ctrl N</b>	Ouvre une boîte de dialogue <i>info navaid</i> contenant une liste de signaux radio de navigation
<b>Ctrl F9</b>	Ouvre une boîte de dialogue <i>option du planétarium</i> . Permet de visualiser les grilles et les repères
<b>F9</b>	Mode planétarium : visualisation des constellations

## 6.2 Contrôle des vaisseaux (Interface clavier)

Ces touches permettent le contrôle manuel de l'engin piloté. Voir aussi contrôle du joystick. A noter que certains engins ne disposent pas forcément de tous les contrôles moteurs.

**Contrôle des moteurs principaux et retro fusées :**

<b>Ctrl +</b> pav num	Augmente progressivement le moteur principal ou diminue les retro fusées
<b>Ctrl -</b> pav num	Diminue progressivement le moteur principal ou augmente les retro fusées

pavé numérique	Stoppe le moteur principal et / ou retro fusées
pavé numérique	Moteur principal à 100% quand la touche est enfoncée
pavé numérique	Moteur retro à 100% quand la touche est enfoncée

#### Contrôle des moteurs de sustentation *hover* (si disponible) :

pavé num	Augmente progressivement le moteur de sustentation
pavé num	Diminue progressivement le moteur de sustentation

#### Contrôle des moteurs de manœuvre ou d'attitude (mode rotation) :

pavé num	Rotation autour de l'axe longitudinal (Roulis)
pavé num	Rotation autour de l'axe transversal (Tangage)
pavé num	Rotation autour de l'axe vertical (Lacet)
pavé num	Arrêt de la rotation

Note : En combinaison avec , les moteurs sont engagés à 10% de la poussée maximum

#### Contrôle des moteurs de position ou d'attitude (mode translation) :

pavé num	Impulsion moteurs de position pour une translation en haut / bas
pavé num	Impulsion moteurs de position pour une translation à gauche / droite
pavé num	Impulsion moteurs de position pour une translation en avant / arrière

Note : En combinaison avec , les moteurs sont engagés à 10% de la poussée maximum.

#### Autres contrôles du vaisseau :







pavé numérique	Passer du mode contrôle moteur <b>rotation</b> à <b>translation</b> , ou inversement.
pavé num	Activation / désactivation du système de contrôle de réaction (RCS). Le RCS (si disponible) sert à régler les petits moteurs de manœuvre.
pavé num	Activation / désactivation du contrôle manuel des surfaces mobiles aérodynamiques (dérive, volets, ailerons) si disponible.
	Active le mode <i>navcom</i> de maintien d'altitude « <i>Hold altitude</i> ». Maintien l'altitude au dessus de la surface au moyen des moteurs de sustentation. Cela échouera si les moteurs de sustentation ne peuvent compenser la gravitation, en particulier en fort angle d'attaque. Combiner ce mode avec le mode «H-level» est assez utile.
	Active le mode <i>navcom</i> «H-level». Ce mode garde le niveau du vaisseau à l'horizontal en engageant les moteurs de manœuvre.
	Active le mode <i>navcom</i> «Turn prograde». Ce mode place le vaisseau dans le sens de son vecteur vitesse (vers l'avant).
	Active le mode <i>navcom</i> «Turn retrograde». Ce mode place le vaisseau dans le sens inverse de son vecteur vitesse (vers l'arrière).
	Active le mode <i>navcom</i> «Turn orbit-normal». Tourne le vaisseau dans le sens de son plan orbital (dans la direction de <i>VR CCx</i> ).
	Active le mode <i>navcom</i> «Turn orbit-antinormal». Tourne le vaisseau dans le sens inverse de son plan orbital (dans la direction de <i>VR CCx-</i> ).
ou  pav curs	Contrôle des compensations. (uniquement sur vaisseau avec surfaces aérodynamiques).
	Frein de gauche (si disponible)
	Frein de droite (si disponible)











## 6.3 Vues caméra externe

Juste un petit rappel :


<b>F1</b>	Vue Externe / Interne du vaisseau utilisé
<b>F2</b>	Sélection des différents modes de vues externes : relative à la cible, direction absolue, cadre global

Et la suite des commandes...

	Eloigne la caméra de l'objet cible. <i>Dé zoom</i>
	Rapproche la caméra de l'objet cible. <i>Zoome</i> .
<b>Ctrl</b> +    	Déplace la caméra autour de l'objet cible















Pour les caméras au sol, **Ctrl** +     déplace la position de l'observateur,  et  changent l'altitude de l'observateur, et     font tourner la vue de l'observateur (à moins que le verrouillage sur l'objet cible soit activé).

## 6.4 Vues internes (cockpit)

Les deux écrans d'affichage multifonction (MFD) situés à gauche et à droite de l'écran sont contrôlés par les touches **Maj** (ou **Shift** ) de gauche et de droite :

- la touche **Maj** de gauche commande le MFD de gauche
- la touche **Maj** de droite commande le MFD de droite.

L'affichage du HUD (repères de position horizontale, verticale, boussole etc.) et les MFD ne sont visibles qu'en vue interne.

<b>F8</b>	Commute le tableau de bord en mode standard <i>générique</i> , en mode 2D, ou en mode cockpit virtuel 3D (si supporté par le vaisseau).
<b>Alt</b>    	Rotation de la vue.
	Retour à la position de vue par défaut.
   	Déplacement du tableau de bord (en vue tableau 2D).
<b>Ctrl</b>    	Commute au tableau de bord voisin, si disponible (vue tableau de bord 2D uniquement).
<b>Ctrl</b> <b>H</b>	Active l'affichage du HUD
<b>H</b>	Choix du mode HUD (surface, orbite, amarrage)
<b>Ctrl</b> <b>R</b>	Sélection de la référence du HUD. Mode HUD orbital: ouverture de la fenêtre de sélection de la référence. Mode HUD arrimage : sélection du récepteur NAV parmi ceux disponibles.
<b>Ctrl</b> <b>Alt</b> <b>R</b>	En mode HUD arrimage (docking) : Sélection de la référence. Peut être utilisé pour une station n'ayant pas de transmetteur XPDR et IDS.
<b>NOUVEAU!</b> <b>Maj</b> 	Active ou éteint le MFD (gauche ou droit selon la touche <b>Maj</b> utilisée)
<b>NOUVEAU!</b> <b>Maj</b> <b>F1</b>	Ouvre un menu pour la sélection du mode des MFD (gauche ou droit...)
<b>NOUVEAU!</b> <b>Maj</b> <b>2</b>	Ouvre ou ferme une page expliquant les fonction spécifiques des cases droites et gauches de sélection du MFD actif.





### REMARQUE :

Pour les contrôles spécifiques des différents écrans d'affichage multifonction (MFD), voir le **chapitre 13**, ou bien le récapitulatif de **l'annexe A** des affectations des touches pour les MFD.

## 6.5 Fenêtres de sélection

Cette fenêtre s'affiche selon les MFD pour rentrer par exemple la référence (ex : earth pour le MFD-Carte) ou la cible (ex : ISS pour le MFD-Orbite). Voir plus bas deux exemples.

La première ligne « *by name* » permet, si on la sélectionne, de rentrer directement en tapant son nom la référence (en anglais ! ) ou la cible. C'est souvent plus simple de cheminer dans les listes, car l'orthographe précise est indispensable...

	Va vers la ligne précédente dans la liste.
	Va vers la ligne suivante dans la liste.
	Affiche une sous liste pour la sélection d'un choix, si disponible.
	Retourne à la liste supérieure depuis une sous liste.
<b>Entrée</b>	Sélection du choix actuel et ferme la liste.
Echap	Liste ignorée et / ou fermeture de la boite de dialogue.



exemple 1 (MFD-Orbit)



exemple 2 (MFD-Orbit)  
sélection "racine"

sous-sélection →





## 7 Interface Joystick

Action	Effet
Actionner le manche à gauche ou à droite	Fait pivoter le vaisseau autour de son axe longitudinal (roulis)
Actionner le manche vers l'avant et vers l'arrière	Fait pivoter le vaisseau autour de son axe transversal (tangage)
Faire pivoter le manche <b>ou</b> l'actionner de gauche à droite avec le bouton n° 2 appuyé	Fait pivoter le vaisseau autour de l'axe vertical (lacet)
Action sur la manette des gaz (accélérateur)	Réglage de la poussée des moteurs principaux. Similaire à <b>Ctrl +</b> Pavé numérique et <b>Ctrl -</b> Pavé numérique du clavier, mais ne commande pas les retro fusées.
Chapeau Chinois	Vue cockpit : fait pivoter la vue dans la cabine Vue externe : fait pivoter la camera autour de l'objet observé
Chapeau Chinois + bouton n° 2 du joystick maintenu appuyé	Vue cockpit : déplacement sur le tableau de bord (si disponible) Vue externe : fait pivoter la vue (uniquement en mode <i>observateur au sol</i> )



## 8 Interface Souris

Les tableaux de bord des vaisseaux peuvent être contrôlés par la souris. La plupart des boutons, interrupteurs, et cadrans sont activés en cliquant avec le bouton gauche de la souris. Certains boutons peuvent utiliser à la fois les boutons gauche et droit de la souris. En mode cockpit-générique, les boutons situés autour des MFD peuvent être commandés par la souris.

En mode caméra externe, la roulette de la souris (si vous en avez une ! ) peut être utilisée pour faire reculer ou avancer la caméra par rapport à l'objet cible. La roulette de souris agit comme les touches  et  du clavier.

La direction de la caméra peut être modifiée en tenant le bouton droit appuyé et en bougeant la souris. Ceci est possible à la fois en mode caméra externe et caméra cockpit.

La souris peut évidemment être utilisée pour sélectionner et manipuler les boîtes de contrôle de dialogues.

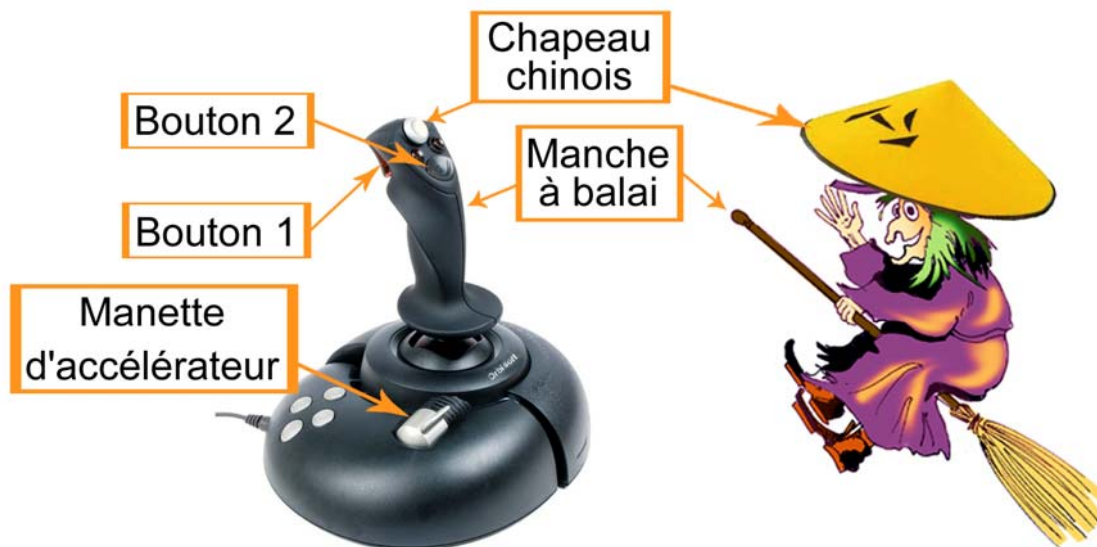


Figure 7.1 : Exemple de Manche à Balai

Figure 7.2: Autre exemple de Manche à Balai

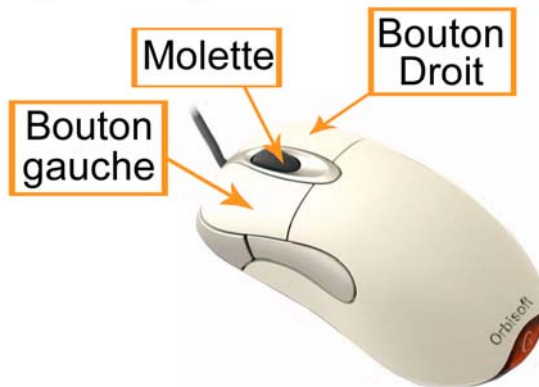


Figure 8.1 : Exemple de Souris

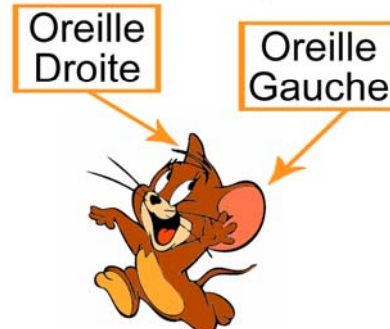


Figure 8.2 : Autre exemple de Souris

## 9 Catégories de Vaisseaux

Sont actuellement disponibles dans la distribution standard d'Orbiter, les vaisseaux, stations orbitales et satellites artificiels suivants :

- Vaisseau Delta-Glider avec ses deux versions
- Navette Shuttle A (ou Shuttle A)
- Navette PB (ou Shuttle PB)
- Dragonfly
- Navette Spatiale Atlantis
- Station Spatiale Internationale (ISS)
- Station Spatiale Mir
- Station Spatiale Roue Lunaire (Lunar Wheel Station)
- Télescope Spatial Hubble
- Satellite LDEF (Long Duration Exposure Facility)

Beaucoup d'autres vaisseaux, stations orbitales, satellites artificiels et autres engins peuvent être ajoutés en téléchargeant des «add-ons». Allez voir sur le site Internet d'Orbiter pour trouver des listes de sites proposant le téléchargement de différents add-ons disponibles.

### 9.1 Le Delta-Glider

Le Delta-glider (DG) est le vaisseau idéal pour le pilote débutant pour aller dans l'espace. La conception de son design futuriste, sa grande puissance et son extrême faible consommation de carburant font qu'il est facile à placer sur orbite, et peut également être utilisé pour des vols interplanétaires. Son design ailé lui fournit la même capacité de contrôle qu'un avion dans la basse atmosphère, et ses moteurs de sustentation disposés sous l'appareil lui confèrent une capacité de décollage et d'atterrissage verticale indépendamment de la nature et de la densité de l'atmosphère ou des pistes d'atterrissage (ou de décollage). 🚀



Le modèle 3D et les textures du DG sont de Roger "Frying Tiger" Long. Les tableaux de bord sont de Martin Schweiger.

Deux versions sont disponibles : Le DG **standard** qui est équipé de moteurs fusée principaux à l'arrière, de rétro fusées à l'avant et de moteurs de sustentation (*hover*) sous le fuselage. La version **Scramjet** (DG-S) est équipée en plus de deux statoréacteurs à combustion supersonique surpuissants, qui peuvent être utilisés pour les vols supersoniques atmosphériques. Les statoréacteurs ont une vitesse opérationnelle de fonctionnement qui va de Mach 3 à Mach 8.

Le DG est équipé d'un tableau de bord-2D avec instruments fonctionnels, ainsi qu'un cockpit «virtuel» 3D, en plus du cockpit standard.

Le DG possède un train d'atterrissage animé, un port d'arrimage situé au niveau du cône du nez, un sas, un radiateur déployable et des contrôles de surfaces aérodynamiques animées. Il supporte maintenant l'effet de fumée par particules.

NOUVEAU!

Les détails sur l'instrumentation, les commandes, les modes caméra, ainsi que les spécifications techniques du DG se trouvent maintenant dans un document à part : « DeltaGlider.pdf ».



→ Voir dans le dossier \* \ Votre\_Orbiter \ Doc \ [DeltaGlider.pdf](#)



## 9.2 Shuttle-A

Voici le tout nouveau Shuttle-A, conçu par Roger "Frying Tiger" Long. C'est un vaisseau de transport de cargaison de taille moyenne, conçu principalement pour un environnement à faible gravité et à faible densité. La conception actuelle permet de parvenir en LEO (orbite basse) depuis la surface de la Terre, mais vous devez prudemment planifier votre montée pour ne pas être à cours de carburant.

Cette dernière version du Shuttle-A comporte un cockpit virtuel, une cargaison de containers détachables, et un train d'atterrissage animé, élaboré par Radu Poenaru.

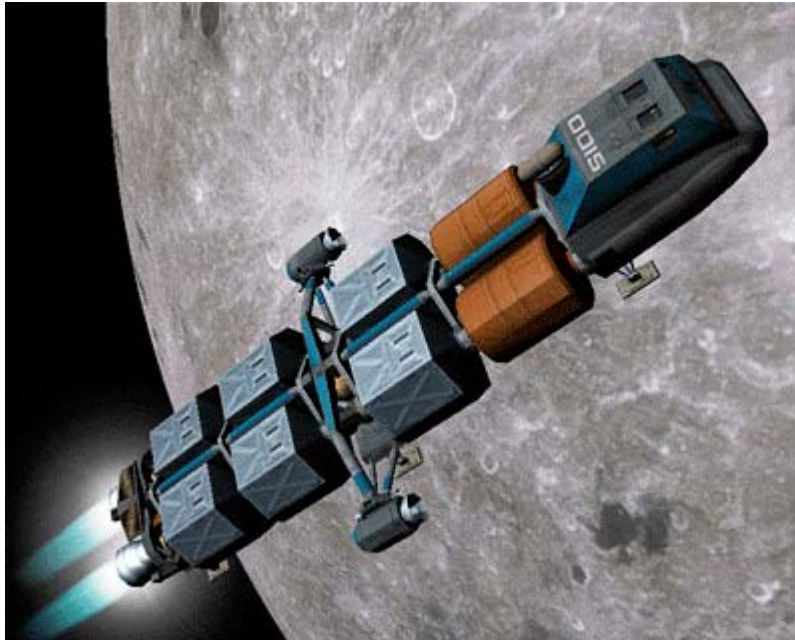
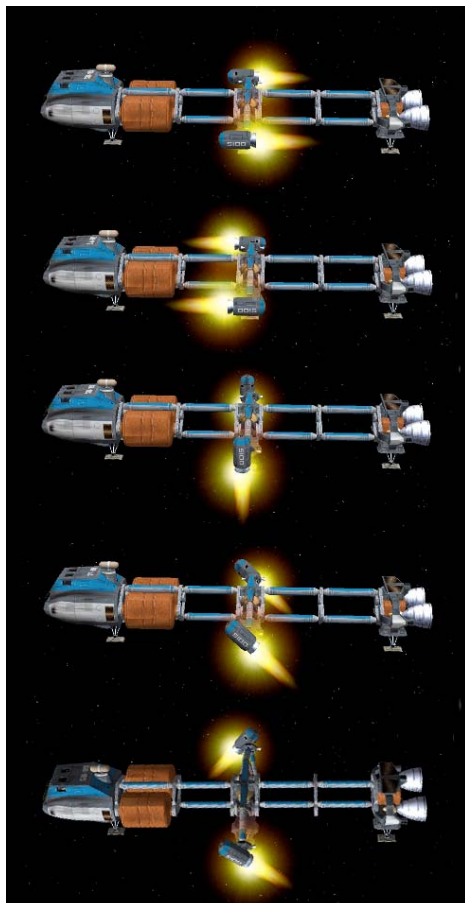


Figure 9.1 : Le Shuttle A en orbite lunaire

*Conception du modèle :  
Roger Long*

*Tableau de bord  
et code module :  
Martin Schweiger*

*Cockpit virtuel,  
équipements de  
gestion des  
chargements :  
Radu Poenaru*



Mode Propulsion

Mode rétro

Mode hover

Mode 45°

Mode Papy's Bar 🍷

En plus de ses deux moteurs principaux et ses deux moteurs de sustentation, ce vaisseau possède deux autres petits moteurs auxiliaires qui peuvent être pivotés sur 180°, leur permettant de devenir des moteurs accessoires pouvant donner une poussée dans toutes les directions. (voir fig. 9.2).

Figure 9.2 : Le Shuttle A en orbite lunaire

### Tableaux de bord principal et supérieur (mode cockpit-2D) :

La touche **F8** permet de passer du tableau de bord standard au 2D, puis au vituel. Le Shuttle-A possède deux panneaux qui peuvent être sélectionnés avec les touches **Ctrl ↑** et **Ctrl ↓**



Figure 9.3 : Tableau de bord supérieur

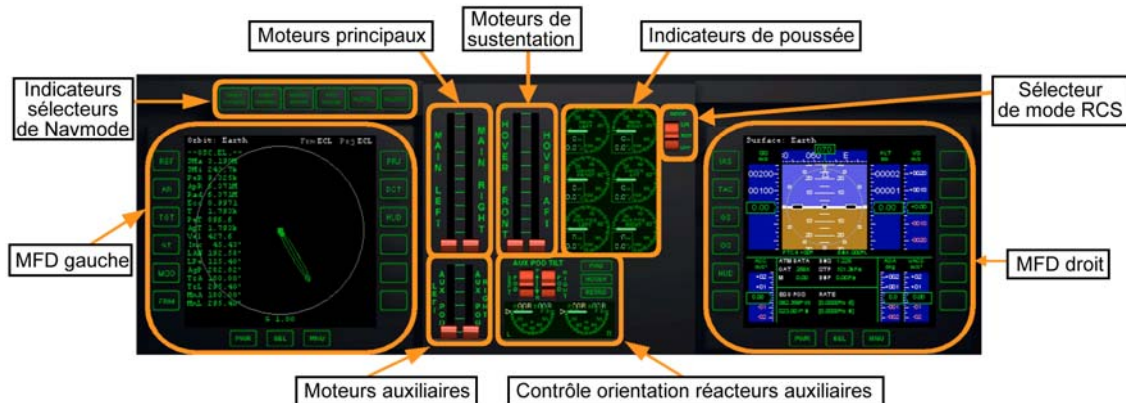


Figure 9.4 : Tableau de bord principal

### Touches de contrôle spécifiques du vaisseau :

<b>K</b>	Ouverture et fermeture du mécanisme du cône d'arrimage
<b>O</b>	Ouverture et fermeture de la porte extérieur du sas
<b>G</b>	Commande du train d'atterrissage

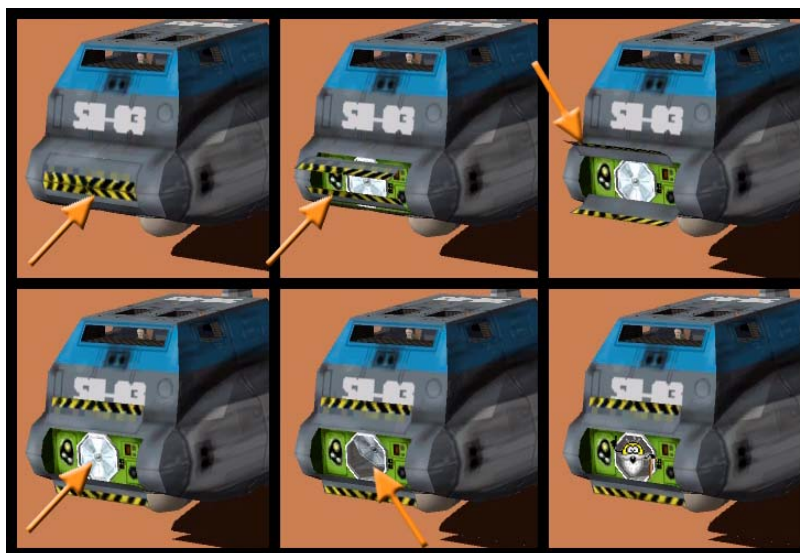


Figure 9.5 : Ouverture des portes du sas



Figure 9.6 : Le train d'atterrissage

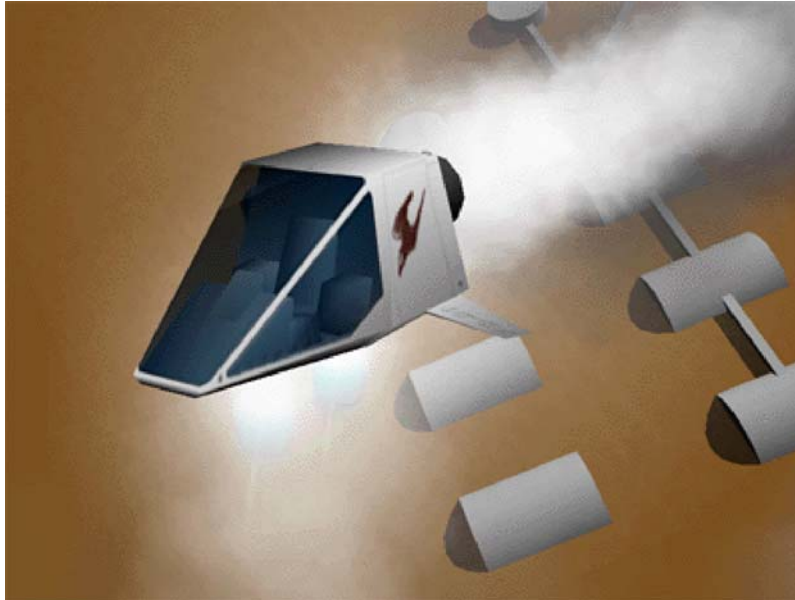
Le Shuttle-A possède des tableaux de bord avec de nombreux instruments. Pour les détails opérationnels et spécifications techniques, voir le manuel technique séparé « Shuttle-A ».



→ Voir dans le dossier \* \ Votre\_Orbiter \ Doc \ [Shuttle-A.pdf](#)

### 9.3 Shuttle PB (PTV)

Le PB est un monoplace très agile. Il produit une petite poussée en vol atmosphérique, et dépend de ses moteurs de sustentation pour décoller et atterrir. Les contrôles de surface atmosphériques (ailerons et dérive) ne sont pas supportés dans cette version. Le contrôle d'altitude se fait via les micro moteurs RCS (System de Contrôle à Réaction).



Conception et textures:  
Balázs Patyi.  
Améliorations du modèle:  
Martin Schweiger

Figure 9.3a

#### Spécifications techniques:

Masse	500 kg	à vide
	750 kg	capacité en carburant
	1 250 kg	poids total
Longueur	7 m	
Puissance	$3,0 \times 10^4$ N	moteur principal
	$2 \times 0,75 \times 10^4$ N	moteur de sustentation
ISP	$5,0 \times 10^4$ m/s	impulsion spécifique dans le vide

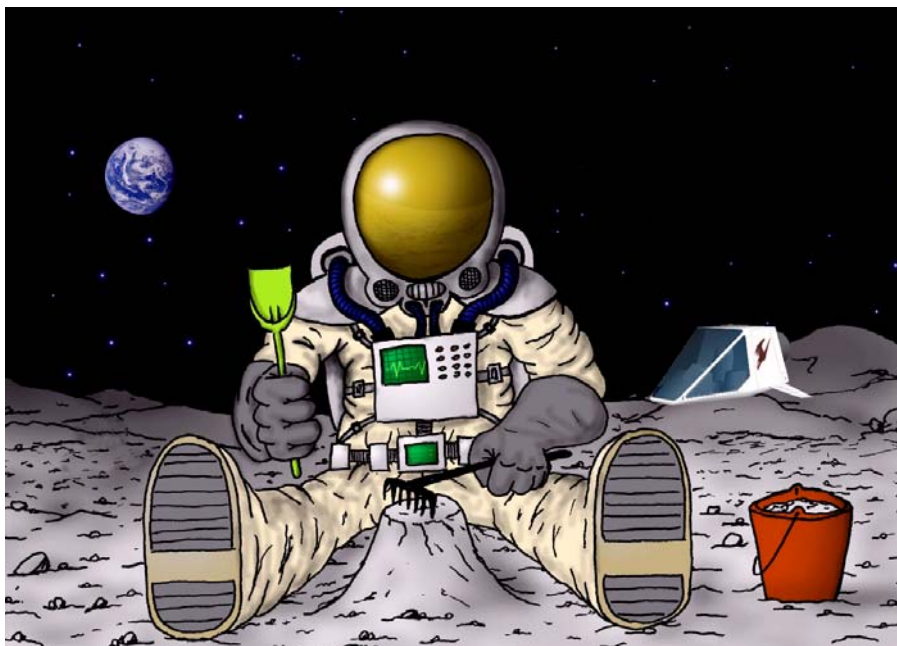


Figure 9.3b :  
Astronaute  
en week-end  
avec son  
Shuttle PB  
sur la lune

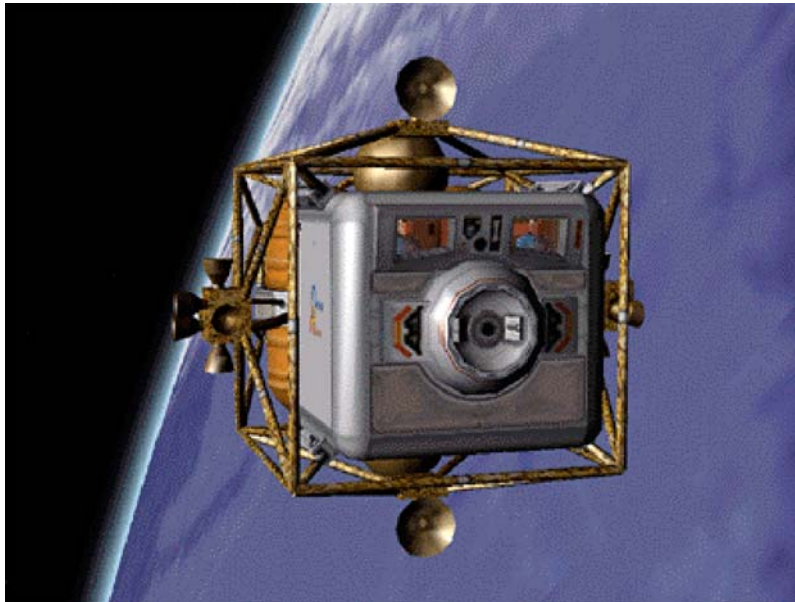


## 9.4 Dragonfly

Le Dragonfly est un remorqueur spatial destiné à déplacer des charges en orbite. Il peut être utilisé pour transporter un satellite depuis la navette spatiale jusqu'à des orbites plus hautes, ou pour aider à l'assemblage de grandes structures orbitales.

Le Dragonfly n'a pas de moteur de propulsion, mais a une grande souplesse de manœuvre grâce à ses petits moteurs RCS (**S**ystème de **C**ontrôle à **R**éaction).

LE DRAGONFLY N'EST PAS CONCU POUR UNE RENTREE ATMOSPHERIQUE OU UN ATERRISSAGE !!!



Conception du Dragonfly :  
Martin Schweiger.

Amélioration du modèle  
Et des textures :  
Roger Long.

Systèmes de simulation  
et tableau de bord :  
Radu Poenaru.

Figure 9.4a : Le Dragonfly

Le Dragonfly est le premier engin à être modélisé avec un système de simulation environnemental et électrique détaillé, grâce à contribution de Radu Poenaru.

### Spécifications techniques :

Masse	$7,00 \times 10^3$ kg	à vide
	$11,00 \times 10^3$ kg	avec le plein à 100% de carburant
Longueur	14,80 m	
Largeur	7,20 m	
Hauteur	5,60 m	
<b>Système de Propulsion</b>		
RCS montés en 3 blocs (gauche, droit, arrière) total 16 micro moteurs		
Taux de poussée	1,0 kN	par micro moteur
ISP	$4,00 \times 10^4$ m/s	dans le vide



Pour les détails opérationnels et spécifications techniques, voir le manuel séparé « Dragonfly ».

→ Voir dans le dossier \* \ Votre\_Orbiter \ Doc \ [Dragonfly.pdf](#)





NOUVEAU!



Figure 9.5b : Le cockpit virtuel vu depuis le siège du commandant de bord.

### Arrimage :



- La navette possède un module d'arrimage se trouvant dans la soute.
- Ouvrez les portes de la soute avant un arrimage.
- La direction de l'arrimage se trouve pour Orbiter dans la **direction +y** (vers le haut). Le MFD-arrimage (*MFD-docking*) doit donc être interprété et utilisé correctement.

### Manipulation du bras RMS et accrochage:

- La navette transporte un bras manipulateur mécanique dans sa soute qui peut être utilisé relâcher et capturer des satellites, contrôler un MMU, etc.
- Le bras peut être utilisé en orbite une fois que les portes de la soute sont complètement ouvertes.
- Pour afficher la boîte de dialogue de contrôle, presser **Ctrl+**  (barre espace). Une première fenêtre de choix apparaît (voir figure 9.5c) : cliquez sur **RMS Operation**. (La fenêtre **Payload Door Opération** est décrite dans le document séparé [Atlantis.pdf](#) concernant la navette ).

NOUVEAU!

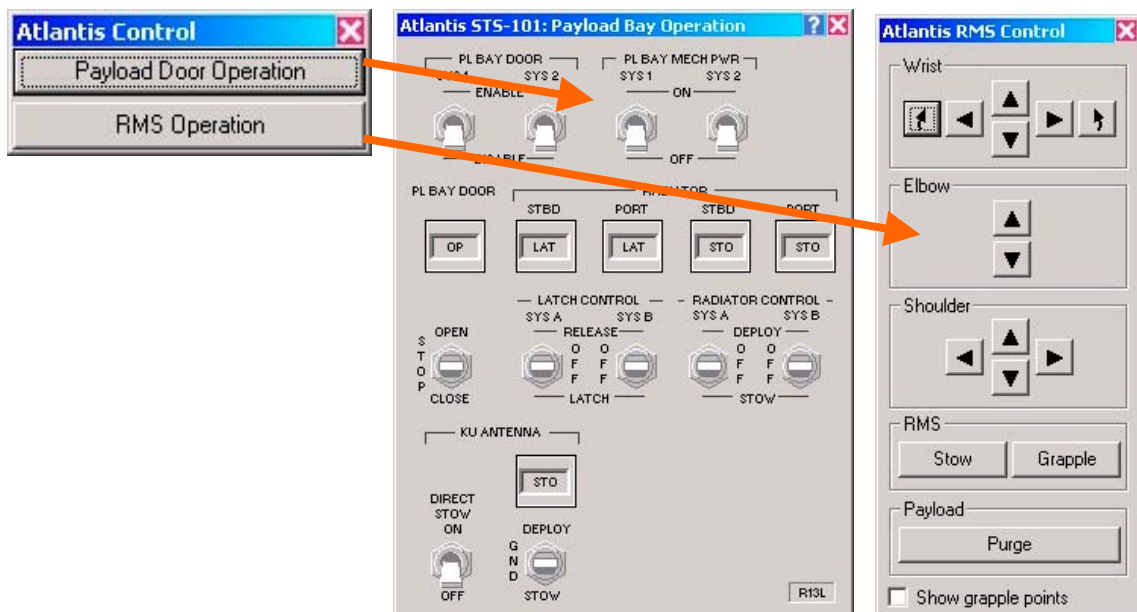


Figure 9.5c : Les fenêtres de commandes de la Soute et du Bras articulé RMS.

- Le bras possède trois parties :
  - le segment **épaule** qui peut pivoter de droite à gauche, et de haut en bas. (et inversement)
  - le segment **coude** qui ne peut pivoter que de haut en bas. (et inversement)
  - le segment **poignet** qui peut pivoter de droite à gauche, de haut en bas (et inversement) et tourner selon son axe longitudinal.

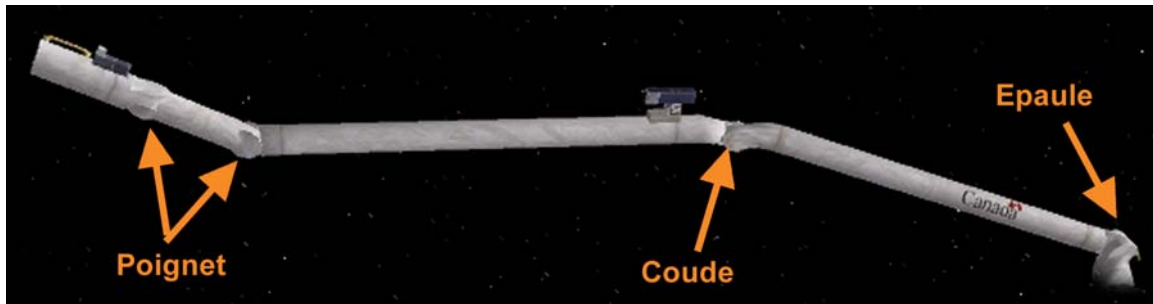


Figure 9.5d : Le bras manipulateur mécanique articulé RMS.

- Pour agripper un satellite stocké dans la soute, vous devez amener l'extrémité du RMS au niveau d'un *point d'accrochage* et presser sur **Grapple**. Si l'accrochage est réussi, le bouton est renommé **Release**.
- Pour faciliter la vision des points d'accrochage des satellites, vous pouvez cocher la case **Show grapple points**. Tous les points d'accrochage seront signalés par des flèches clignotantes.
- Pour relâcher le satellite, appuyer sur **Release**.
- Vous pouvez aussi agripper librement un satellite dérivant si vous amenez l'extrémité du bras RMS à son point d'accrochage.
- Pour ramener un satellite vers la Terre, il doit être stocké dans la soute. Utilisez le bras RMS pour amener le satellite dans une position correcte dans la soute. Quand le bouton de la boîte de contrôle du RMS passe sur **Arrest**, le satellite peut être fixé dans la soute en cliquant dessus. Il sera automatiquement détaché du bras.
- Le bras RMS peut être stocké dans sa position de transport en pressant le bouton **Stow**. Ceci n'est possible que si le bras n'a plus de charge agrippée à son extrémité.
- La charge peut être libérée directement dans l'espace depuis la soute en cliquant sur le bouton **Purge**.

#### Touches de contrôles spécifiques à la Navette Atlantis:

<b>J</b>	Largage : séparation des SRBs ou du réservoir principal
<b>K</b>	Actionne les portes de la soute. A noter que les portes de la soute ne peuvent se fermer quand l'antenne à <i>bande Ku</i> (voir *) est déployée.
<b>G</b>	Actionne le train d'atterrissage Il n'est activé uniquement que après le largage du réservoir
<b>Ctrl B</b>	Active les aérofreins.
<b>Ctrl U</b>	Actionne l'antenne à bande Ku. L'antenne ne peut être actionnée que lorsque les portes de la soute sont complètement ouvertes.
<b>Ctrl espace</b>	Ouvre la fenêtre de contrôle du bras RMS.



Contrairement à la conception d'engins spatiaux futuristes, Atlantis n'a qu'une faible marge de manœuvre pour atteindre une orbite. Essayez plutôt d'autres engins avant de tenter le lancement de la Navette Spatiale. L'option **Fuel limited** (carburant limité) du **LaunchPad** doit être sélectionnée, sinon Atlantis sera trop lourde pour être placée sur orbite!

#### \* Note du traducteur

La bande Ku vient du terme "Kurtz-under" : en d'autres termes, c'est la bande de fréquences venant directement au-dessous de la bande courte. La bande Ku (prononcez «ka-you») est une portion du spectre électromagnétique dans une gamme de fréquences micro-ondes allant à peu près de 10 à 18 GHz.

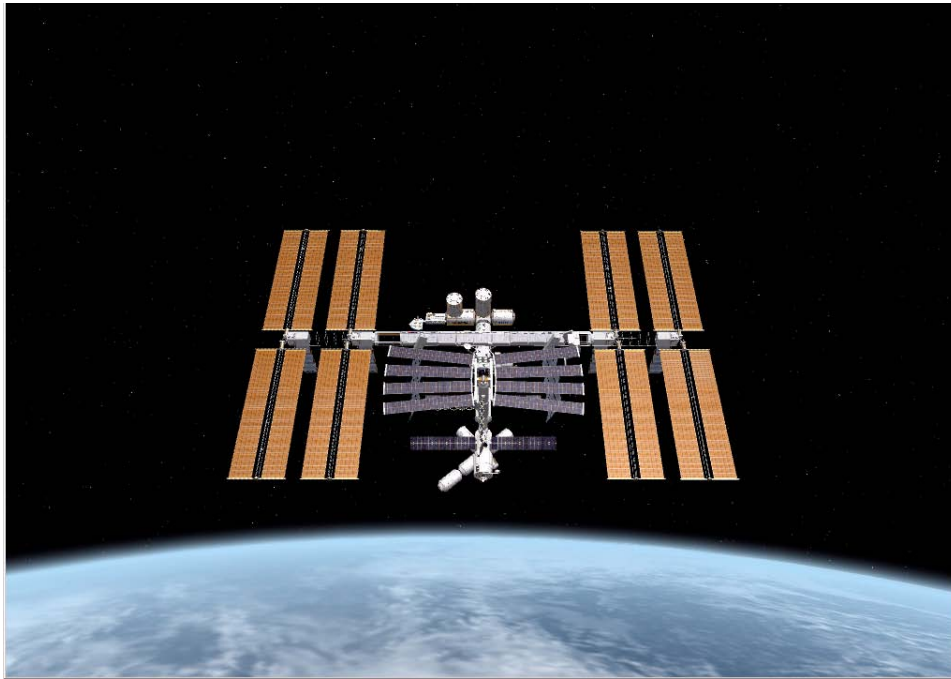
Cette bande Ku est utilisée principalement pour les communications par satellite, notamment par la NASA pour le suivi par satellite de relais de données utilisées pour les navettes spatiales, pour les communications et pour l'ISS. La bande Ku est également utilisée pour les retours par satellites de télévision et de radiodiffusion. Cette bande est divisée en plusieurs segments, qui varient selon la région géographique de l'Union internationale des télécommunications (UIT).

Par exemple, la fréquence qui se situe entre 10,9 GHz et 17 GHz est utilisée pour les systèmes de communications par satellite, y compris les DBS. Dans les applications radar, elle va de 12,0 GHz à 18,0 GHz.



## 9.6 La Station Spatiale Internationale (ISS)

La station spatiale internationale est une plate-forme orbitale scientifique multinationale actuellement en construction (bien que son avenir soit quelque peu douteux après le drame de Columbia). Orbiter intègre ISS dans son état final complet. L'ISS est une bonne cible pour des missions d'arrimage de navettes ou de tout autres engins.



Modèle 3D  
et textures  
Par  
Andrew Farnaby

Figure 9.6.a : L'ISS dans sa version finale...

Dans Orbiter, l'ISS peut être repérée et suivie grâce au signal de son transpondeur (XPDR), qui, par défaut, est réglé à la fréquence de 131.30.

L'ISS possède cinq ports d'arrimage. Dans Orbiter, tous sont équipés chacun d'un transmetteur IDS (instrument de système d'arrimage). Les fréquences IDS par défaut sont:

Port 1 137.40  
Port 2 137.30  
Port 3 137.20  
Port 4 137.10  
Port 5 137.00

Pour les procédures d'arrimage (docking), voir chapitre 16.7.

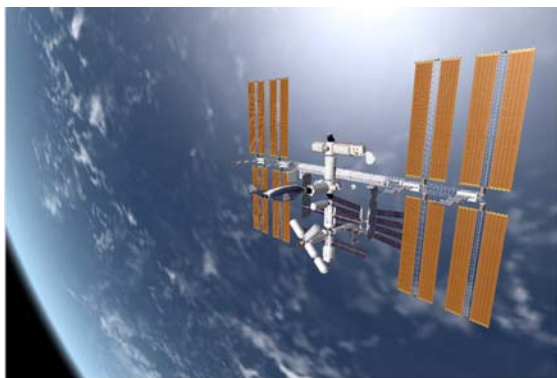


Figure 9.6.b : Le DG-S arrimé à l'ISS



Figure 9.6.c : La Navette Atlantis arrimée à l'ISS



## 9.7 Station spatiale MIR

Dans Orbiter, la station russe MIR est toujours en orbite autour de la Terre et peut être utilisée pour une approche d'arrimage. En outre, contrairement à la réalité, la station Mir d'Orbiter est sur une orbite se trouvant dans le plan de l'écliptique, ce qui en fait une plate-forme idéale pour lancer des missions lunaires et interplanétaires.



*Modèle MIR  
et textures par  
Jason Benson*

*Figure 9.7a : Le DG arrimé à la station MIR*

MIR envoie un signal transpondeur (XPDR) réglé par défaut à la fréquence de 132.10 qui peut être utilisé pour repérer et suivre la station au cours d'une manœuvre de rendez-vous.

MIR possède trois ports d'arrimage, avec les fréquences du transmetteur IDS suivantes:

Port 1	135.00
Port 2	135.10
Port 3	135.20



*Figure 9.7b : La station MIR dans toute sa splendeur...*

## 9.8 Station Spatiale « Roue Lunaire »

Il s'agit d'une grande station spatiale fictive tournant autour de la lune. Elle est composée d'une roue, attachée à un hub central par deux rayons. La roue a un diamètre de 500 mètres et tourne à la fréquence d'une rotation toutes les 36 secondes, offrant ainsi à ses occupants une force centrifuge de  $7.6 \text{ m/s}^2$ , soit environ 0,8 G, pour recréer et s'approcher au plus près de la gravité terrestre.

Le problème principal que pose cette station au pilote d'un vaisseau est la réalisation d'une manœuvre d'arrimage. L'arrimage à un objet en rotation n'est possible que sur son seul axe de rotation. La roue a deux ports d'arrimage situés au niveau du hub central. L'approche de l'arrimage se fait sur l'axe de rotation. Avant l'arrimage, le vaisseau en approche doit synchroniser sa propre rotation longitudinale avec celle de la station. Pour les procédures d'arrimage, voir le chapitre 16.7.

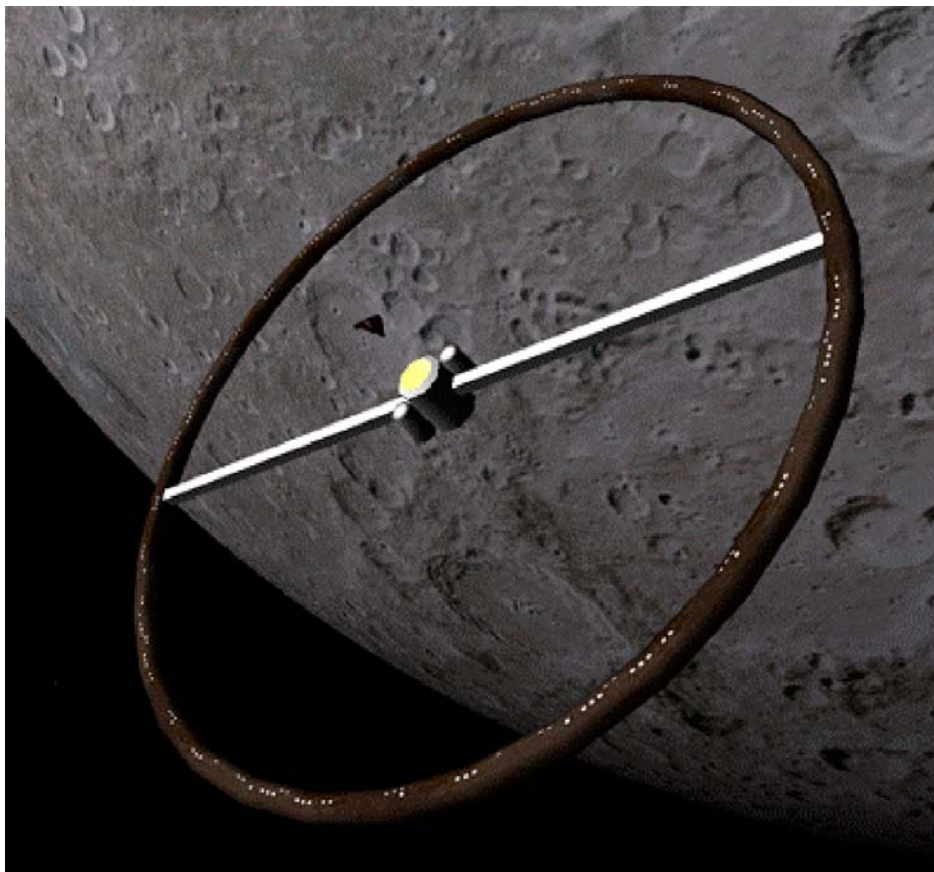


Actuellement, les instruments d'amarrage (MFD-docking) d'Orbiter ne fonctionnent sur des cibles d'amarrage en rotation que si le port d'amarrage du navire est aligné avec l'axe longitudinal de la rotation de la Station. C'est possible avec le Shuttle-A, le Dragonfly et le Delta-glider, mais pas avec la Navette Spatiale Atlantis.

Cette Station Orbitale envoie un signal transpondeur réglé à la fréquence de 132.70.  
Les fréquences des transmetteurs IDS par défaut pour les deux ports d'arrimage sont :

Port 1 : 136.00

Port 2 : 136.20



Modèle 3D  
Et textures:  
Martin Schweiger

Figure 9.8a : La station en forme de roue

## 9.9 Télescope Spatial Hubble

Le Télescope Spatial Hubble (HST) est l'élément du Grand Programme d'Observation Astronomique dans le visible, l'ultraviolet et le proche infrarouge. L'engin fournit une meilleure résolution et magnitude qu'un télescope au sol.

Les objectifs du HST sont les suivants:

- (1) Etudier la composition, les caractéristiques physiques, et la dynamique des corps célestes.
- (2) Examiner la formation, la structure, et l'évolution des étoiles et des galaxies.
- (3) Etudier l'histoire et l'évolution de l'univers.
- (4) Fournir une plate-forme d'observation astronomique optique basée dans l'espace à long terme.

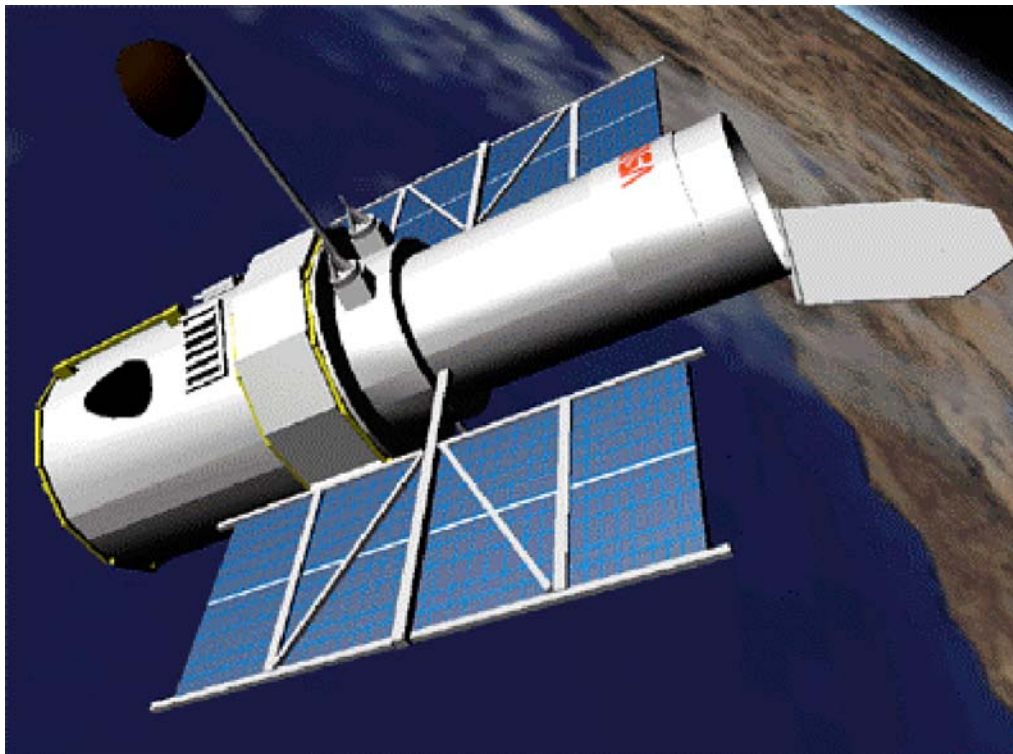
Durant la phase de contrôle en orbite des systèmes d'Hubble, un défaut de myopie du miroir principal du télescope fut détecté. Ce défaut est la conséquence d'un ajustement incorrect d'un appareil de test lors de sa fabrication. Heureusement, cependant, Hubble fut conçu pour lui permettre d'avoir des missions de maintenance effectuées par la Navette Spatiale.

La première mission de maintenance, STS-61 en Décembre 1993, a totalement corrigé le problème en installant un bloc de lentilles correctives et des instruments modernisés. (Ainsi que le remplacement d'autres composants du satellite). Une seconde mission de maintenance, en Mars 1997, a installé deux nouveaux instruments dans l'observatoire Spatial.

Orbiter fournit plusieurs mission de Navette spatiale à la fois pour des missions de déploiement et des opérations de récupération de ce satellite. Pour la manipulation du chargement de la Navette, voir le chapitre 9.5.

**Touches de contrôle spécifiques au HST:**

<b>Ctrl 1</b>	Déploie ou rétracte l'antenne à gain élevé
<b>Ctrl 2</b>	Ouvre ou ferme l'écouille du télescope
<b>Ctrl 3</b>	Déploie ou replie les panneaux solaires



Modèle HST  
et textures  
par David  
Sundstrom

Figure 9.9 : Télescope Hubble



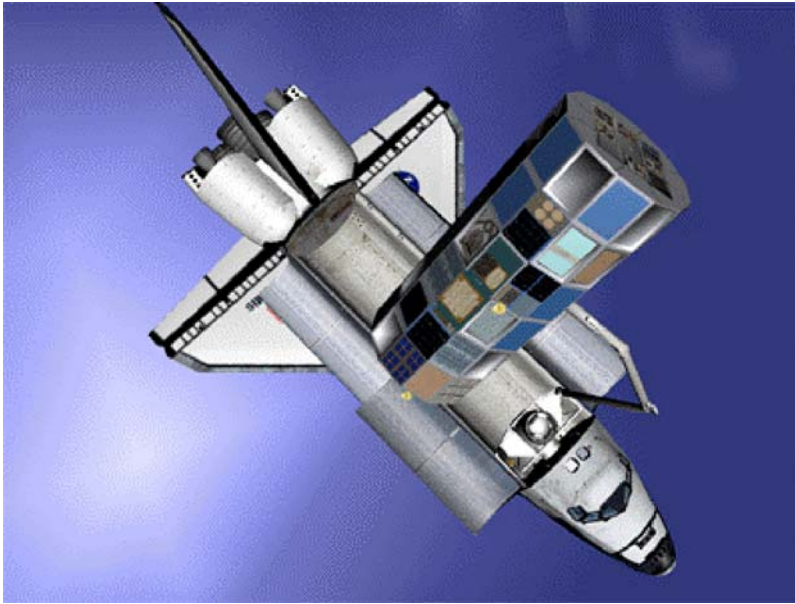
## 9.10 Satellite LDEF

LDEF = Long Duration Exposure Facility (en anglais)

Equipement d'Exposition de Longue Durée (en français)

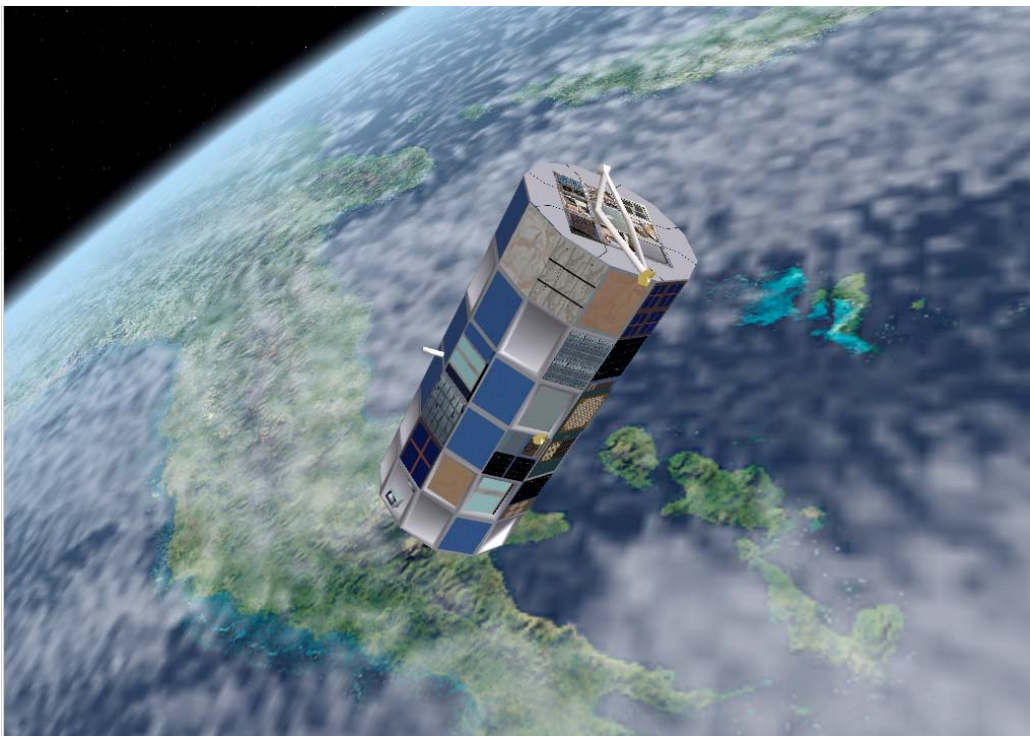
Déployé en orbite le 7 Avril 1984 par la navette Challenger et normalement prévu pour être récupéré après une année, le satellite resta finalement six ans en orbite à cause de l'accident de Challenger. L'équipage de la mission STS-32 a finalement récupéré le LDEF sur une orbite très basse et dégradée le 11 Janvier 1990, deux mois avant sa désintégration totale dans l'atmosphère.

Le LDEF constitue un bon matériel d'entraînement aux missions de déploiement et de récupération de satellites dans Orbiter.



*Meshe du LDEF  
Par  
Don Gallagher.*

*Figure 9.10a : Le satellite LDEF tenu par le bras de la navette*



*Figure 9.10b : Le satellite LDEF en orbite*



## 10 Informations sur les objets

Utilisez la fenêtre *d'information des objets* pour obtenir les données et les paramètres actuels de :

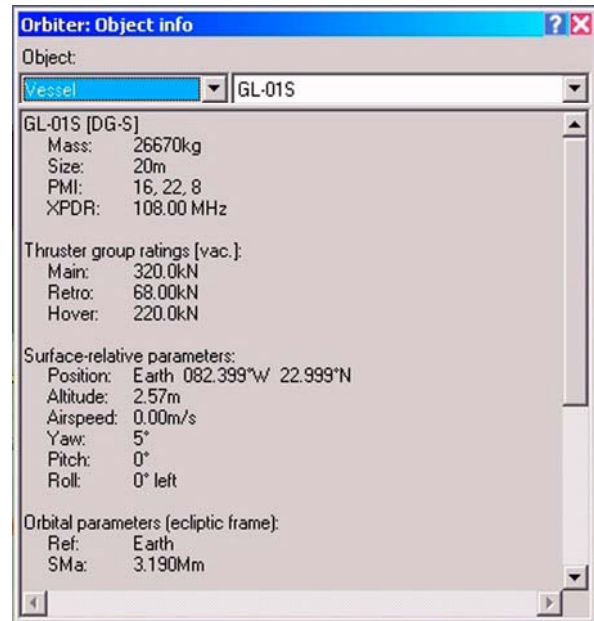
- L'objet cible en cours (Sélectionnez *objet* → *camera*)
- Le ou les vaisseaux
- Les bases de lancement spatiaux
- Les objets célestes (soleil, planètes, satellites)

la fenêtre d'information des objets peut être ouverte pendant la simulation en sélectionnant *object info* à partir du menu principal (touche **F4**), ou en appuyant sur les touches **Ctrl+I**.

### 10.1 Informations sur les vaisseaux

Sélectionnez *objet* → *vessel*, et choisissez un des vaisseaux spatiaux de la simulation en cours dans la liste. La fenêtre d'information des vaisseaux et stations spatiales contient :

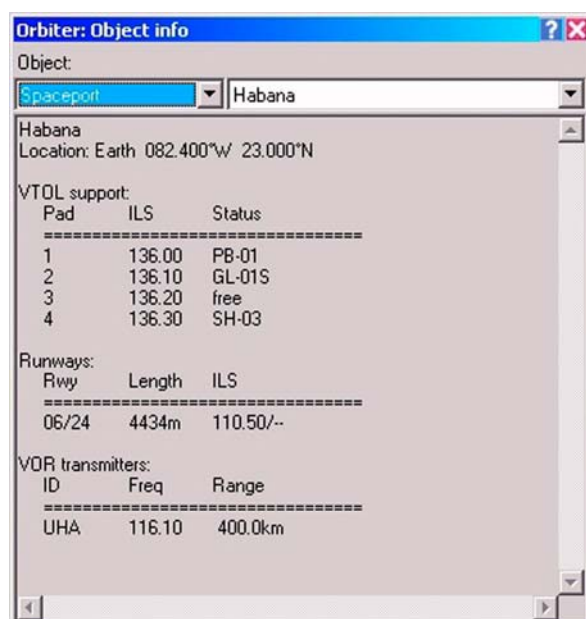
- masse actuelle
- taille
- moment d'inertie principal (PMI)
- fréquence transpondeur
- position équatoriale (longitude et latitude) par rapport à la planète autour de laquelle on est en orbite
- altitude
- vitesse par rapport au sol
- position par rapport à l'horizon (angles de roulis, tangage, lacet)
- éléments orbitaux dans le plan écliptique de référence, relative à la planète autour de laquelle on est en orbite (demi grand axe, excentricité, inclination, longitude du nœud montant, longitude du périastre, longitude de la position actuelle)
- statut du port d'arrimage, si applicable (vaisseau arrimé ou libre, fréquence du transmetteur de l'instrument du système d'arrimage [IDS])
- statut en cours (en vol, posé, en mouvement...)



### 10.2 Informations sur les ports spatiaux

Sélectionnez *objet* → *spaceport*, et choisissez une des bases de surface disponibles dans la liste. La fenêtre d'information d'un centre de lancement contient :

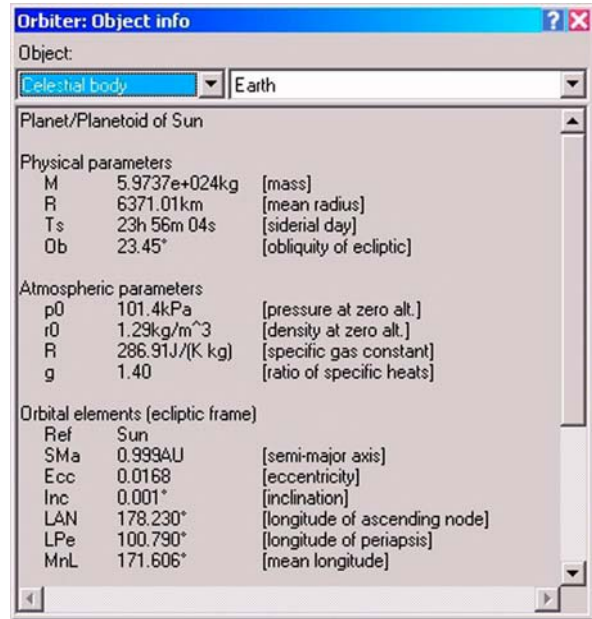
- planète, satellite, et position équatoriale
- statut du site d'atterrissage ( libre, occupé par un vaisseau, et fréquence des l'émetteur du signal d'approche de piste [ILS])
- Information sur la ou les pistes (orientation, longueur, et fréquence de l'émetteur ILS)
- fréquences pour tout émetteur VOR (Very high frequency Omnidirectional Radio) associé avec le centre spatial.



## 10.3 Informations sur les corps célestes

Sélectionnez *objet* → *celestial body*, et choisissez un des astres de la liste. La fenêtre d'information des corps céleste (tels que le soleil, les planètes et satellites) contient :

- Paramètres physiques :
  - masse (M)
  - rayon moyen (R)
  - longueur du jour sidéral (Ts)
  - obliquité de l'écliptique (Ob)  
(*inclinaison de l'axe de rotation par rapport au plan de l'écliptique*)
- Paramètres atmosphériques (si applicable) :
  - pression atmosphérique au sol (p0)
  - densité atmosphérique au sol (r0)
  - constante spécifique du gaz (R)
  - taux de chaleur spécifique  $c_p/c_v$  (g)
- éléments orbitaux dans le plan écliptique de référence, relatifs au corps céleste en cours (demi grand axe, excentricité, inclinaison, longitude du nœud montant, longitude du périastre, longitude de la position actuelle)
- position écliptique actuelle en coordonnées polaires (longitude, latitude et rayon) relative au corps céleste actuel.
- Position céleste géocentrique (ascension droite et déclinaison)



## 11 Les différents modes caméra

Orbiter contient une grande variété d'objets, incluant les planètes, les satellites, des vaisseaux spatiaux, et des sites de lancement (ou bases spatiales). Vous pouvez observer tous ces éléments en choisissant et en ajustant le *mode caméra*. Pour ouvrir la boîte de dialogue des différents modes de caméra, appuyez sur **Ctrl F1**. Vous pouvez maintenant :

- Choisir un nouvel objet cible pour la caméra en cours.
- Passer en vue externe ou interne (cockpit) de l'objet en cours. ( Touche **F1** ).
- Sélectionner le mode de vue externe ou le mode caméra au sol. ( Touche **F2** ).
- Changer la largeur du champ de vision de la caméra (FOV). ( Touche **W** et **X** ).
- Sauver ou charger un mode caméra via une liste de présélection.



Figure 11a: fenêtre de dialogue Caméra – liste de sélections des cibles.

### 11.1 Vue interne

En vue interne (cockpit), vous êtes placé à l'intérieur du cockpit de votre vaisseau spatial et regardez vers l'avant de l'appareil. Le tableau de bord (panneau), le viseur tête haute (HUD) et les écrans multifonctions (MFD) ne sont visibles qu'en vue interne. Pour revenir au cockpit depuis n'importe quelle vue externe, pressez **F1**, ou sélectionnez *Focus Cockpit* depuis la fenêtre de dialogue *caméra*.

Certains types de vaisseaux supportent des tableaux de bord 2D mobiles (scroll) et parfois un cockpit virtuel 3D, en plus de la vue générique. Pressez **F8** Pour passer d'un mode de cockpit disponible à un autre.

Vous pouvez faire pivoter la vue en appuyant sur la touche **Alt** en combinaison avec une des touches **↑** **↓** **→** **←** du clavier curseur. Pour revenir à la direction par défaut, pressez **Début** situé au dessus de la touche **Fin**.



Les panneaux 2D peuvent être déplacés avec **↑** **↓** **→** **←**. Ceci est utile si le panneau est plus grand que la fenêtre de Windows, ou pour faire défiler le panneau hors de votre écran.



Si le vaisseau supporte les panneaux multiples, vous pouvez basculer de l'un à l'autre par la combinaison de touches **Ctrl** et **↑** **↓** **→** **←**.



Pour de plus amples détails sur le HUD et les modes MFD, voir les chapitres 12 et 13.







## 11.2 Vues externes

Les vues externes permettent de voir tous les objets actuellement présent dans la simulation du système solaire : le Soleil, les planètes, les satellites, ainsi que les vaisseaux spatiaux, les stations orbitales et les bases spatiales. Depuis la vue cockpit, une vue externe du vaisseau actuel peut être sélectionnée en pressant la touche **F1**. D'autres objets peuvent être sélectionnés à partir de la liste des objets cibles dans la boîte de dialogue *Camera* par **Ctrl F1**.

**Deux types de modes caméra externe sont disponibles :**

- 1) **Track view** (*vue de poursuite*) suit l'objet. La caméra peut être pivotée autour de l'objet cible en pressant les touches **Ctrl** ↑ ↓ → ←. Les touches  et  éloignent ou rapprochent la caméra de sa cible. Différents modes de poursuite camera pour les vues externes peuvent être sélectionnés par **F2** ou via l'onglet *Track* dans la boîte de dialogue *Camera* :
  - **Target-relative** (*relatif à la cible*) : La caméra est fixée dans le plan de rotation local de la cible. Par exemple, en regardant une planète dans ce mode, la caméra pivotera avec la planète autour de l'axe de cette planète. **Ctrl** ↑ ↓ → ← vont faire pivoter la caméra autour des axes locaux de la cible.
  - **Global frame** (*plan global*) : La caméra est fixée dans un plan de référence non pivotant. Regarder une planète dans ce mode vous montrera la planète tournant en dessous de la caméra. **Ctrl** ↑ ↓ → ← fera pivoter la caméra autour de l'axe du plan de l'écliptique de référence.
  - **Absolute direction** (*direction absolue*) : Ceci peut être vu comme une mixture des deux modes précédents: La direction dans laquelle pointe la caméra est fixe dans un plan absolu, mais est inclinée par rapport au plan local de la cible. **Ctrl** ↑ ↓ → ← fera pivoter la caméra autour des axes locaux de la cible.
  - **Target to...** (*cible vers...*) : Positions de la caméra telles que l'objet spécifié se trouvera derrière la cible.
  - **Target from...** (*cible depuis...*) : Positions de la caméra telles que l'objet spécifié se trouvera derrière la caméra.

En vues *Target to* et *Target from*, la rotation de la camera ( **Ctrl** ↑ ↓ → ← ) est désactivée, mais le mouvement radial d'éloignement ou de rapprochement de la camera avec  et  sera toujours disponible.

- 2) **Ground-based views** (*vues depuis le sol*) place la camera à un point fixe sur la surface de la planète. C'est un bon moyen de suivre le lancement d'une fusée exactement comme un spectateur, ou bien un atterrissage d'une Navette Spatiale depuis la tour de contrôle. Pour choisir une vue basée au sol, sélectionnez l'onglet *Ground* (sol) de la boîte de dialogue *Camera*. Vous pouvez maintenant sélectionner une des positions prédéfinies d'observation dans la liste, par exemple "Earth" + "KSC" + "Pad 39 Tower". (voir fig. 11c). D'une autre manière, vous pouvez simplement spécifier la planète et entrer la position manuellement, en fournissant la longitude (en degrés, positifs vers l'est), la latitude (en degrés, positifs vers le nord), et l'altitude (en mètres), par exemple "Earth" + "-80.62 +28.62 15". Cliquez sur *Apply* pour aller vers ce point précis. Vous pouvez aussi utiliser directement la position de la caméra actuelle en mode *observateur au sol*, en cliquant "Current". La longitude, la latitude et l'altitude sont alors entrées automatiquement. Vous pouvez déplacer la localisation du point d'observation par **Ctrl** ↑ ↓ → ←, et l'altitude par  et . La vitesse à laquelle l'observateur se déplace peut être ajustée avec la barre *Panning speed* de la boîte de dialogue, avec des valeurs allant de 0,1 à 10<sup>4</sup> m/s. Il y a deux façons de sélectionner l'orientation de la caméra : Si la case *Target lock* (cible verrouillée) de la boîte de dialogue est cochée, la caméra est toujours automatiquement dirigée vers la cible sélectionnée. Si elle n'est pas cochée, la direction de la caméra peut être modifiée manuellement par    .

Voir aussi le chapitre 22.3 pour voir comment rajouter de nouveaux sites d'observation dans un fichier de configuration d'une planète.





Figure 11b: Sélection du mode de poursuite caméra.



Figure 11c: Sélection d'une vue basée au sol.

En vue externe, il est possible d'afficher les paramètres de la cible en appuyant sur la touche **I**.

### 11.3 Sélection du champ de vision (FOV)

**Note du traducteur :** **FOV** = **Field Of View** (= *Champ De Vision*)

L'angle d'ouverture de la caméra peut être ajusté dans l'onglet *FOV* de la fenêtre de dialogue *camera*. Les valeurs possibles vont de 10° à 90° (Orbiter définit le champ de vision comme étant l'ouverture verticale entre les bords haut et bas de la fenêtre de l'écran de votre ordinateur). L'ouverture la plus naturelle dépend de la résolution et de la dimension de votre écran, ainsi que de la distance de vos yeux par rapport à l'écran. Les valeurs «normales» vont de 40° à 60°, le champ de vision d'un œil humain étant de 49°.

Vous pouvez ajuster le champ de vision dans la boîte de dialogue *Camera* en cliquant sur un des boutons d'ouverture (de 30 à 70°), ou en cliquant sur la barre et en la faisant glisser vers la droite ou vers la gauche, ou encore en entrant directement une valeur numérique (en degrés) dans la boîte d'édition.

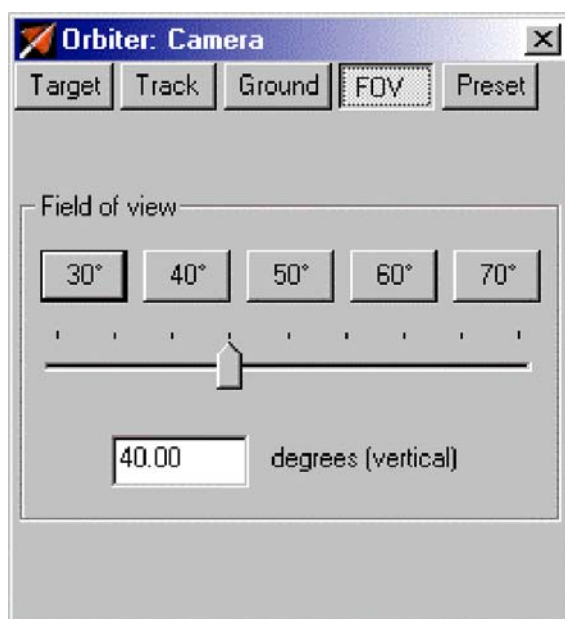


Figure 11d: Sélection du champ de vision de la caméra.



Figure 11e : affichage de la valeur du champ de vision

Les touches de raccourcis sont **W** pour diminuer le *FOV*, et **X** pour l'augmenter. La valeur du champ de vision courant est indiquée dans l'affichage du *Statut*, qui se situe au niveau de l'angle supérieur droit de la fenêtre de simulation. (voir fig. 11e).

## 11.4 Sauvegarder et charger les modes caméra

Orbiter fournit un moyen facile pour sauvegarder et charger des modes caméra dans une liste de présélections. Cliquez sur l'onglet *Preset* de la boîte de dialogue *Caméra*. Tous les modes disponibles y sont listés.

- **Pour charger** un mode, double-cliquez sur une des lignes de la liste, ou sélectionnez-la, et cliquez sur *Recall* (*recharger*).
- **Pour sauvegarder** le mode caméra en cours comme un nouveau préréglage dans la liste, cliquez simplement sur *Add* (*Ajouter*). Cela produira une nouvelle rubrique avec une courte description.
- **Pour supprimer** un mode, cliquez sur *Delete* (*supprimer*).
- **Pour effacer** la liste complète, cliquez sur *Clear* (*effacer*).



Figure 11f : La liste de présélections du mode caméra.

Chaque entrée rappelle le mode de la caméra, sa position, la cible et le champ de vision. La liste de présélection est un excellent moyen de préparer un ensemble de réglages d'angles de caméra (par exemple pour suivre un lancement) pour pouvoir les activer rapidement sans avoir à ajuster la position de la caméra manuellement. La liste de présélection est sauveée en même temps que l'état en cours de la simulation, et peut donc être intégré à un scénario.

## 12 La vue cockpit générique et ses Affichages

Le mode poste de pilotage (ou cockpit) générique affiche les informations du vol dans un format standard, et est disponible pour tous les vaisseaux. Certains types de vaisseaux peuvent en outre fournir des instruments adaptés à la forme 2D des panels ou des cockpits virtuels 3D. Dans ce cas, la touche **F8** permet de basculer entre tous ces modes disponibles.

Ce mode de vue générique représente un mode de visualisation "tête haute" (**HUD**) (*Head-Up Display*), qui affiche diverses données directement lisibles quand le pilote regarde vers l'avant.



Précision du traducteur : *HUD* ou *Affichage tête haute*.

L'affichage tête haute consiste à superposer des informations nécessaires au pilotage, à la navigation ou à la réalisation de la mission. Il permet au pilote de surveiller son environnement en même temps que des informations fournies par ses instruments de bord. La terminologie française utilise le terme *viseur tête haute*, traduction de l'anglais *Head Up Display*. Les techniciens utilisent l'abréviation CTH pour *Collimateur Tête Haute* ou VTH pour *Visualisation Tête Haute*.

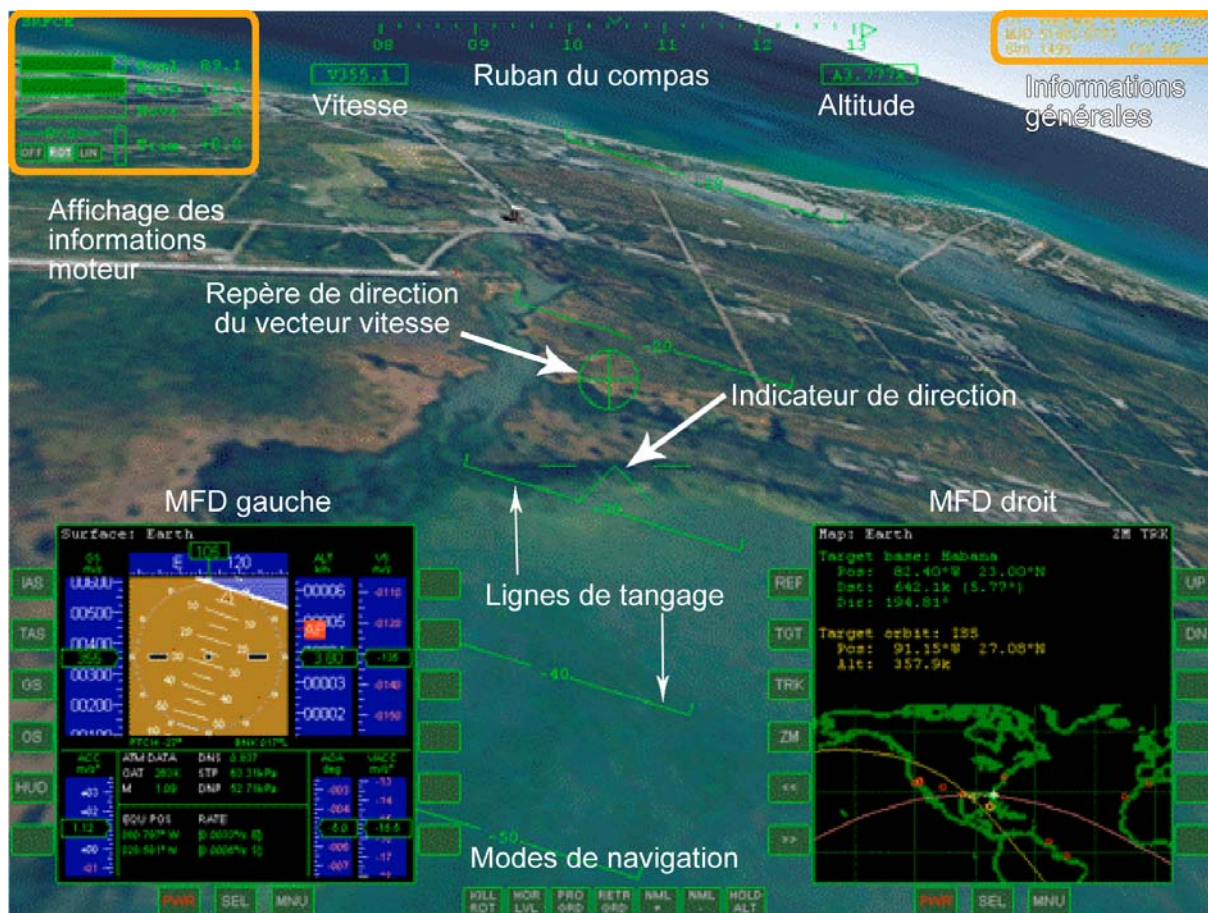


Figure 12 a : Vue cockpit générique, avec deux MFD affichés à l'écran, et le HUD en mode surface.

Le HUD est allumé ou éteint avec les touches **Ctrl H**.

Les différents modes du HUD peuvent être sélectionnés avec **H**.

**Les trois modes suivants sont disponibles :**

- **Surface :** Visualise les lignes horizontales de tangage, le cap, l'altitude et la vitesse-air.
- **Orbit :** Visualise les lignes de tangage du plan orbital, et les repères de vitesse vers l'avant (prograde) et vers l'arrière (rétrograde).
- **Docking :** Visualise la distance avec la cible et les repères de vitesse relative.

Tous les modes du HUD montrent le statut du moteur et du carburant en haut et à gauche de l'écran, et des informations générales (date actuelle, temps de simulation, vitesse du temps, valeur du champ de vision) en haut et à droite de l'écran.



Deux écrans d'affichage multifonction (MFD) peuvent être affichés indépendamment du mode HUD (voir chapitre 13). Chaque MFD peut avoir jusqu'à 12 boutons de fonction situés à gauche et à droite de l'écran, et 3 boutons standard sous l'écran.

Les boutons standard sont les suivants :

- **PWR** : Met le MFD en fonction ou désactive son affichage. Ce bouton est disponible même si le MFD est mis hors circuit, à condition que le HUD soit activé.
- **SEL** : Affiche l'écran de sélection du mode MFD. Cela permet d'activer différents MFD. Si plus de 12 MFD différents sont disponibles, appuyez sur le bouton SEL à plusieurs reprises afin de montrer tous les MFD.
- **MNU** : Affiche un menu à l'écran expliquant les fonction des boutons du MFD actuel, y compris les raccourcis clavier associés.

Les boutons des MFD peuvent être utilisés soit avec la souris, soit avec des raccourcis clavier.

## 12.1 Affichage des informations générales

Cette zone de données est visible en haut et à droite de l'écran. Elle affiche des informations sur l'heure et la vitesse de la simulation, le taux d'images par secondes et la valeur du champ de vision. Cet affichage peut être activé ou éteint par la touche **I**.

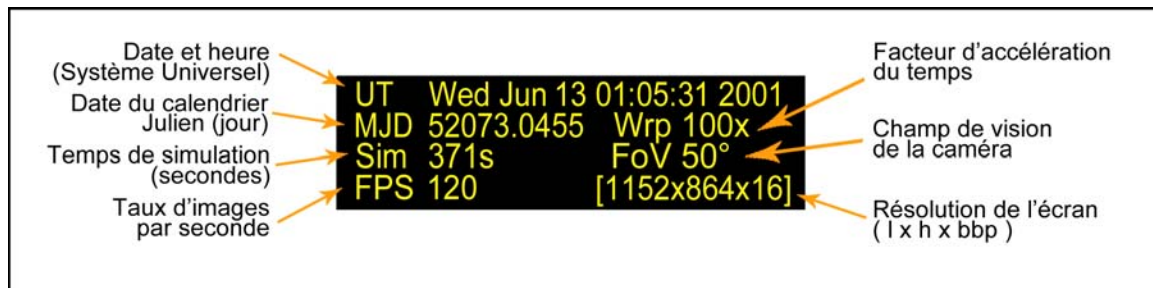


Figure 12 b : Informations générales sur la simulation en cours

**UT** : Temps Universel à partir de 0 heures. L'unité est le jour solaire.

**MJD** : La Date jour Julien (JD) est l'intervalle de temps en jour solaire écoulé depuis le 1<sup>er</sup> janvier 4713 av J.C. à Greenwich. La Date Julien Modifiée (MJD) est la date Julien moins 240 0000,5

**Sim** : Temps en secondes écoulé depuis le début de la simulation.

**Wrp** : Facteur d'accélération de la vitesse de simulation. (Warp). Quand le facteur est égal à 1 (vitesse « normale » du temps) ce champ n'est pas affiché.

**FoV** : Champ (vertical) de vision de la caméra. (FoV = Field Of Vision)

**FPS** : Taux d'images par seconde actuel. (FPS = Frames Par Seconde)

**Dim** : Résolution de l'écran (largeur et hauteur en pixels, couleurs en nombre de bits par pixel)

La visualisation du FPS et du FOV peut être activé ou éteint par la touche **F**.

Orbiter fournit un utilitaire de conversion de date (*date.exe*) qui se trouve dans le sous-dossier **Utils**. L'éditeur de scénarios (voir le chapitre 18.1) permet de modifier la date d'une simulation en cours.

## 12.2 Affichage du mode caméra et de sa cible

Cette zone de données est visualisée uniquement en vue caméra extérieure, en haut et à gauche de l'écran.

On y voit les informations sur la cible de la camera et sur son mode de poursuite. Cet affichage peut être activé ou éteint par la touche **I**.

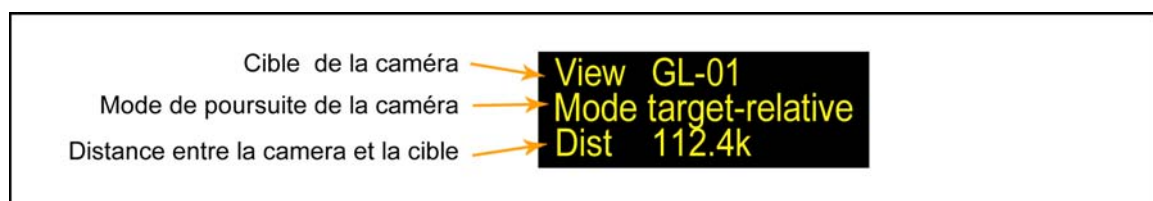


Figure 12 c : Informations en vue camera externe



**View** : Nom de l'objet-cible de la caméra.(vaisseau, planète, base...)

**Mode**: Mode camera utilisé pour la poursuite de la cible.

**Dist** : Distance entre la caméra et la cible.

## 12.3 Affichage des informations moteurs

La visualisation des informations moteur n'est disponible qu'en vue interne sans tableau de bord. (mode *cockpit générique*). Cet affichage se trouve en haut et à gauche de l'écran.

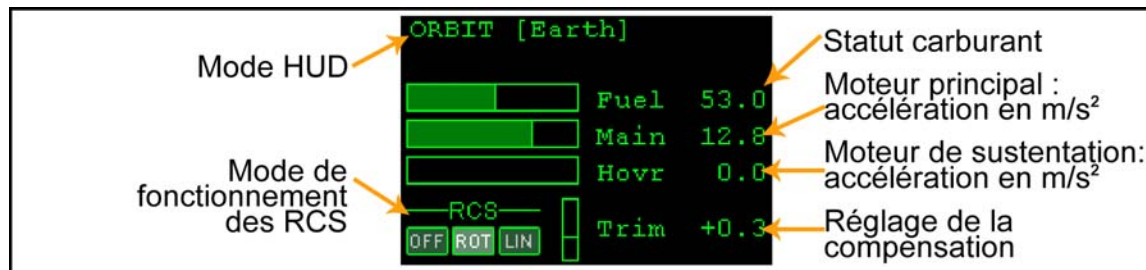


Figure 12 d : Visualisation des informations moteur et carburant

**Statut carburant** : Carburant restant dans tous les réservoirs, en pourcentage.

**Moteur principal** : La barre horizontale montre la poussée en cours du moteur principal (ou des rétro fusées) en pourcentage de sa poussée maximale. Cette barre est en vert pour les moteurs de poussée principaux (prograde), et en orange pour la poussée des rétro fusées (rétrograde). La valeur numérique montre l'accélération en  $m/s^2$  (positif ou négatif selon le sens de la poussée). A noter que l'accélération peut changer même si le réglage de la valeur de la poussée est inchangée, car la masse du vaisseau diminue au fur et à mesure du carburant consommé.

**Moteur de sustentation** : Si disponible, les moteurs de sustentation situés sous le fuselage du vaisseau permettent d'assister un vol en surface, en particulier pour un décollage ou atterrissage, et permettent d'effectuer un vol stationnaire. L'affichage est le même que celui des moteurs principaux.

**Indicateurs de contrôle du RCS** : Le RCS (*Reaction Control System*) est un assemblage de petits propulseurs intégrés à l'engin spatial pour qu'ils puissent être utilisés pour la rotation et les mouvements précis de translation. L'écran affiche le mode en cours (désactivé / rotation / translation). Il est possible de cliquer sur les boutons de cet indicateur avec la souris pour changer le mode de RCS.

**Réglage de la compensation** : Affichage du réglage en cours de la compensation (si disponible). La compensation (*trim*) permet d'ajuster les caractéristiques du vol durant un vol atmosphérique.

Pour plus de précisions sur les moteurs et le contrôle du vaisseau, voir chapitre 14.

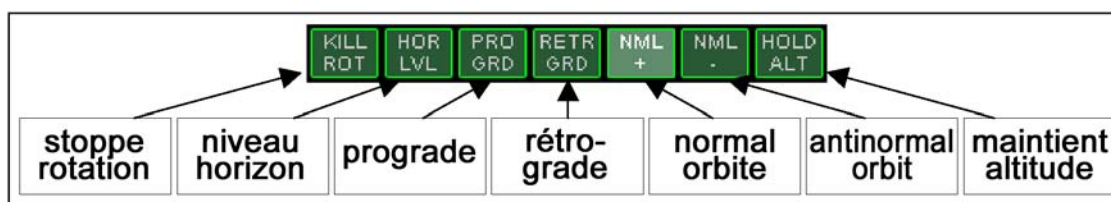
## 12.4 Mode d'orientation : indicateurs et commandes

Les indicateurs de mode d'orientation sont représentés par une rangée de boutons en bas de l'écran, en affichage *cockpit générique*.

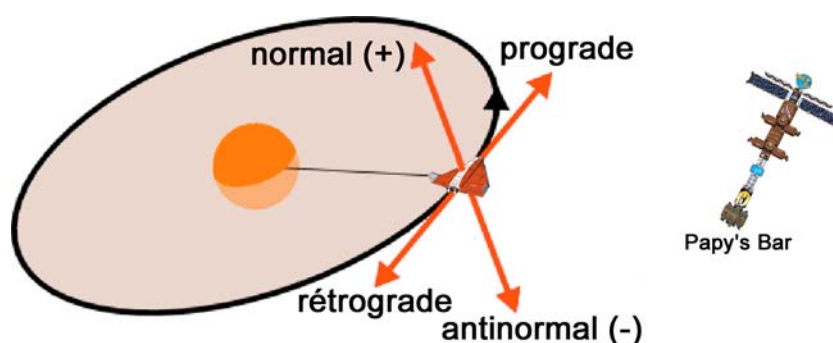
Ils affichent les différents modes possibles d'orientation telles que *prograde* ou bien *stopper la rotation*. Les boutons peuvent être sélectionnés avec la souris pour activer ou désactiver les modes d'orientation.

Notez que certains types d'engins spatiaux ne prennent pas en charge tout ou partie des modes d'orientation.

Les indicateurs de mode d'orientation ne sont pas visibles si le HUD est désactivée.



Modes	Raccourci clavier	signification	Action
<b>KILLROT</b>	<b>5</b> <small>clav. Num.</small>	<i>Kill Rotation</i> Stoppe Rotation	Stoppe toute rotation du vaisseau (automatique)
<b>HORLVL</b>	<b>L</b>	<i>Horizon Level</i> Niveau Horizon	Maintient le vaisseau en position horizontale par rapport au sol de l'astre survolé
<b>PROGRD</b>		<i>Prograd</i> Prograde	Aligne le vaisseau dans l'axe du vecteur de vitesse, nez vers l'avant
<b>RETRGRD</b>		<i>Retrograd</i> Rétrograde	Aligne le vaisseau dans l'axe du vecteur de vitesse, nez vers l'arrière
<b>NML +</b>	<b>M</b>	<i>Normal level +</i> Niveau Normal +	Aligne le vaisseau dans le sens « normal » par rapport au plan de l'orbite (au dessus)
<b>NML -</b>	<b>%</b>	<i>Normal level -</i> Niveau Normal -	Aligne le vaisseau dans le sens « anti-normal » par rapport au plan de l'orbite (en dessous)
<b>HOLDALT</b>	<b>Q</b>	<i>Hold Altitude</i> Maintient Altitude	Maintient l'altitude du vaisseau constante (grâce aux moteurs de sustentation)



Tous les modes d'orientation utilisent le RCS sauf **HOLDALT**.

- **PROGRD**, **RETRGRD**, **LNM+** et **LNM-** permettent d'orienter le vaisseau dans une position par rapport au vecteur de vitesse orbitale et du plan de cette orbite.
- **HORLVL** oriente le vaisseau à l'horizontale, mais pas forcément dans le sens vecteur de vitesse.
- **HOLDALT** n'est disponible que pour les vaisseaux qui possèdent des propulseurs de sustentation (*hover*).
- Le mode **KILLROT** met fin automatiquement à tout mouvement de rotation.

Tous les modes, sauf **Killrot**, sont activés de façon permanente, et ne sont désactivés que lorsqu'il sont de nouveau sélectionnés, ou quand une autre orientation est sélectionnée.

## 12.5 Affichage du HUD en mode *Surface*

Lorsque le HUD est dans ce mode, vous le verrez indiqué par **SRFCE** affiché en haut et à gauche de votre écran.

Ce mode montre des lignes horizontales (de tangage) indiquant l'angle d'orientation de l'engin par rapport à la ligne de l'horizon. Le plan de l'horizon est défini par rapport aux deux repères que sont le centre de la planète et celui du vaisseau.

Le ruban du compas situé en haut et au centre de l'écran indique le cap (la direction) de l'engin par rapport au nord géographique. Une marque montre la direction de la cible en cours (port spatial).

Le cadre à droite du compas donne l'altitude actuelle en mètres. Le cadre à gauche du compas montre la vitesse-air actuelle en mètres par seconde (m/s)...même s'il n'y a pas d'atmosphère !..

La direction du vecteur de vitesse de notre vaisseau par rapport au sol est représentée par



**Rappel** : 0°= Nord, 90°= Est, 180°= Sud, 270°= Ouest.



## 12.6 Affichage du HUD en mode *Orbite*

Lorsque le HUD est dans ce mode, vous le verrez indiqué par **ORBIT [ réf planète ]** affiché en haut et à gauche de votre écran.

[réf planète] est le nom de l'astre autour duquel l'orbite se fait. *Exemple : en orbite lunaire ORBIT [moon].*

Ce mode montre des lignes horizontales de tangage indiquant l'angle par rapport au plan orbital, où la ligne « 0 » indique le plan orbital.

La direction du vecteur de vitesse orbitale en direction *prograde* de notre engin est représentée par ,  
et la direction opposée *rétrograde* par .


Si ni l'un ni l'autre ne sont visible, alors la direction de la marque  est indiquée par un pointeur  nommé "PG" (prograde).


L'objet référence du HUD peut être manuellement sélectionné par **Ctrl R**.


## 12.7 Affichage du HUD en mode *Arrimage (Docking)*

Lorsque le HUD est dans ce mode, vous le verrez indiqué par **DOCK [cible]** affiché en haut et à gauche de votre écran, avec [cible] désignant le nom de la cible.

Ce mode pointe la cible spécifiée pour l'arrimage (station orbitale par exemple) avec un carré ainsi que, affiché en dessous, son nom et sa distance. Il montre également la direction et la valeur du vecteur-vitesse relatif de la cible par rapport au vaisseau, c'est à dire la direction et la vitesse relative entre les deux.

La vitesse relative de la cible par rapport au vaisseau est indiquée par .  
Cette marque indique la direction dans laquelle vous devez accélérer pour synchroniser votre vitesse avec celle de la cible.

La vitesse relative du vaisseau par rapport à la cible est indiquée par .  
Cette marque se trouve dans la direction opposée de la précédente.

Si ni aucune des deux marques n'est visible, alors la direction de la marque  est indiquée par une flèche. De même, si la cible est hors écran, sa direction sera montrée par une flèche.

La station-cible du HUD peut être sélectionnée manuellement par **Ctrl R**.

## 13 Modes d'affichage des écrans multifonction

**NOUVEAU!**

Pendant un vol dans l'espace, fournir au pilote des informations adaptées au régime de vol courant est encore plus important, et la Navette Spatiale utilise largement l'affichage de ces MFD. Orbiter utilise le paradigme des MFD (*voir* (•)) d'une manière large et générale pour fournir des données de vol indépendamment du type de vaisseau.

(\*) 

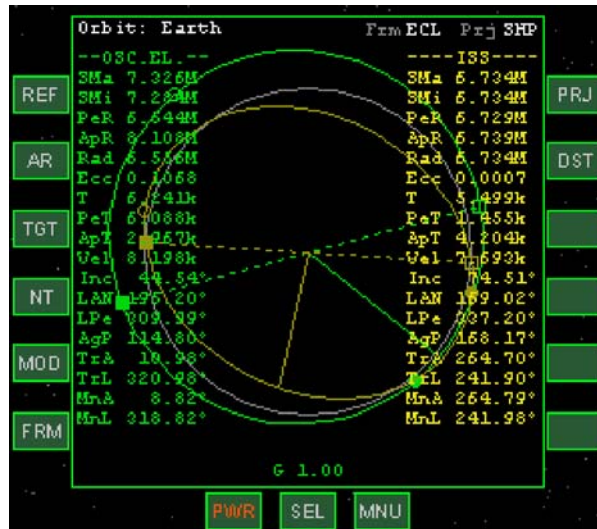


Figure 13 a : un MFD affiché dans le mode cockpit générique

Un MFD est essentiellement un écran d'ordinateur carré (par exemple un écran à cristaux liquides) et un ensemble de contrôles d'entrées (généralement par des boutons disposés autour de l'écran). La forme de l'affichage peut varier, mais la fonctionnalité est la même.

La fig. 13a montre une représentation d'un MFD dans le mode de visualisation du cockpit *générique*, disponible pour tous les types de vaisseaux. Il est possible d'afficher deux MFD dans ce mode.

Les vaisseaux qui supportent des tableaux de bord personnalisés en 2D ou des cockpits virtuels 3D peuvent utiliser un nombre différent d'écrans MFD. Par exemple, les écrans peuvent être superposés directement sur le décor 3D, et représenter par exemple la projection sur un panel d'un HUD devant le pilote.

- L'affichage des données se trouve au centre du MFD.
- Les 12 boutons se trouvant à gauche et à droite ont chacun une fonction spécifique qui leur est attribuée. Leurs noms peuvent changer en fonction de l'instrument en cours.
- Les trois boutons situés en bas du MFD ne changent pas et ont toujours la même fonction quelque soit l'instrument en cours.

Les MFD peuvent être utilisés soit en cliquant avec la souris sur les boutons, ou via le clavier.

Les MFD sont contrôlés par des touches utilisées en combinaison avec une des touches **Maj**, où le celle de gauche contrôle le MFD de gauche et celle de droite contrôle le MFD de droite. Pour les tableaux de bord qui ont plus de deux MFD affichés, seulement deux d'entre eux peuvent être utilisés avec le clavier, les autres sont limités au contrôle par la souris

### Mise sous tension et hors tension des MFD.

Le bouton **PWR** active et désactive l'affichage MFD. Le raccourci clavier est **Maj** **Echap**

En mode *cockpit générique*, le fait d'éteindre le MFD cache aussi tous les boutons (sauf le bouton d'alimentation **PWR**, qui permet de l'allumer de nouveau.



## Mode sélection

Le bouton **SEL** active le mode *écran de sélection*. Le raccourci clavier est **Maj F1**.

Chaque MFD fournit des informations pour différentes sortes de navigation ou d'avionique (paramètres de l'orbite, paramètres de surface, aides à l'amarrage et à l'atterrissage, etc.)

Pour une liste complète des différents MFD livrés par défaut dans Orbiter, voir les chapitres suivants. Beaucoup d'autres MFD sont disponibles en tant que **addons**.



Figure 13 b : Mode écran de sélection

L'écran affiche les différents MFD disponibles, dans la zone d'affichage, en face de chaque bouton de fonction.

Pour sélectionner un MFD, il suffit de cliquer sur le bouton correspondant. Pour le sélectionner avec le clavier, appuyez sur la touche **Maj** avec la touche de la lettre affichée en gris, correspondant au MFD choisi sur la liste. (par exemple, **O** pour le MFD-Orbite).


S'il y a trop de MFD par rapport au nombre pouvant être affichés sur une seule page, en appuyant à plusieurs reprises sur **SEL** (ou **Maj F1**), vous verrez tous les MFD disponibles. Le fait d'appuyer sur **SEL** après la dernière page vous fera retourner au MFD précédemment sélectionné. Notez que le mode de sélection avec les raccourcis clavier fonctionne à partir de n'importe quelle page de sélection, même si le MFD souhaité n'est pas affiché sur la page actuelle.






## Boutons de fonction


La fonction des boutons à gauche et à droite de l'écran dépend du MFD, et leurs noms seront changés en conséquence. Vérifiez les descriptions des différents MFD dans les chapitres suivants pour les affectations des fonctions aux boutons des différents MFD. Pour les MFD-addon, consultez la documentation qui les accompagne. Dans certains cas, les boutons peuvent agir comme des commutateurs, où chaque appui exécute une fonction spécifique. Dans d'autres cas, il peut être nécessaire d'appuyer sur une touche en continu pour ajuster un paramètre.



Figure 13 b : Mode menu

Les boutons de fonction peuvent également être activés avec des combinaisons de touches avec .

En appuyant sur le bouton  situé sous la bordure inférieure de l'écran, celui-ci passera en mode *menu*. (le raccourci clavier est   *touche au dessus de TAB* ), où une brève description de chaque bouton de fonction est affiché avec le raccourci clavier correspondant. En appuyant à nouveau sur le bouton  (ou en appuyant sur une touche de fonction), l'affichage revient comme avant.

En mode cockpit générique, et dans la plupart des tableaux de bord, les MFD disposent de 12 boutons de fonction, mais cela peut être variable. Si un MFD a plus de fonctions définies que de boutons, en appuyant à plusieurs reprises sur , de nouvelles pages seront disponibles avec d'autres ensembles de fonctions.

Vous trouverez dans les chapitres suivants une description des MFD standards présents et fournis dans la version actuelle d'Orbiter. Voyez aussi *l'annexe A* pour un récapitulatif simplifié.

## 13.1 MFD COM/NAV (Réglage du récepteur)

Le **MFD COM/NAV** est une interface radio de navigation pour le vaisseau, qui fournit des données aux instruments de navigation. Il permet également de sélectionner la fréquence du transpondeur du vaisseau qui envoie un signal permettant de l'identifier.

Ce mode est activé par **Maj C** ou via le menu *COM/NAV* depuis l'écran *mode de sélection* (**Maj F1**).

Ce MFD liste les fréquences et les signaux de toutes les balises radios NAV (NAV1 à NAVn). Le nombre de récepteurs (n) dépend de la catégorie de vaisseau. Un récepteur NAV peut être sélectionné dans la liste par **Maj ,** et **Maj ;**. Le récepteur sélectionné est en surbrillance jaune (voir fig. 13.1a).

**Raccourcis clavier :**

<b>Maj ,</b>	Sélectionne le récepteur NAV précédent
<b>Maj ;</b>	Sélectionne le récepteur NAV suivant
<b>Maj )]</b>	Diminue la fréquence de 1 MHz.
<b>Maj =</b>	Augmente la fréquence de 1 MHz
<b>Maj ☹</b>	Diminue la fréquence de 0,05 MHz.
<b>Maj \$</b>	Augmente la fréquence de 0,05 MHz

**Boutons de fonctions :**

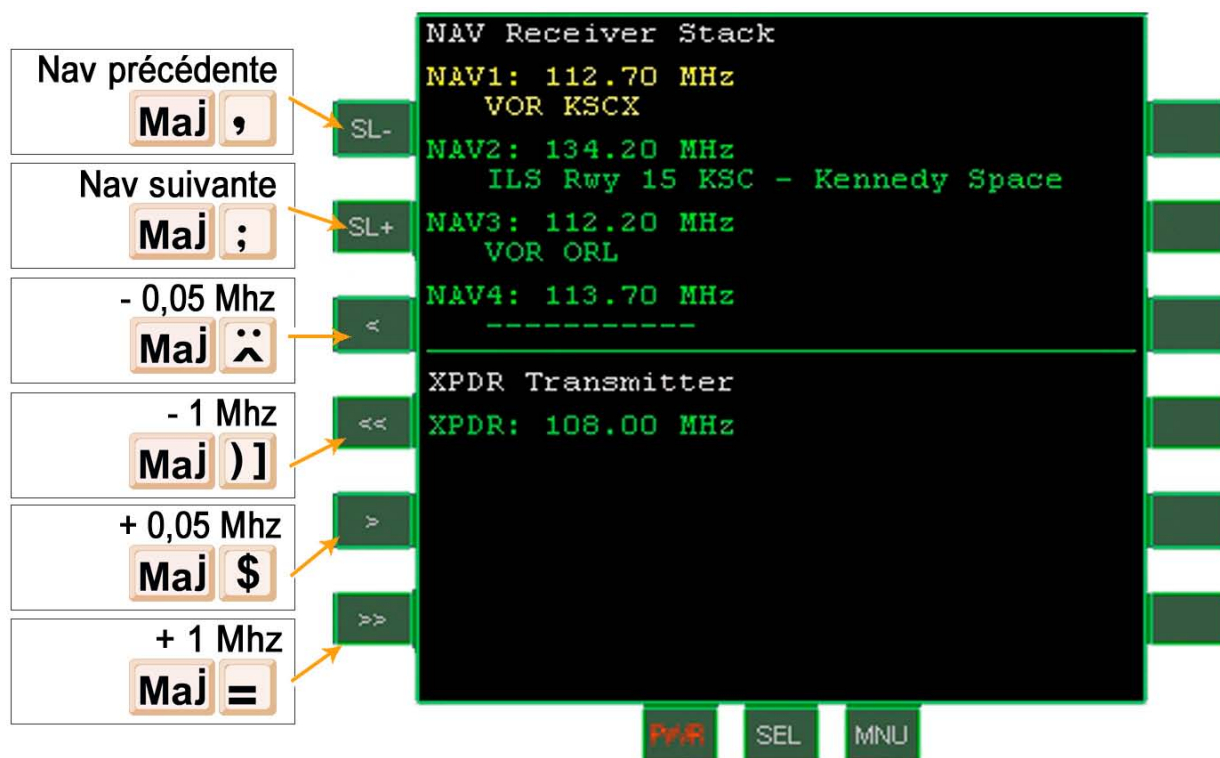


Figure 13.1a = les touches raccourci clavier et les boutons de fonction

## Composants des écrans MFD:

L'écran du MFD est divisé en 2 parties :

- la partie **statut de réception NAV** (NAV Receiver Stack), listant les fréquences et le statut des signaux reçus par le récepteur du vaisseau.
- la partie **statut du transpondeur** (XPDR Transmitter), montrant la fréquence émise par le transpondeur du vaisseau du pilote.

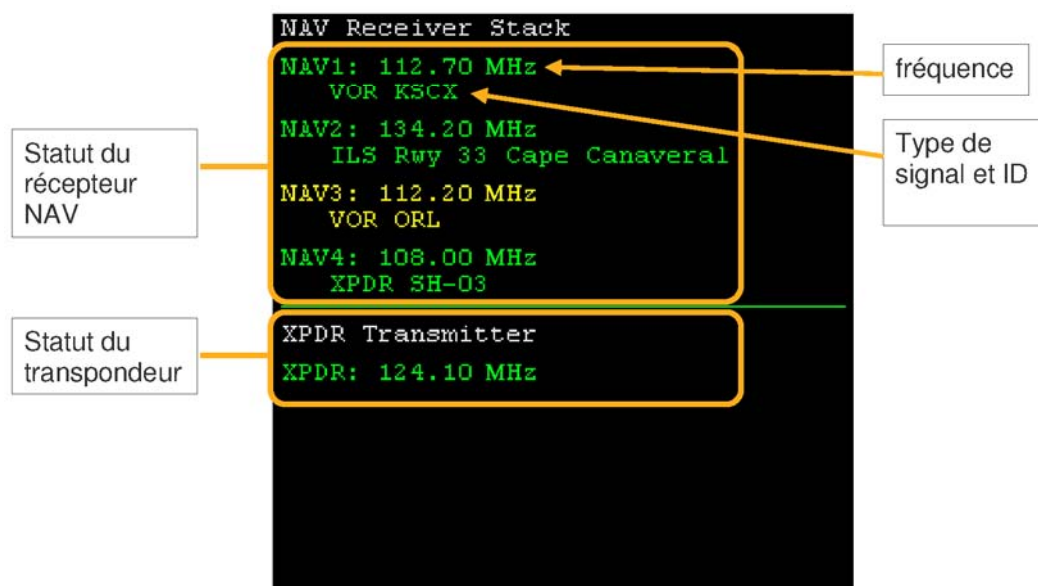


Figure 13.1b : les deux parties de l'écran

Les fréquences des émetteurs sélectionnés sont ajustables par incrément de 1 MHz avec **Maj ]]** et **Maj [=**, et par incrément de 0,05 kHz avec **Maj ^** et **Maj \$**, dans la gamme de 85,00 MHz à 140,00 MHz. Si un transmetteur NAV se trouve dans ces valeurs, l'instrument affichera les informations de la source radio.

### Notes:

- Certains instruments comme le MFD-Décollage/Atterrissage fonctionnent vers un récepteur NAV, et fonctionneront uniquement si un signal correspondant est disponible. Ceci diffère des précédentes versions d'Orbiter, où les données de référence étaient obtenues automatiquement.
- Les fenêtres *Object Info* (**Ctrl I**) et *Navaid Info* (**Ctrl N**) sont des outils très utiles pour obtenir les fréquences des transmetteurs de navigation (navaid) tel que signal de VOR, balise ILS, ou encore un transpondeur (émetteur) de vaisseau recherché.
- Les positions et les fréquences des stations VOR proches peuvent également être affichées directement dans la fenêtre de simulation d'Orbiter via l'option *VOR Markers* de la boîte de dialogue des *Aides Visuelles* (*Visual Helpers*) (**Ctrl F9**).

The screenshot shows two windows from the Orbiter software. The left window, 'Orbiter: Object info', has a dropdown menu set to 'Cape Canaveral'. It displays 'Location: Earth 080.507°W 28.345°N'. Below this is a table for 'VTOL support:' with columns 'Pad', 'ILS', and 'Status'. The table lists pads 1 through 11, with ILS frequencies ranging from 128.10 to 132.75 MHz, all with a status of 'free'. At the bottom, there is a section for 'VOR transmitters:' with columns 'ID', 'Freq', and 'Range'. It lists 'KSCX' at 112.70 MHz with a range of 500.0km. The right window, 'Orbiter: Navaid info', has a dropdown menu set to 'Earth'. It displays a table with columns 'ID', 'Freq', 'Lat.', 'Lng.', and 'Range'. The table lists various navigation aids like PRU, JWJ, RZN, LAW, KQE, HIE, MNM, BWV, AHN, KPT, STW, OFK, YSE, FKL, PNT, MBY, ISO, UJM, ELO, KOZ, JXN, and WYP, with their respective frequencies, coordinates, and ranges.

ID	Freq.	Lat.	Lng.	Range
PRU	109.40	43.102°N	012.512°E	270km
JWJ	109.40	42.111°N	092.909°W	130km
RZN	109.40	45.820°N	092.374°W	130km
LAW	109.40	34.496°N	098.413°W	130km
KQE	109.45	33.835°N	130.852°E	270km
HIE	109.60	32.831°N	130.847°E	270km
MNM	109.60	45.180°N	087.647°W	130km
BWV	109.60	32.821°N	106.013°W	130km
AHN	109.60	33.948°N	083.325°W	130km
KPT	109.60	47.746°N	010.350°E	270km
STW	109.60	40.996°N	074.869°W	130km
OFK	109.60	41.988°N	097.435°W	130km
YSE	109.60	38.811°N	139.799°E	270km
FKL	109.60	41.439°N	079.857°W	130km
PNT	109.60	40.821°N	088.734°W	130km
MBY	109.60	46.541°N	003.499°E	130km
ISO	109.60	35.371°N	077.558°W	130km
UJM	109.60	34.575°N	090.674°W	130km
ELO	109.60	47.822°N	091.830°W	130km
KOZ	109.60	40.285°N	021.841°E	130km
JXN	109.60	42.259°N	084.459°W	130km
WYP	109.60	51.048°N	007.280°E	270km

Figure 13.1c: Fenêtre Info et fenêtre Navaid, avec les fréquences VOR et ILS.



## 13.2 MFD ORBITE

Le MFD en mode **orbite** (*orbit*) affiche une liste d'éléments et de paramètres qui caractérisent l'orbite du vaisseau autour du centre d'un astre, ainsi qu'une représentation graphique de cette orbite. De plus, un objet cible (vaisseau, station orbitale ou astre), orbitant autour du même astre que vous, peut être sélectionné, et ses paramètres orbitaux seront également visualisés.

Ce mode est activé par l'entrée *orbit* de la page de *sélection des modes* des MFD (**Maj F1**).

L'écran affiche le tracé des orbites à l'instant présent, c'est-à-dire les orbites des deux corps correspondant à l'état actuel du vecteur du vaisseau à l'égard du corps céleste considéré. Les paramètres de l'orbite peuvent changer avec le temps en raison de l'influence de certains effets perturbant (gravité de sources supplémentaires, distorsions du champ gravitationnel de la planète dues à une forme non sphérique, traînée atmosphérique, action des propulseurs etc...)

Les éléments orbitaux peuvent être affichés en fonction de deux plans de référence : écliptique ou équatorial.

- Le plan de l'écliptique est défini par le plan orbital de la Terre. Il est utile pour les vols interplanétaires, car la plupart des planètes sont sur une orbite voisine de l'écliptique.
- Le plan équatorial est défini par l'équateur de l'objet de référence en cours. Il est utile pour une orbite basse et des opérations allant de la surface vers une mise en orbite.

Utilisez **Maj F** pour basculer entre les deux plans de référence.

Le mode courant est affiché dans la ligne supérieure de l'écran d'affichage **Frm**.

Le plan sur lequel les orbites sont projetées peut être sélectionné via **Maj P**. Le plan de projection courant est indiqué dans le coin en haut et à droite du MFD **Prj**. **ECL** ou **EQU** entraînent la projection de ce plan respectivement sur le plan de l'écliptique ou sur le plan de l'équateur. **SHP** (*ship=vaisseau*) entraîne la projection du graphique dans le plan orbital du vaisseau utilisé, et **TGT** (*target=cible*) entraîne la projection du graphique dans le plan orbital de la cible, si une cible est spécifiée.

La distance de *l'objet courant* par rapport au corps céleste (planète ou satellite) ainsi que celle de *l'apogée* et du *périgée* peuvent être affichées de deux façons différentes :

- Distances depuis le centre de l'astre, indiquées respectivement par **Rad**, **ApR**, **PeR**
- Altitudes depuis la surface de l'astre, indiquées respectivement par **Alt**, **ApA**, **PeA**

Utilisez **Maj D** pour basculer entre les deux modes.

**Maj T** ouvre un menu pour spécifier un objet cible. Seules les cibles étant en orbite autour du même astre seront acceptées. L'affichage de la cible peut être désactivé avec **Maj N**.

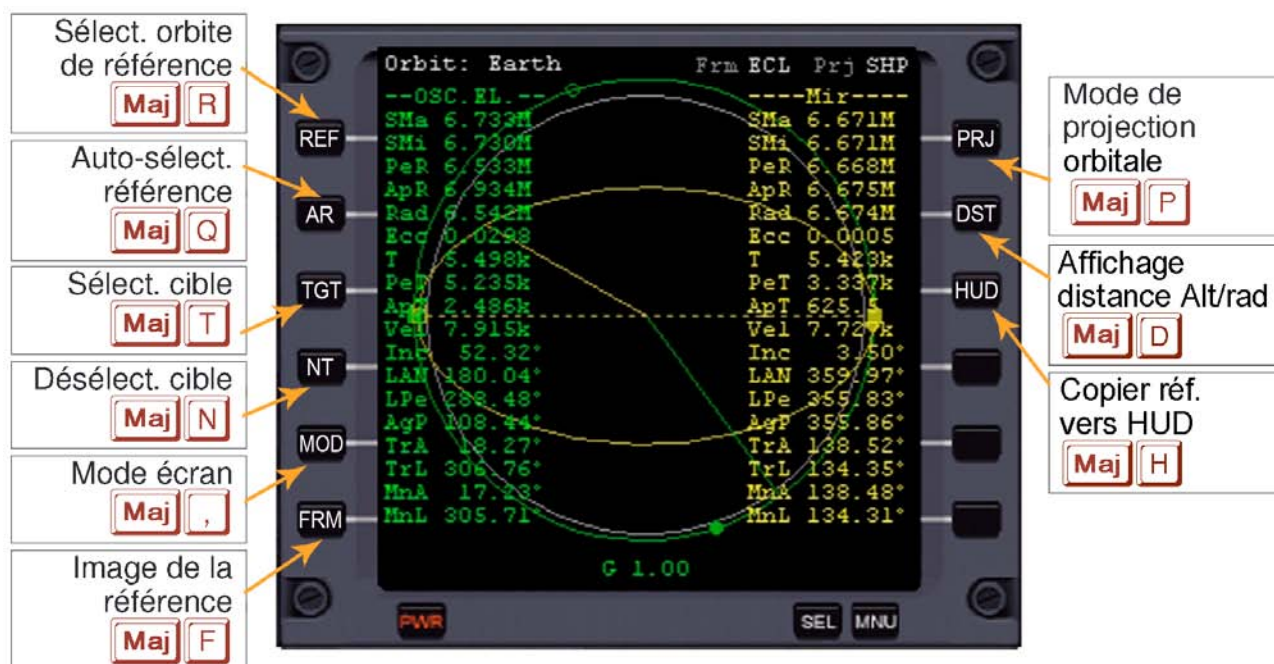
**NOUVEAU!**

L'action des touches **Maj H** basculera le HUD du vaisseau en mode *orbite* et associe directement la référence-objet du MFD vers le HUD. Ceci est plus pratique que sélectionner directement la référence du HUD par **Ctrl R**.

### Raccourcis clavier et Boutons du MFD :

<b>Maj Q</b>	<b>AR</b>	Auto-sélection de l'objet de <b>R</b> éférence.
<b>Maj D</b>	<b>DST</b>	Bascule la valeur du rayon, de l'apogée et du périgée entre celle de la <b>D</b> istance par rapport au <i>centre</i> ou de la <i>surface</i> de l'astre.
<b>Maj F</b>	<b>FRM</b>	Bascule le plan (image ou <b>f</b> rame) de référence entre : écliptique, équateur, ou objet courant.
<b>Maj H</b>	<b>HUD</b>	Règle le <b>HUD</b> en mode <i>orbite</i> et intègre la <i>r</i> éférence du MFD orbite.
<b>Maj ,</b>	<b>MOD</b>	Change le <b>m</b> ode d'affichage de l'écran : (liste seule, graphiques seuls ou les deux).
<b>Maj N</b>	<b>NT</b>	Pas d'orbite de cible affichée. ( <b>N</b> o <b>T</b> arget)
<b>Maj P</b>	<b>PRJ</b>	change le mode de <b>p</b> rojection de l'orbite : référence globale, plan orbital de la cible et du vaisseau).
<b>Maj R</b>	<b>REF</b>	Sélection d'une nouvelle <b>r</b> éférence (planète ou satellite).
<b>Maj T</b>	<b>TGT</b>	Ouverture du menu de sélection de la cible. ( <b>t</b> arget)

## Boutons de contrôle du MFD :

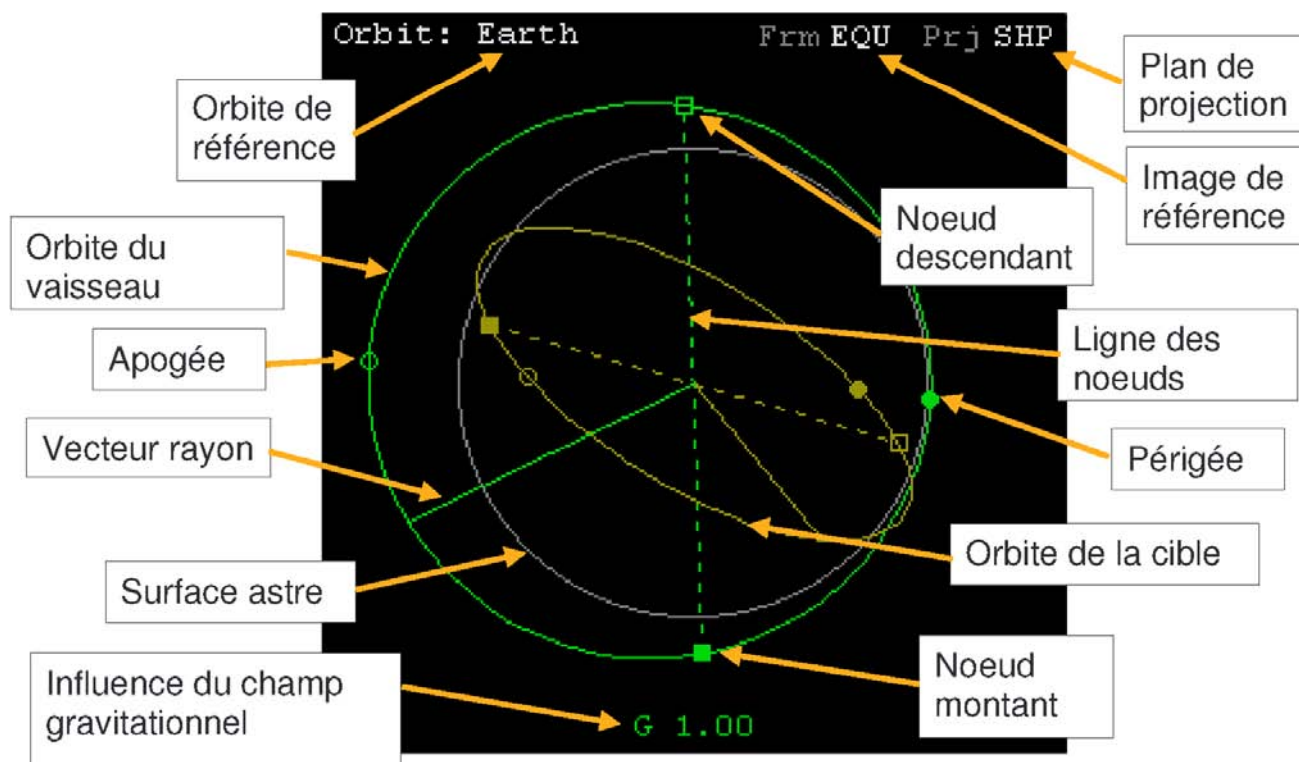


## Éléments d'affichage de l'écran du MFD :

### 1. Mode de visualisation graphique

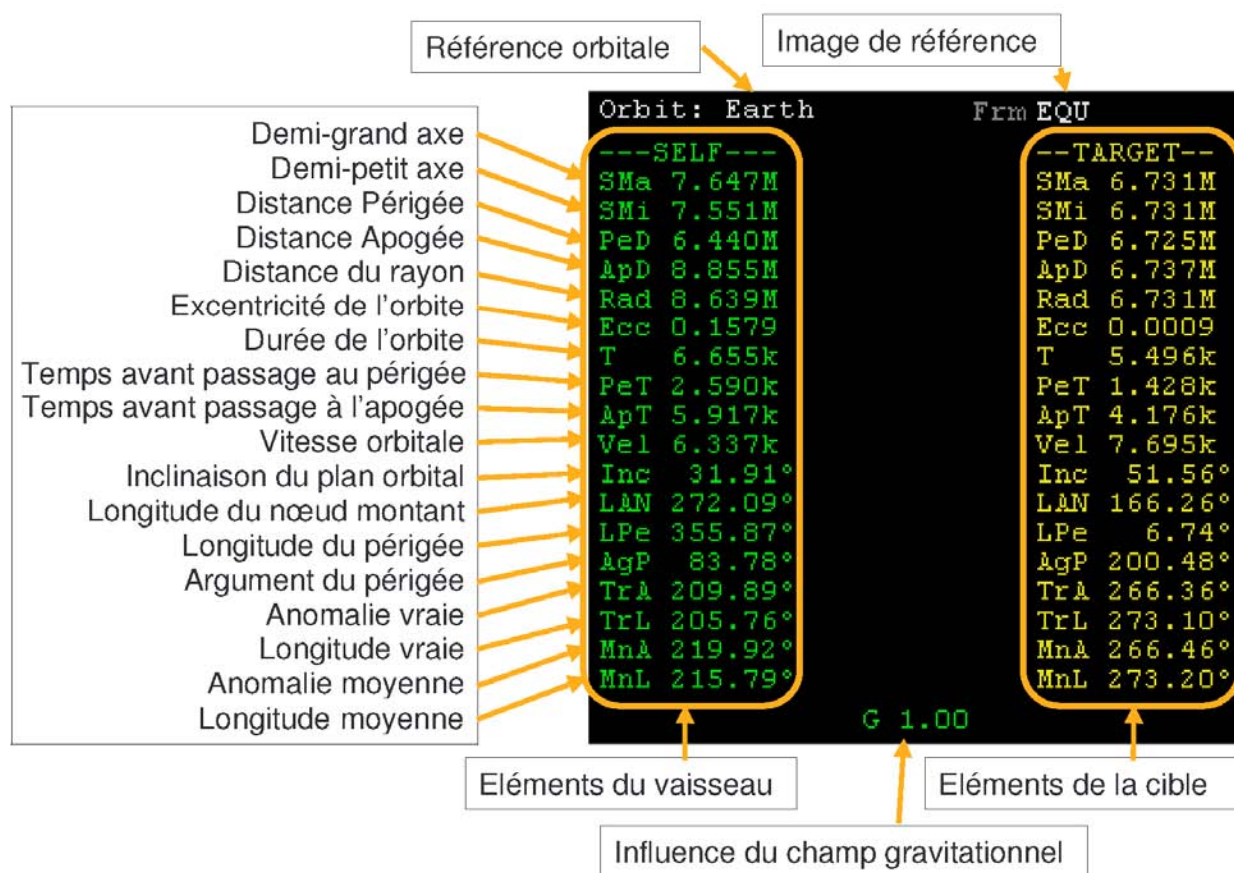
En mode graphique, le *MFD-orbite* montre l'orbite du vaisseau en vert et accessoirement l'orbite de l'objet cible en jaune autour de l'astre de référence, représenté en gris. L'écran montre aussi la position actuelle du vaisseau (vecteur rayon), le périée (point le plus bas de l'orbite) et l'apogée (point le plus haut de l'orbite), le nœud ascendant et le nœud descendant, projetés sur le plan de référence.

L'utilisateur peut sélectionner le plan dans lequel les représentations orbitales sont projetées (plan orbital du vaisseau ou de la cible, plan de l'écliptique ou équatorial).



## 2. Mode liste des éléments orbitaux

En mode liste, les éléments orbitaux du vaisseau ainsi que d'autres paramètres sont affichés en **vert** dans une colonne à gauche du MFD. Si une cible est sélectionnée, les paramètres de cette cible sont affichés en **jaune** dans une colonne à droite du MFD. Les données se réfèrent à l'image de référence sélectionnée, par conséquent ils changeront lorsque vous basculerez vers une projection écliptique (ECL) ou équatoriale (EQU).



### Légende :

- Demi Grand axe (semi-major axis) : Le plus long demi diamètre d'une orbite elliptique.
- Demi Petit axe (semi-minor axis) : Le plus petit demi diamètre d'une orbite elliptique.
- Périastre (periasis) : Point le plus bas d'une orbite  
Pour l'orbite terrestre, appelé périgée.  
Pour une orbite solaire, appelé périhélie.
- Apoastre (apoapsis) : Point le plus élevé d'une orbite  
Pour l'orbite terrestre, appelé apogée.  
Pour une orbite solaire, appelé aussi aphélie.
- Nœud montant (ascending node) : Point où l'orbite passe par le plan de référence (plan de l'écliptique ou plan équatorial) depuis le bas.
- Nœud descendant (descending node) : Point où l'orbite passe par le plan de référence (plan de l'écliptique ou plan équatorial) depuis le haut.
- Vecteur rayon (radius vector) : Vecteur de la position actuelle du vaisseau, ou rayon par rapport au centre de l'astre.

Pour d'avantages d'explications sur les éléments orbitaux, voir *Appendice C*.

Pour les orbites hyperboliques (non périodiques), les paramètres suivant sont différemment interprétés :

- Sma** : demi axe réel  $a$  : distance depuis les coordonnées d'origines (définies par l'intersection des asymptotes hyperboliques) jusqu'au périastre.
- Smi** : demi axe imaginaire  $b = a \sqrt{e^2 - 1}$
- ApD** : distance de l'apoastre : non applicable
- T** : durée d'une l'orbite (période) : non applicable
- PeT** : temps restant avant le passage au périastre : négatif après le passage du périastre.
- ApT** : temps restant avant le passage à l'apoastre : non applicable
- MnA** : anomalie moyenne, définie comme  $e \sinh E - E$ , avec  $E$  = anomalie excentrique hyperbolique.

## Influence du champ G

La valeur “**G**” qui se trouve en bas du MFD montre l'influence relative du champ de gravité de l'astre de référence actuel sur le vaisseau à sa position actuelle. Ceci peut être utilisé pour estimer la fiabilité du calcul de l'orbite Képlérienne <sup>(\*)</sup>(deux corps).

Pour des valeurs de G proches de 1, l'approximation pour deux corps est précise.

Pour des valeurs plus faibles, l'orbite réelle va s'écarter du calcul analytique, avec comme conséquence un changement dans le temps des éléments orbitaux.

Tel un indicateur d'alarme :

- le facteur **G** vire au *jaune* pour une valeur inférieure à 0,8
- le facteur **G** vire au *rouge* si l'objet de référence sélectionné n'est pas le contributeur dominant du champ gravitationnel. Dans ce cas, **Maj Q** sélectionnera l'objet dominant.

(\*)  **Note du Traducteur :**

Képlérien(ne) : Dérivé du nom de Johannes Kepler (1571-1630). Relatif à Johannes Kepler, à ses travaux.  
Mouvement képlérien, qui obéit aux lois de Kepler.

Orbite képlérienne : Orbite d'un corps en interaction gravitationnelle avec un seul autre corps, chaque corps étant assimilé à un point.  
L'orbite képlérienne de chaque corps est une orbite conique dont l'un des foyers coïncide avec le centre de masse de l'autre corps pris comme origine du référentiel. En première approximation, les planètes du système solaire et les satellites artificiels de la Terre décrivent des orbites képlériennes elliptiques ou circulaires.



### 13.3 MFD VOR/VTOL (décollage et atterrissage vertical)

Le MFD VOR/VTOL est un instrument de navigation utilisé pour le vol en surface des planètes et pour les décollages et les atterrissages.

En plus des indications d'altitude et vitesse, il affiche un indicateur graphique de la position relative par rapport à une balise radio émettrice VOR.

(VOR: *Very high frequency Omnidirectional Range* = émetteur de radio navigation omnidirectionnel)

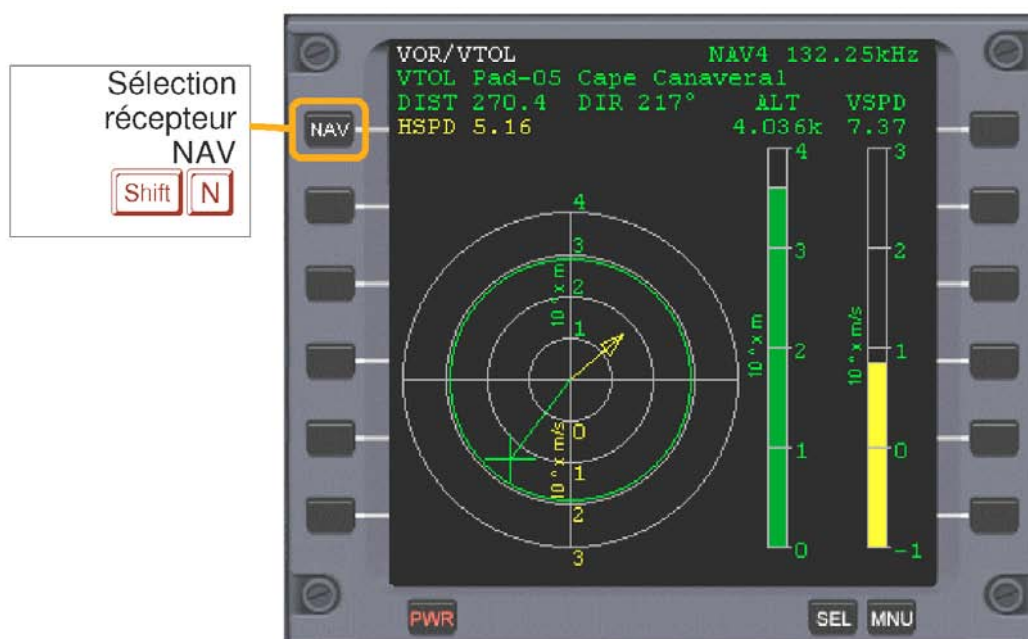
Ce MFD peut être associé à l'un des récepteur NAV d'un vaisseau. Le récepteur en cours et sa fréquence sont affichés en haut et à droite de l'écran. Si un signal est capté, l'ID (identification ou désignation) de l'émetteur est affiché sur la seconde ligne. Si le vaisseau accepte plus d'un récepteur NAV, un récepteur différent peut être sélectionné par (Maj-N). Pour régler la fréquence du récepteur, utiliser le MFD COM/NAV (voir chapitre 13.1).

Cet instrument peut aussi être utilisé pour un atterrissage vertical aux instruments (VTOL). S'il est associé à un transmetteur VTOL, l'indicateur de la cible montre la position relative du pas de tir correspondant.

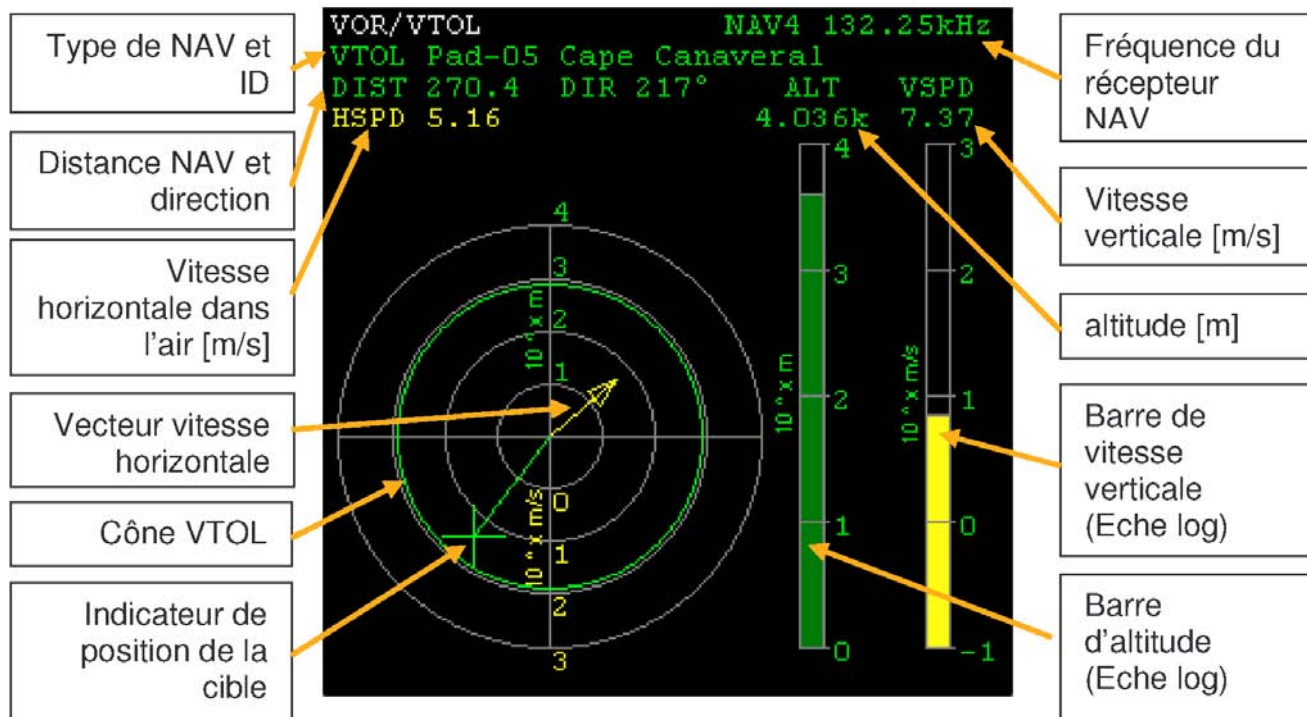
**Raccourcis clavier :**

<b>Maj N</b>	Sélection du récepteur NAV
--------------	----------------------------

**Contrôles du MFD:**





## Indicateurs affichés sur l'écran du MFD :



- **DIST :** distance du transmetteur NAV en mètres.
- **DIR :** direction du transmetteur NAV (par rapport au vaisseau).
- **HSPD:** vitesse horizontale par rapport à l'air en mètres par seconde.
- **ALT :** altitude en mètres.  
La barre d'altitude va de 1mètre à  $10^4$  mètres (échelle logarithmique).
- **VSPD :** vitesse verticale dans l'air en mètres par seconde.  
La barre de vitesse verticale va de  $\pm 0,1$  m/s à  $\pm 10^3$  m/s (échelle logarithmique).  
une vitesse verticale positive est indiquée par une barre verte  
une vitesse négative est indiquée par une barre jaune ou rouge  
(la couleur rouge est une alarme indiquant un impact proche avec la surface)
- **Indicateur de Cible :** Montre la position horizontale de la cible du transmetteur NAV par rapport au Vaisseau, sur une échelle logarithmique. Portée: de 1 à  $10^4$  mètres.
- **HSPD :** (*HSpeed vector = vecteur de vitesse horizontale*). Montre le vecteur horizontal de la vitesse dans l'air (par rapport au vaisseau) sur une échelle logarithmique. Portée: 0.1 à 103m/s.
- **Cône VTOL:** Ce cercle indique la déviation admissible pour le contact vertical tel une fonction d'altitude.  
Dans un atterrissage VTOL, l'indicateur de cible doit être dans le centre du cône.  
Un cercle rouge indique que le vaisseau est hors du cône.  
Le cône VTOL n'est visualisable que lorsque le MFD est associé au transmetteur VTOL.

## 13.4 MFD HSI (Indicateur de Situation Horizontale)

L'indicateur de situation horizontale (HSI) est constitué de deux écrans indépendants. Chaque écran peut être associé à un récepteur NAV et montre les informations sur la direction et le cap relatif. Ces instruments acceptent des données venant de transmetteurs positionnés sur la surface, tels que VOR et ILS. Leur fonction est similaire à celle des instruments de navigation que l'on trouve dans les avions.

L'écran consiste en un gyrocompas indiquant le cap actuel du vaisseau à la position 12 heures, comme sur un cadran d'horloge. La flèche jaune au centre de l'instrument est la flèche directive, ou Sélecteur de cap, dite OBS (*Omni Bearing Selector*), pointant la balise radio sélectionnée. Quand le NAV est réglé sur un transmetteur VOR, l'OBS peut être ajusté avec OB- ( **Maj**  ) et OB+ ( **Maj**  ). Pour les émetteurs ILS, l'OBS est automatiquement réglé sur la direction d'approche (cap de la piste).



La section centrale de la flèche directive est l'indicateur de déviation CDI (*Course Deviation Indicator*). Il peut dévier sur la gauche ou la droite, pour montrer la déviation de votre OBS par rapport à la balise NAV émettrice. Le but étant d'aligner la barre avec la flèche. Si le CDI est à gauche (comme sur la figure ci-dessous), alors la balise sélectionnée est à gauche de votre position actuelle. Plus concrètement, si vous êtes en approche d'une piste, dans la même direction qu'elle mais un peu trop à droite, la barre jaune centrale (CDI) se trouvera à droite de la flèche jaune (OBS).

En bas à gauche de l'instrument se trouve l'indicateur TO/FROM. "TO" signifie que vous travaillez avec un cap allant de vous vers une station au sol, "FROM" indique un cap venant d'une station vers vous.

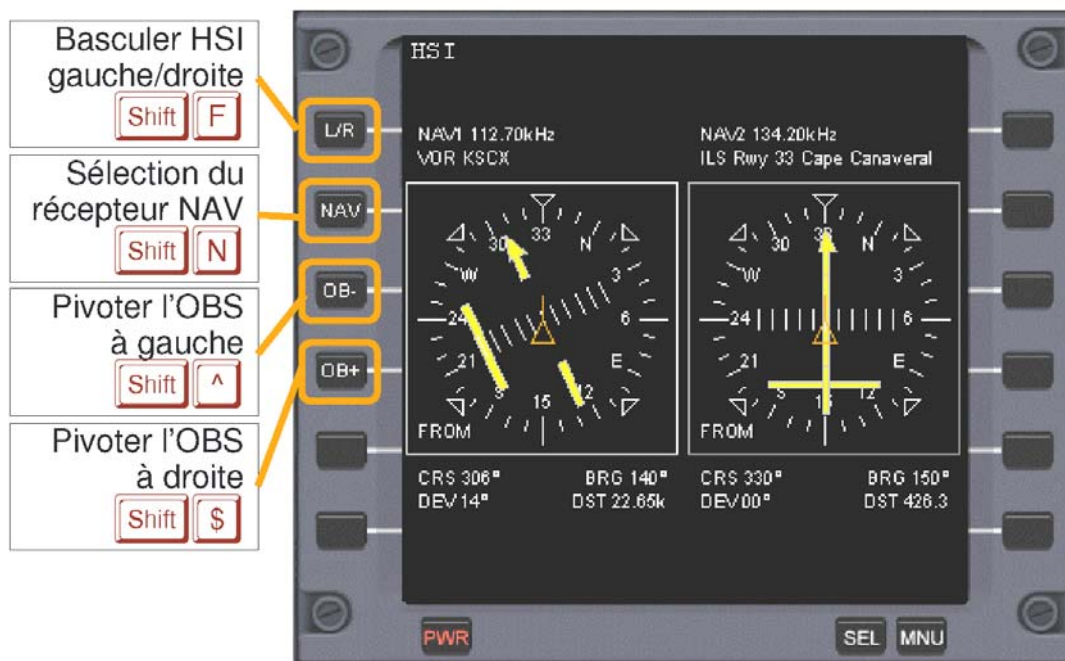
Lorsque vous vous réglez sur un émetteur ILS (*cône radio d'approche d'une piste*), l'instrument montre une barre additionnelle horizontale de couloir d'approche (*glide*) pour un guidage de descente vers la piste. Si la barre est centrée dans l'instrument, vous êtes dans le bon couloir d'approche. Si elle est dans la moitié supérieure, le couloir d'approche est au dessus de vous, c'est-à-dire que vous êtes trop bas. Inversement, si elle est dans la moitié inférieure, le couloir d'approche est sous vous et votre approche est trop haute.

Le taux de rafraîchissement pour le MFD HSI est de 4Hz ou bien est au taux le choisi par l'utilisateur dans la boîte de dialogue *Launchpad*, ce dernier étant plus élevé.

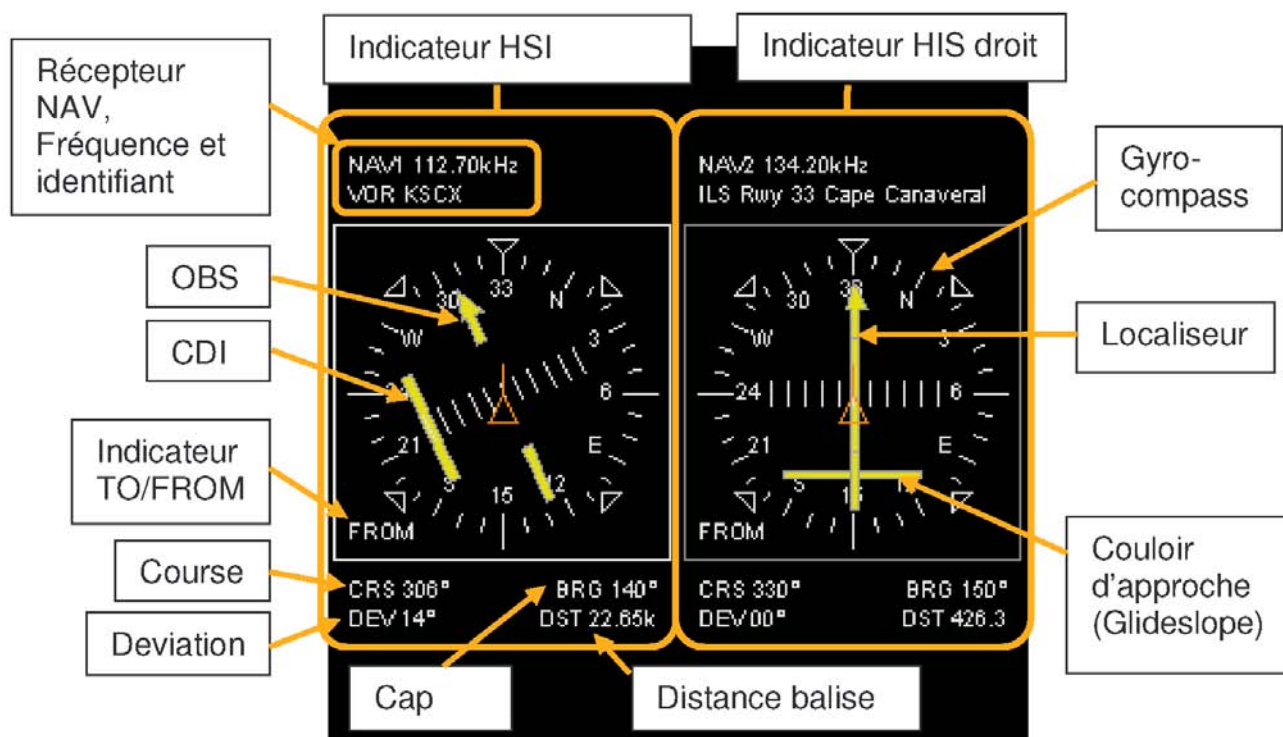
### Raccourcis clavier :

<b>Maj</b> <b>N</b>	Sélection du récepteur NAV
<b>Maj</b> <b>F</b>	Passer d'un instrument HSI à l'autre
<b>Maj</b> 	Tourner l'OBS sur la gauche (flèche jaune)
<b>Maj</b> 	Tourner l'OBS sur la droite (flèche jaune)

### Contrôles du MFD :



## Indicateurs du MFD:



### Pour utiliser le HSI pour une navigation en surface :

- Déterminez la fréquence de la station VOR que vous voulez utiliser (depuis la carte **Ctrl** , ou depuis la fenêtre de dialogue des informations des bases spatiales **Ctrl I** ) et activez l'un de vos récepteurs NAV sur la fréquence correspondante (sur le MFD COM/NAV)
- Associez l'un des écrans HSI au récepteur avec **Ctrl N**.
- Pour voler directement vers la station (balise), tournez l'indicateur OBS jusqu'à ce que la ligne CDI s'aligne avec la flèche, et que l'indicateur TO/FROM soit affiché "TO".
- Tourner le vaisseau jusqu'à ce que l'indicateur OBS pointe vers la position 12 heures, c'est-à-dire vers le haut du cadran (lorsque la flèche pointe vers le haut, la balise est face à vous).
- Si la barre CDI dérive vers la droite ou vers la gauche, tourner le vaisseau vers cette direction pour réaligner de nouveau les flèches. Plus la balise s'approchera, plus la barre sera sensible.
- Pour s'éloigner de la station, utilisez la même procédure, mais assurez vous que l'indicateur TO/FROM est sur "FROM".

### Pour utiliser le HSI comme instrument d'atterrissage :

- Assurez vous que la piste est équipée d'un ILS (voir dans la fenêtre info du port spatial, **Ctrl I** ), et activez l'un de vos récepteurs NAV sur la fréquence correspondante.
- Associez un des écrans HSI à ce récepteur.
- Dès que l'émetteur ILS est à portée, l'indicateur OBS va se tourner dans la direction d'approche et peut être utilisé comme un indicateur de localisation. En même temps, l'indicateur du couloir d'approche devient actif. Quand les deux indicateurs sont centrés en forme de croix, vous êtes parfaitement alignés dans le couloir de descente (glide) de la piste.



## 13.5 MFD Arrimage (docking)

Le MFD arrimage (*Docking*) vous aide durant l'approche finale afin de réaliser un arrimage avec un autre vaisseau ou une station orbitale. Les informations affichées sur l'écran de ce MFD ressemblent à celles du MFD atterrissage.

Il affiche des indicateurs d'alignement de translation et de rotation sur la trajectoire d'approche, ainsi que la distance et la vitesse d'approche par rapport à la cible.

Cet instrument s'appuie sur des données d'approche d'arrimage reçues par votre vaisseau spatial.

**Les données d'approche pour l'arrimage peuvent être reçues de trois manières différentes:**

- **Mode IDS:** les données viennent du signal radio envoyé par la cible. Le signal IDS (Instrument Docking System) est obtenu en réglant le récepteur NAV sur la fréquence correspondante et en associant le MFD Docking à ce récepteur. La portée moyenne de l'IDS est d'environ 100 km. Pour sélectionner un récepteur NAV, pressez **Maj N**. La fréquence sélectionnée est visualisée dans le coin en haut et à droite du MFD.
- **Mode visuel:** Les paramètres d'arrimage sont acquis par le système visuel embarqué (cameras vidéo montés dans le port d'arrimage). Le système visuel aide à l'arrimage avec une cible qui n'a pas d'IDS. La portée moyenne en mode visuel est d'environ 100 m. Pour basculer en mode visuel, presser **Maj V**.
- **Sélection directe de la cible:** Si vous voulez éviter d'avoir à vous brancher sur un signal de navigation, vous pouvez ouvrir la fenêtre de dialogue (**Maj T**) et entrer le nom de la cible (et un numéro de port d'arrimage optionnel égal ou supérieur à 1) directement. *(Cette sélection directe sera peut-être être abandonnée dans une future version).*

Mis à part leur origine différent de fonctionnement, ces trois modes disponibles sont identiques quant au principe de l'affichage sur l'écran du MFD.

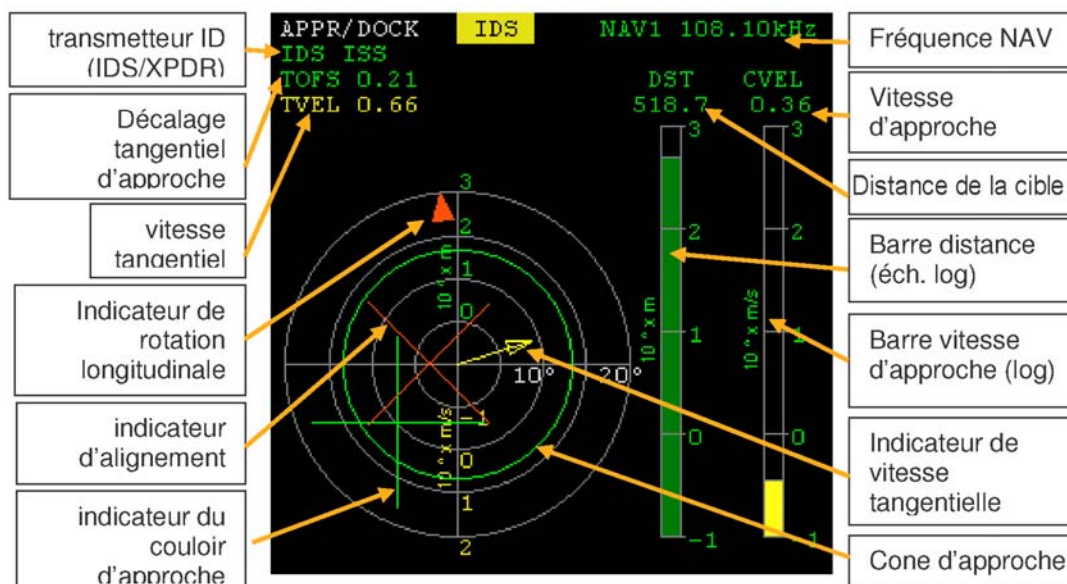
**Raccourcis clavier :**

<b>Maj N</b>	Sélectionne le récepteur NAV pour l'acquisition IDS d'informations.
<b>Maj V</b>	Bascule vers le mode visuel d'acquisition de données.
<b>Maj T</b>	Sélection directe de la cible et du port d'arrimage.

**Boutons de contrôle du MFD:**



## Indication de l'écran du MFD:



- **Source IDS** : identifie la source du signal de l'IDS actuel.
- **TOFS** : Décalage tangentiel par rapport au chemin d'approche. Cette valeur est en unités par rapport au cône d'approche de la cible. Une valeur < 1 indique une position dans le cône d'approche.
- **TVEL** : Vitesse tangentielle (vitesse relative) par rapport à la cible, projetée dans le plan normal du chemin d'approche, en mètres par seconde.
- **DST** : Distance entre les deux ports d'arrimage (vaisseau et cible), en mètres. La barre montre la distance sur une échelle logarithmique dans une gamme de 0,1 m à  $10^3$  m.
- **CVEL** : Vitesse d'approche en m/s. La barre montre la vitesse d'approche sur une échelle logarithmique dans une gamme de 0,1 m/s à  $10^3$  m/s. La couleur jaune indique une vitesse d'approche positive.

Le graphique circulaire montre l'alignement du vaisseau par rapport au couloir d'approche du port sélectionné.

- **Indicateur du couloir d'approche** : La croix verte indique la position du couloir d'approche relative au vaisseau. Lorsqu'il est centré, le vaisseau est aligné sur ce couloir d'approche. L'échelle radiale est logarithmique dans une gamme de 0,1 m à  $10^3$  m. L'alignement tangentiel peut être ajusté avec les moteurs de manœuvre en mode *linéaire* (voir chapitre 14.2).
- **Indicateur de vitesse tangentielle** : La flèche jaune indique la vitesse tangentielle de votre vaisseau par rapport à la cible. L'échelle radiale est logarithmique dans une gamme de 0,01 m/s à  $10^2$  m/s. La valeur numérique est la vitesse tangentielle en mètres par seconde. Pour aligner votre vaisseau avec le couloir d'approche, utilisez les micro moteurs de manœuvre en mode *linéaire* pour que la flèche jaune pointe droit sur l'indicateur du couloir d'approche.
- **Indicateur d'alignement** : La croix blanche (ou rouge) indique l'alignement de la direction du vaisseau avec celle du couloir d'approche. Quand elle est centrée, la direction d'approche du vaisseau est parallèle avec le couloir d'approche du port. La croix passe au rouge si l'écart de l'alignement est > 2,5°. L'échelle radiale est linéaire dans une gamme de 0 à 20°. Cet alignement d'inclinaison est ajustable avec les moteurs de manœuvre en mode *rotation* (voir chapitre 14.2).
- **Indicateur de rotation longitudinale** : Cette flèche indique l'alignement longitudinal du vaisseau avec le port d'arrimage. Pour l'aligner, cet indicateur doit être déplacé vers la position "12 heures" en pivotant le vaisseau autour de son axe longitudinal à l'aide des moteurs de manœuvre en mode *rotation* (voir chapitre 14.2). Quand l'alignement est obtenu, l'indicateur passe au blanc (écart d'alignement < 2,5°). A noter que cet indicateur est seulement visualisé quand l'alignement directionnel (voir ci-dessus) est à 5° au plus.
- **Cône d'approche** : Le cercle concentrique rouge ou vert indique la taille du cône d'approche à la distance actuelle du port d'arrimage. Le vaisseau doit s'approcher du port d'arrimage quand l'indicateur du couloir d'approche (croix verte) se trouve dans le cône d'approche (indiqué par un cercle vert). Le cône d'approche devient de plus en plus petit au fur et à mesure que l'instant de l'arrimage approche.

La vitesse d'approche doit être réduite lorsque le vaisseau est proche du port d'arrimage (en utilisant les micro moteurs en mode rétro). La vitesse finale doit être < 0,1 m/s.

## Notes :

- Pour réussir un arrimage, vous devez vous approcher du port au moins à 0,3 m. Des restrictions supplémentaires pourront être ajoutées dans le futur (vitesse, alignement, etc.).
- Il n'y a pas de gestion de collision à ce jour. Si vous ratez un arrimage et continuez, vous verrez votre vaisseau passer à travers le vaisseau ou la station cible.

## 13.6 MFD Surface

Le MFD en mode *Surface* est un instrument qui permet d'assister le pilote pour un vol proche de la surface d'une planète ou d'un satellite.

Il contient les éléments d'affichage suivants:

- **Horizon artificiel** avec indicateurs de tangage et de roulis.
- **Indicateur de cap** avec ruban d'affichage des valeurs.
- **Indicateur d'altitude** avec un repère pour visualiser le périégée et l'apogée.
- **Vitesse verticale** avec ruban d'affichage des valeurs.
- **Accélération verticale** avec ruban d'affichage des valeurs.
- **Vitesse horizontale** avec ruban d'affichage (4 modes : IAS/TAS/GS/OS)
- **Accélération** avec ruban d'affichage des valeurs.
- **Angle d'attaque** avec ruban d'affichage des valeurs.
- **Données atmosphériques**
- **Position équatoriale** (longitude et latitude, et taux de variation)

Les données atmosphériques suivantes sont affichées (si applicable) :

- **OAT** : Température extérieure de l'atmosphère en degrés Kelvin (K°).
- **M** : Nombre de Mach. ( $M=v/a$ , avec  $v$  = vitesse dans l'air et  $a$  = vitesse du son).
- **DNS** : Densité atmosphérique  $\rho$  [ $\text{kg m}^{-3}$ ]
- **STP** : Pression statique [Pa]
- **DNP** : Pression dynamique  $q = \frac{1}{2} \rho v^2$  [Pa].

Raccourcis clavier :

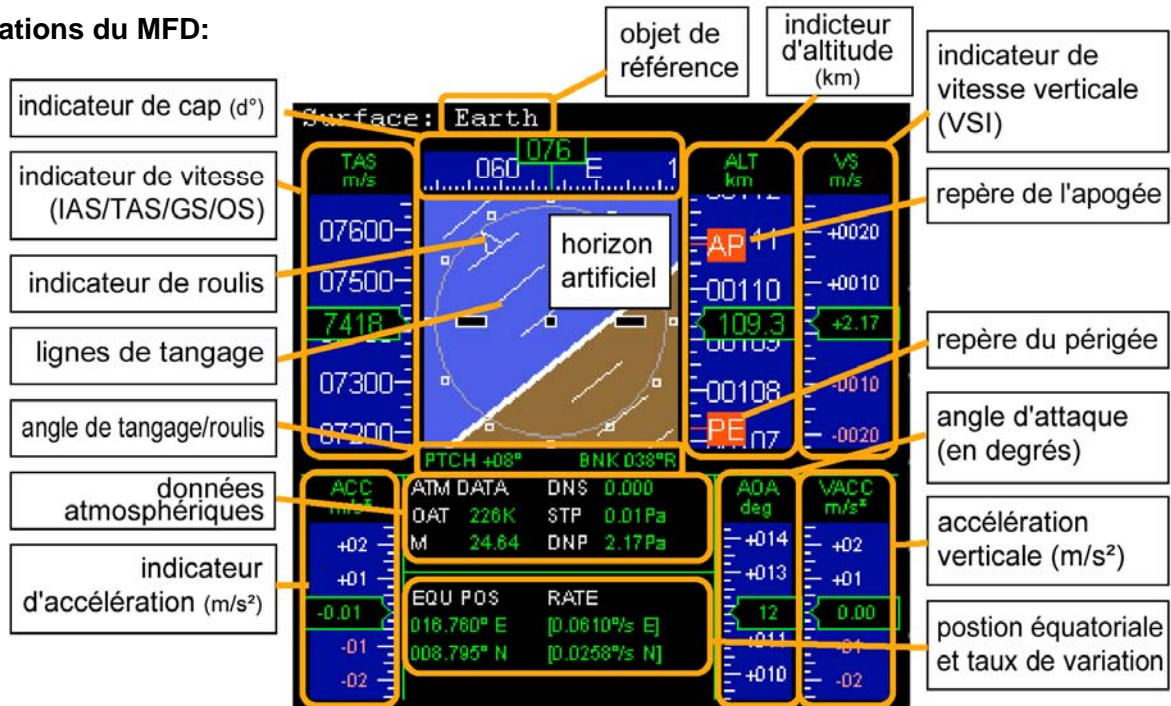
<b>Maj I</b>	Sélectionne l'affichage de la <b>vitesse-air indiquée</b> ( IAS )
<b>Maj T</b>	Sélectionne l'affichage de la <b>vitesse-air vraie</b> ( TAS )
<b>Maj G</b>	Sélectionne l'affichage de la <b>vitesse relative au sol</b> ( GS )
<b>Maj O</b>	Sélectionne l'affichage de la <b>vitesse orbitale</b> ( OS )
<b>Maj H</b>	Rallume (ou change) le HUD en mode <b>surface</b>

Boutons de contrôle du MFD





## Indications du MFD:



## Modes d'affichage de la vitesse:

L'utilisateur peut choisir entre quatre différents modes d'affichage pour l'indication de la vitesse:

- TAS (vitesse air vraie):** Vitesse de l'engin spatial par rapport à l'atmosphère environnante. Cette vitesse est généralement mesurée avec un Pitot-tube se trouvant dans le courant d'air, enregistrant la différence entre la pression du courant d'air *entrant* dans le tube (*freestream pressure*) et celle de l'air *statique* (*stagnation point pressure*). Le TAS mode est disponible uniquement si le *freestream pressure*  $p_1 > 10^{-4}$  Pa (sur Terre, cela correspond à environ 140 km d'altitude). Si le TAS ne peut pas être mesuré, la vitesse indiquée sur le ruban est réinitialisée à 0 et l'affichage indique "----".
- IAS (vitesse indiquée):** Habituellement utilisée pour les avions conventionnels. IAS est étalonné par rapport à la densité atmosphérique et à la vitesse du son, au niveau de la mer. IAS et TAS sont similaires à basse altitude, mais commencent à se différencier à plus haute altitude, avec  $IAS < TAS$ . La limite  $p_1 > 10^{-4}$  Pa s'applique également pour IAS.
- GS (vitesse par rapport au sol):** Valeur du vecteur-vitesse du vaisseau, adapté au vecteur-vitesse de la planète en rotation prise en référence. Ceci est similaire au TAS à basse altitude, mais s'écarte à plus haute altitude. Habituellement, TAS n'est plus disponible à une altitude où les différences deviennent significatives.  
Remarque: Pour un objet en orbite géostationnaire, la GS est à zéro car il est à l'arrêt par rapport à la rotation de la planète référence.
- OS (vitesse orbitale):** Vitesse du vaisseau par rapport au centre de la planète dans un système immobile (*non tournant*). Ceci est identique à la lecture de "Vel" dans le MFD Orbite.  
Remarque: OS est en général différent de zéro pour un vaisseau posé et immobile sur la surface d'une planète, car la planète elle-même tourne.

Le ruban d'affichage de la vitesse situé à gauche de l'horizon artificiel affiche la vitesse du vaisseau dans le mode sélectionné. Le ruban d'affichage de l'accélération se situant dessous indique le taux de variation de la vitesse dans le même mode. Les rubans d'affichage de la vitesse verticale et de l'accélération verticale ne sont pas affectés par le mode d'affichage de la vitesse.

Le taux de rafraîchissement pour cet instrument est de 4Hz, ou bien celui de l'utilisateur défini dans la boîte de dialogue *Launchpad*, qui peut être supérieur.

**Technical background:** Orbiter uses a compressible flow model to calculate indicated airspeed:

$$v_{IAS} = a_s \sqrt{\frac{2}{\gamma-1} \left[ \left( \frac{p_0 - p_1}{p_s} + 1 \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]}$$

where  $p_0$  and  $p_1$  are the stagnation and freestream pressures, respectively,  $p_s$  and  $a_s$  are the standard sea level values for static pressure and speed of sound, and  $\gamma$  is the ratio of specific heats.  
 The stagnation point pressure  $p_0$  is obtained from the true airspeed by

$$v_{TAS} = a_1 \sqrt{\frac{2}{\gamma-1} \left[ \left( \frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]}$$

where  $a_1$  is the freestream speed of sound.



## 13.7 MFD carte (*map*)

Le MFD en mode carte montre la surface d'une planète ou d'un satellite en projection équatoriale. Pour les planètes dont aucune carte n'est disponible, seule la grille des longitudes et des latitudes sera affichée.

L'intersection du plan actuel de votre orbite avec la surface de la planète est affichée comme une courbe **verte** ou **rouge**. Votre position sur la trajectoire est indiquée par une croix **blanche**. La partie verte de la courbe est la section de votre orbite passant *au dessus* de la surface de la planète. La partie rouge, si visualisée, indique une section de l'orbite *au dessous* de la surface de la planète.

La présence d'une partie rouge indique aussi une trajectoire balistique qui se traduira par un impact sur la surface, à moins que le périégée soit relevé par une poussée de réacteur avant le contact au sol.

Les points d'intersection de la trajectoire avec la surface sont indiqués par un carré rouge et un carré vert, où le rouge indique le point d'impact.

Ce point d'impact ainsi affiché peut être utilisé comme une aide approximative pour estimer le temps d'allumage nécessaire des rétrofusées afin de déclencher la re-entrée.

Notez que même les orbites qui n'ont pas de point d'intersection avec la surface peuvent ne pas être stables si elles passent au travers d'atmosphères planétaires qui pourront entraîner d'importantes traînées et donc freinage.

En plus de votre propre orbite, la trajectoire d'un objet cible (par exemple un engin spatial ou un satellite) orbitant autour du même astre peut être affichée. Cette trajectoire sera affichée en **jaune**, et la position de la cible est indiquée par une croix **jaune**. Si la trajectoire de la cible passe sous la surface de l'astre central, il n'y aura pas de marque particulière.

Notez que les courbes de trajectoire montrent l'intersection du plan orbital au moment en cours, et non la projection au sol du trajet réel des corps en orbite. Cela signifie que la courbe va se déplacer horizontalement le long de la surface de la planète avec le temps, en raison de la rotation de la planète survolée.

Les bases de surface sont signalées par des carrés rouges. La position de la base sélectionnée et sa distance par rapport au vaisseau sont affichées. En outre, les projections des plans orbitaux du vaisseau et de la cible sélectionnée sont tracés sur la surface de la planète.

L'affichage de la carte peut montrer soit la pleine surface de la planète en vue globale (360° x 180°), soit une plus petite surface (180° x 90°) avec un zoom en mode 2x. Des boutons permettent de faire défiler l'affichage de la carte pour observer les parties non visibles.

Sinon, en passant en mode *poursuite* (*track mode*), la position courante du vaisseau est maintenue au centre de l'écran. Dans ce cas, la fonction de défilement est désactivée.

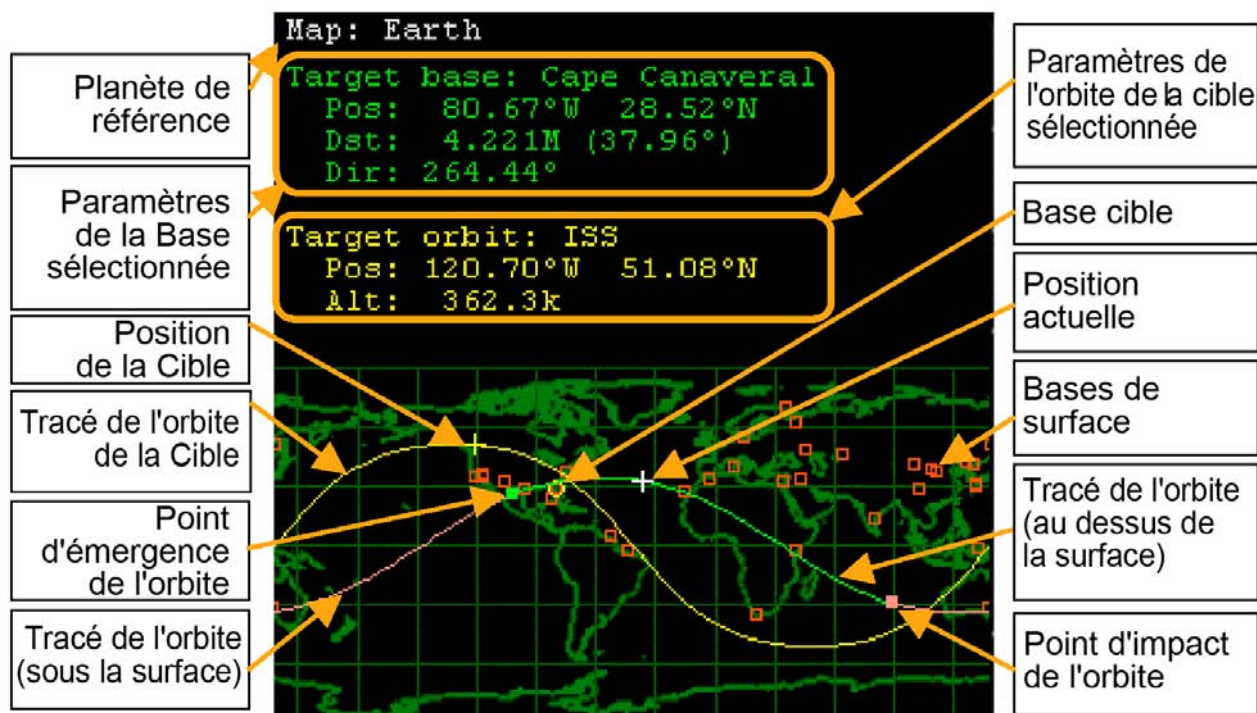
### Raccourcis clavier et boutons du MFD :

<b>Maj</b> <b>R</b>	<b>REF</b>	Ouvre une fenêtre pour sélection de la référence. (planète ou satellite)
<b>Maj</b> <b>T</b>	<b>TGT</b>	Ouvre un menu pour la sélection d'une cible
<b>Maj</b> <b>K</b>	<b>TRK</b>	Active / désactive le mode de poursuite automatique ( <i>track mode</i> )
<b>Maj</b> <b>W</b>	<b>ZM</b>	Bascule entre vue globale de la carte ou zoom 2x
<b>Maj</b> <b>⏮</b>	<b>&lt;&lt;</b>	Fait défiler la carte vers la gauche (non disponible en mode poursuite)
<b>Maj</b> <b>\$</b>	<b>&gt;&gt;</b>	Fait défiler la carte vers la droite (non disponible en mode poursuite)
<b>Maj</b> <b>) ]</b>	<b>UP</b>	Fait défiler la carte vers le haut (non disponible en mode poursuite ou vue globale)
<b>Maj</b> <b>=</b>	<b>DN</b>	Fait défiler la carte vers le bas (non disponible en mode poursuite ou vue globale)

## Boutons de contrôle du MFD :



## Indications de l'écran du MFD :



### Base cible (*target base*) :

- **Pos :** Coordonnées équatoriales (longitude, latitude) de la base sélectionnée.
- **Dst :** Distance au sol entre le vaisseau et la base sélectionnée.
- **Dir :** Direction de la base depuis le vaisseau.

### Orbite cible (*target orbit*) :

- **Pos :** Coordonnées équatoriales (longitude, latitude) de la projection de la position de la cible.
- **Alt :** Altitude actuelle de la cible.

### Remarques :

- Seuls les objets (engins spatiaux, stations orbitales ou satellites) en orbite autour de la planète référence seront acceptés comme orbite cible.
- Seules les bases situés sur la planète référence en cours seront acceptées comme bases cibles.
- Le plan orbital de votre vaisseau sera représenté uniquement si vous êtes en orbite autour de la planète de référence en cours.

## 13.8 MFD Alignement du plan orbital (*Align orbital plane*)

Ce mode de MFD aide le pilote à modifier l'inclinaison du plan de son orbite dans l'espace pour qu'elle corresponde avec l'inclinaison du plan orbital de la cible.

Par exemple, cela peut-être le plan orbital d'un autre vaisseau, d'un satellite, d'une station orbitale, ou du Papy's bar.

L'instrument contient les éléments orbitaux adéquats (inclinaison et longitude du nœud montant) de l'orbite actuelle et de celle de la cible. Il montre aussi l'inclinaison relative (angle entre les deux plans), les angles des rayons vecteurs actuels vers les nœuds montants et descendant, le temps restant avant l'arrivée au nœud suivant, et l'estimation du temps nécessaire d'allumage des moteur.

Voir le chapitre 16.4 pour voir comment utiliser ce MFD.

Le plan cible peut être soit défini en fonction du plan orbital de l'autre objet, soit en spécifiant les paramètres qui définissent les orientations d'un plan orbital: l'inclinaison et la longitude du nœud ascendant par rapport à l'écliptique de référence. 🤖

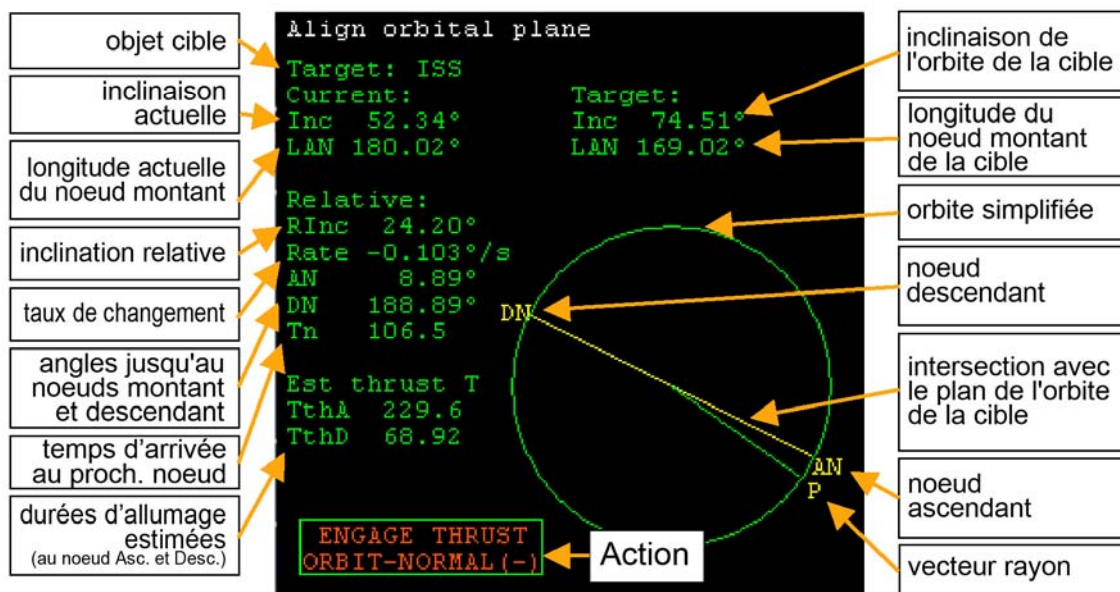
### Raccourcis clavier :

<b>Maj T</b>	Entrer un nouvel objet cible ou les paramètres orbitaux de la cible.
<b>Maj E</b>	Entrer le plan cible avec l'inclinaison sur l'écliptique et la longitude du nœud ascendant.

### Boutons de commande du MFD:



## Indications de l'écran du MFD:



L'écran du MFD montre une orbite simplifiée, indiquant les directions des nœuds **ascendant** (AN) et **descendant** (DN) de l'intersection de l'orbite actuelle avec l'orbite visée, ainsi que notre position actuelle (P) le long de l'orbite. Les distances angulaires de la position actuelle jusqu'au prochain passage au AN et DN sont affichées sur la gauche de l'écran, dans une plage allant de 0° à 360°. Le temps restant jusqu'au passage au prochain nœud (Tn) est également affiché.

Les lectures de l'inclinaison relative entre l'orbite actuelle et l'orbite cible (*RInc*), et du taux de variation de l'inclinaison relative,  $dRInc/dt$  (*Rate*) aide à la synchronisation du temps de mise en marche des moteurs pour réaliser l'alignement.

Enfin, le temps estimé de mise en marche des moteurs nécessaire pour s'aligner sur l'orbite voulue est indiqué, en supposant que le moteur principal soit réglé à la poussée maximum, et dirigé perpendiculairement au plan orbital.



Vous remarquerez que la modification de la vitesse requise (Delta-V), et donc la durée de combustion, dépend de la vitesse orbitale, et peut donc être différente selon que l'on se trouve au nœud ascendants ou au nœud descendant, si l'orbite n'est pas circulaire. Le MFD montre les durée de combustion nécessaires à la fois pour le nœud ascendant (**TthA**) et pour le nœud descendant (**TthD**).



**Astuce** : Il est souvent plus économique en carburant d'atteindre une orbite plus excentrique avant d'effectuer le changement de plan, de sorte que le rayon-distance de l'un des nœuds soit augmenté. Dans ce cas, le Delta-V correspondant en sera diminué. En particulier, si le changement de plan doit être combiné avec d'autres modifications d'orbite, une planification minutieuse de l'enchaînement des séquences de mises à feu du moteur peuvent aider à minimiser les dépenses de carburant.



## 13.9 MFD synchronisation d'orbite

Le MFD de synchronisation d'orbite aide le pilote à rattraper un objet se trouvant en orbite autour du même astre, une fois l'alignement des plans orbitaux effectué (voir chapitre précédent).

Ce MFD montre les orbites de votre vaisseau et de l'objet cible, avec un axe de référence, et affiche une liste de durées nécessaires pour que les deux objets atteignent cet axe après un nombre défini d'orbites.



Pour que cet instrument travaille correctement, les plans orbitaux des deux objets doivent coïncider. L'inclination relative des plans orbitaux est montrée en bas à gauche ("**RInc**"). S'il devient plus grand que **1°**, réalignez les deux plans orbitaux avec le MFD-Alignement (*Align Orbital Planes MFD*). Dès que les deux plans sont bien alignés (sur le même plan), toutes les manœuvres ultérieures doivent être exécutées dans ce plan.

### Touches raccourcis clavier :

<b>Maj</b> <b>T</b>	Sélection de l'objet cible. Seuls les objets orbitant autour du même astre que votre vaisseau sont acceptés.
<b>Maj</b> <b>,</b>	Sélection du mode de l'axe de référence. Les intersections 1 et 2 ne sont disponibles que s'il y a intersections des orbites.
<b>Maj</b> <b>M</b> / <b>%</b>	Fait pivoter l'axe de référence (mode manuel seulement).
<b>Maj</b> <b>N</b>	Sélection du nombre de différentes orbites d'intersection contenues dans la liste

### Boutons de contrôle du MFD:

Sélection de l'objet cible  
**Maj** **T**

Changer de mode d'intersection  
**Maj** **,**

Nombre dans la liste  
**Maj** **N**

Rotation du point d'intersection  
**Maj** **M**

Rotation du point d'intersection  
**Maj** **%**

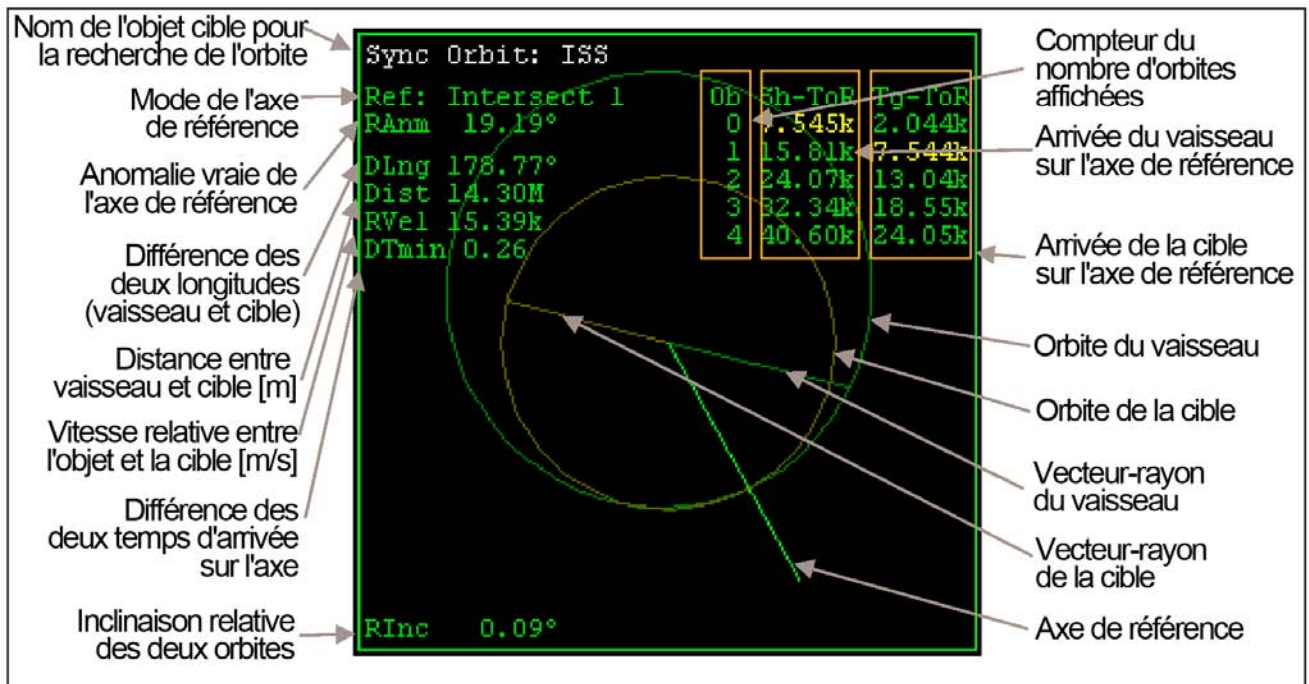
Sync Orbit: ISS

Ref:	Intersect	1	Ob	Sh-ToR	Tg-ToR
RAnm	24.30°		0	3.066k	184.7
DLng	154.42°		1	11.08k	5.676k
Dist	16.37M		2	19.08k	11.17k
RVel	12.84k		3	27.09k	16.66k
DTmin	92.27		4	35.10k	22.15k

RInc 0.01°

PWR SEL MNU

## Indications de l'écran du MFD:



- **Objet cible** : La cible à rattraper est visualisée dans la ligne de titre en haut de l'écran (en blanc). Cette cible peut être sélectionnée avec les touches **Maj T**.
- **Axe de référence** : Un axe pour lequel chaque point d'intersection est calculé. Il peut être sélectionné avec **Maj ,** pour les configurations suivantes: intersection d'orbite 1 et 2 (si disponible), périastre et apoastre du vaisseau et de la cible, et manuellement. L'axe en mode manuel peut être pivoté dans un sens ou dans l'autre avec **Maj M** ou **Maj %**.
- **Anomalie vraie de l'axe de référence (RAnm)** : La direction de l'axe de référence en fonction de la direction du périastre du vaisseau.
- **Différence de longitude (DLng)** : Angle entre le vaisseau et la cible vu depuis le corps céleste central.
- **Distance (Dist)** : Distance entre le vaisseau et la cible (en mètres).
- **Vitesse relative (RVel)** : Vitesse relative entre le vaisseau et la cible (en mètres par seconde).
- **Différence du temps d'arrivée (DTmin)** : Ceci est la différence de temps minimum (en secondes) entre l'arrivée du vaisseau et de la cible au point de référence, pour chaque orbites listées (voir ci dessous).
- **Inclinaison de l'orbite relative (RInc)** : Inclinaison entre les plans orbitaux du vaisseau et de la cible.
- **Liste d'arrivée sur référence (Sh-ToR et Tg-ToR)** : Liste des intervalles de temps pour que notre vaisseau ou la cible arrive sur le point de référence (ou d'intersection) sélectionné. Le numéro des orbites peut être sélectionnés avec **Maj N**. Les deux intervalles de temps calculés les plus proches sont indiqués en **jaune**. La valeur DTmin se rapporte à cet ensemble de deux temps.
- **Sh-ToR (Ship To Reference)** : Temps avant que le vaisseau n'arrive au triple point d'intersection des deux orbites (vaisseau et cible) et de l'axe de référence.
- **Tg-ToR (Target To Reference)** : Temps avant que la cible n'arrive au triple point d'intersection des deux orbites (vaisseau et cible) et de l'axe de référence.



Pour l'utilisation de ce MFD en mode synchronisation d'orbite, voir chapitre 16.5.

## 13.10 MFD Transfert

Ce MFD en mode Transfert est utilisé pour calculer les orbites de transfert entre les planètes ou les satellites (ou plus généralement, entre tout objet ayant une orbite différente, pour lequel le MFD Synchronisation d'orbite (*MFD Sync orbit*) n'est pas efficace).

A noter que maintenant Orbiter contient le **MFD TransX** de Duncan Sharpe en module additionnel, lequel surpasse le MFD Transfert. *TransX* est décrit dans un document séparé ([TransXmanualv3](#), situé dans le dossier **Doc** de votre Orbiter).

### Raccourcis clavier :

<b>Maj R</b>	Ouvre une fenêtre pour sélectionner l'astre de référence (planète ou satellite).
<b>Maj S</b>	Ouvre un menu pour sélectionner l'orbite de l'objet source.
<b>Maj T</b>	Ouvre un menu pour sélectionner la cible.
<b>Maj N</b>	Désélectionne la cible.
<b>Maj X</b>	Montre ou cache l'affichage de l' <b>HTO</b> ( <i>Orbite de Transfert Hypothétique</i> ) à l'écran.
<b>Maj ,</b>	Alterne le calcul de trajectoire multiple avec rebond planétaire.
<b>Maj U</b>	Rafraîchit la trajectoire numérique, si affichable.
<b>Maj W</b>	Ouvre une fenêtre pour entrer la définition du pas temporel.
<b>Maj M / %</b>	Fait pivoter la longitude de l'éjection en orbite de transfert.
<b>Maj ) ] / =</b>	Diminue ou augmente la différence de vitesse d'éjection.

### Boutons de contrôle du MFD :

The diagram shows the MFD Transfert interface with various buttons and keyboard shortcuts labeled. The interface displays orbital data for a transfer from Earth to the Moon.

**Left side labels:**

- Sélection objet de référence: **Maj R**
- Sélection orbite source: **Maj S**
- Sélection cible: **Maj T**
- Désélect. cible: **Maj N**
- Basculer orbite hypothétique: **Maj X**
- Trajectoire multiple: **Maj ,**

**Right side labels:**

- Mise à jour trajectoire: **Maj U**
- Pas temporel: **Maj W**
- Rotation point d'éjection: **Maj M**
- Rotation point d'éjection: **Maj %**
- Diminue  $\Delta V$ : **Maj )**
- augmente  $\Delta V$ : **Maj =**

**Interface buttons:** REF, SRC, TGT, NT, HTO, NUM, UPD, STP, EJ-, EJ+, DV-, DV+, PWR, SEL, MNU.

**Interface text:** Transfer [Ref: Earth], Src [self], TrL 207.12°, Tgt Moon, TrL 240.88°, TLi 66.46°, HTO, TLe 34.85°, DTa 315.4k, Dv 898.1, TLi 286.35°, DTi 1.295M, Num orbit, Stp 700, T 683.4k, RInc 0.01°.



## Indications de l'écran du MFD :

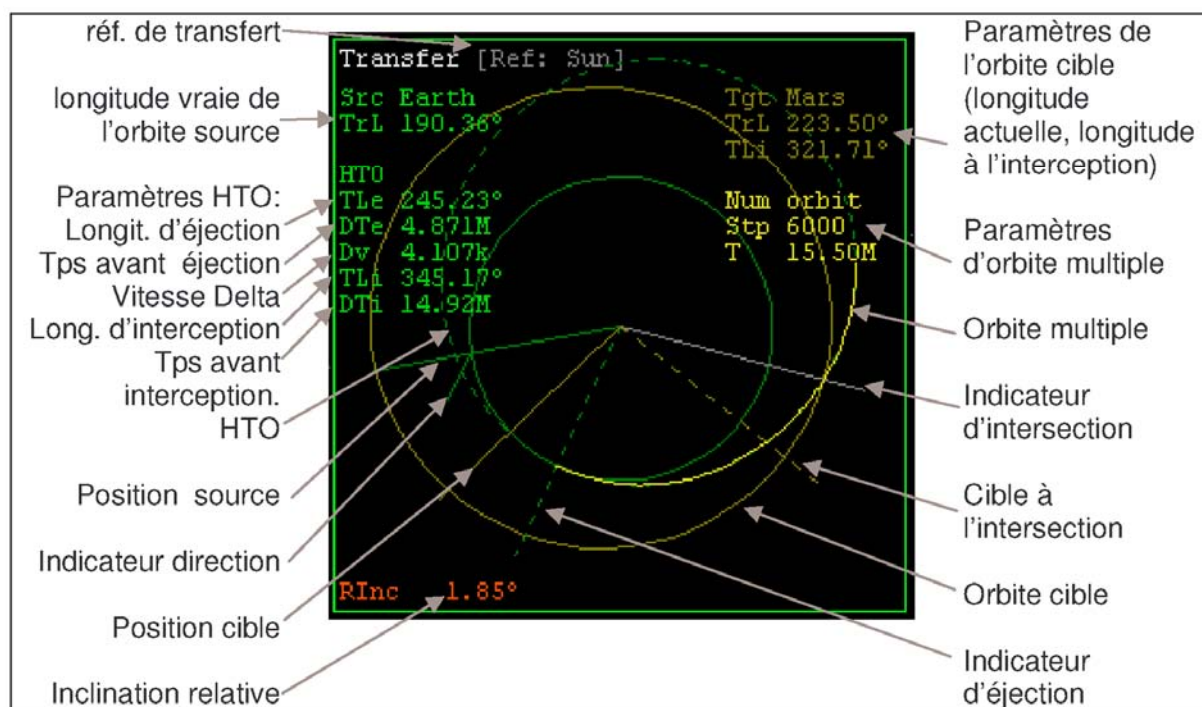


Figure 13.10 : MFD en mode Transfert.

Le MFD Transfert ressemble au MFD Orbite : Il montre l'orbite *source* et l'orbite *cible*, relatives à une orbite de référence sélectionnée. L'orbite source est généralement l'orbite actuelle de votre vaisseau, bien que parfois le choix d'une source différente est plus judicieuse (voir plus bas). Le MFD calcule l'alignement des plans orbitaux source et cible, bien que cette condition ne peut pas généralement être satisfaite de façon précise pour des orbites interplanétaires.

### Sélection de l'orbite source

L'orbite source est l'orbite à partir de laquelle vous serez "éjecté" vers l'orbite de transfert. Généralement, l'orbite source sera l'orbite actuelle du vaisseau. Dans certains cas, il est cependant préférable d'utiliser une source différente. Par exemple, pour un transfert interplanétaire de la Terre vers Mars, on utilisera le Soleil comme référence. Si nous prenions comme source le vaisseau, l'orbite de transfert serait fortement perturbée par le champ terrestre. Dans ce cas, il est donc préférable d'utiliser la Terre directement en tant que orbite source.

Chaque fois que la source n'est pas celle du vaisseau, un petit indicateur de direction sera affiché sur la position de la source actuelle afin de montrer la direction du vaisseau par rapport à la source. Cela apporte une aide pour calculer le temps d'allumage nécessaire pour réaliser l'éjection. (Par exemple, indicateur de direction pointant dans une direction éloignée de celle du Soleil).

### Orbite de transfert hypothétique (HTO)

Contrairement au MFD-Orbite, ce MFD vous permet de tracer une *orbite de transfert hypothétique* (HTO), laquelle permet d'établir un scénario "ce-qui si", sans avoir à changer l'orbite actuelle. L'affichage de l'HTO peut être activé ou désactivé par les touches **Maj X**. Cela calcule un point sur l'orbite source où devrais avoir lieu l'allumage d'éjection prograde ou rétrograde.

Le HTO possède deux paramètres :

- la longitude du point auquel doit avoir lieu l'allumage d'éjection (ajusté avec **M / %**)
- le changement de vitesse durant l'allumage (ajusté avec **)] / =**).

L'HTO est représentée par une courbe verte pointillée s'étendant dans le MFD. La position du point d'allumage pour l'éjection est indiquée par un rayon-vecteur vert pointillé.

Un certain nombre de paramètres sont visibles quand l' HTO est affichée :

- Tle** : Longitude vraie du point d'éjection de l'orbite
- DTe** : Temps restant avant l'arrivée sur le point d'éjection [en secondes]
- Dv** : Différence de vitesse résultant par l'allumage pour l'éjection [en mètres par seconde]
- TLi** : Longitude vraie de l'interception avec l'orbite cible (si applicable)
- DTi** : Temps avant l'interception avec l'orbite cible (si applicable) [en secondes]



## Indicateur d'interception

Si l'orbite source (ou l'HTO si affichée) coupe l'orbite cible, le point d'intersection est marqué par une ligne grise, et la longitude d'intersection est affichée (TLi). La position de la cible au moment où le vaisseau atteindra le point d'intersection est marquée par une ligne jaune pointillée. Le but est d'ajuster l'HTO pour que la ligne grise et la ligne jaune pointillée coïncident, c'est-à-dire que le vaisseau et la cible arrivent en même temps au point d'intersection.

## Orbite de transfert d'Hohmann

Une orbite de transfert qui touche l'orbite cible (par exemple où les longitudes d'éjection et d'intersections ont un écart de 180°) est appelée *une orbite de transfert d'Hohmann à énergie minimum*, parce qu'elle minimise la quantité de carburant nécessaire durant l'éjection et l'injection sur orbite. Les orbites de transfert avec un grand axe supérieur nécessitent plus de carburant, mais sont plus rapides que les orbites de Hohmann.

## Allumage d'éjection

Une fois le HTO réglé, l'allumage pour l'éjection aura lieu une fois le point d'éjection atteint (quand les lignes vertes pleines et pointillées coïncident). L'allumage d'éjection est prograde (ou rétrograde) donnant l'orbite par rapport à la référence actuelle. Quand l'allumage a lieu, l'orbite (ligne verte pleine) va approcher l'HTO. La poussée est terminée quand les orbites coïncident avec l'HTO, et que Dv est devenu égal à zéro. Après l'éjection, l'affichage de l'HTO doit être éteint de sorte que les paramètres d'interception soient montrés pour l'orbite de transfert en cours.

## Calcul de trajectoire à multi rebonds gravitationnels

Les orbites sources, cibles et de transfert vues ci-dessus sont valables pour deux astres. Cependant le MFD Transfert permet aussi le calcul de trajectoire multiple par multi-rebonds gravitationnels, pour estimer l'effet de sources gravitationnelles multiples. La visualisation de la trajectoire multi-rebond est possible par **Maj ,**. La trajectoire est indiquée par une ligne jaune brillante.

Le calcul est effectué par étape de temps, en commençant à la position source en cours, ou (si affiché) depuis le point d'éjection HTO. Le calcul de trajectoire peut varier au fil du temps, et n'est pas automatiquement mis à jour. Il peut l'être manuellement par **Maj U**. L'intervalle de temps entre chaque étape est automatiquement ajusté pour fournir une bonne précision. Le nombre d'étapes temporelles, et donc la longueur de la trajectoire, peut être choisie via **Maj W**. Le nombre des étapes temporelles, et l'intervalle de temps total couvert par la trajectoire, sont affichés sous "Num orbit" dans le MFD.

## Transferts interplanétaires

L'utilisation du MFD Transfert pour réaliser une orbite de transfert de la Terre vers la Lune est assez facile. Pour des transferts interplanétaires (ex : de la Terre à Mars) quelques précautions sont à prendre :

- Pour les transferts interplanétaire, la référence doit être le soleil, et l'orbite source doit être celle de la planète autour de laquelle le vaisseau tourne. En effet, l'orbite du vaisseau par rapport au Soleil pourrait être sérieusement perturbée par cette planète.
- Le vaisseau doit être sur une orbite avec une inclinaison égale à zéro par rapport à l'écliptique, avant l'éjection. L'inclinaison relative entre les orbites source et cible ne peuvent pas être ajustées, elle est juste donnée par l'inclinaison relative entre les orbites des planètes.
- L'allumage pour l'éjection doit se faire quand le soleil est en opposition (donc quand le vaisseau se trouve au niveau de la face sombre de la planète), c'est-à-dire quand la vitesse orbitale du vaisseau est additionnée à la vitesse de la planète. Cela est le cas quand l'indicateur du vaisseau source est dirigé dans une direction opposée au Soleil.
- Immédiatement avant l'allumage pour l'éjection, changez l'orbite source (donc celle de la planète) pour celle de votre vaisseau, afin que le Dv puisse être estimé.

## 13.11 MFD personnalisé ( ex: Profil de montée ou d'ascension)

Ce mode de MFD est uniquement disponible si le plugin “Custom MFD” est activé dans la section *Modules* du panneau de lancement.

Le mode MFD profil de montée peut être sélectionné avec les touches **Maj F1** - **Maj P**

Le profil de montée enregistre un certain nombre de paramètres du vaisseau et les affiche dans des graphiques sur l'écran du MFD.

### Les enregistrements suivants sont affichés :

- Altitude en fonction du temps.
- valeur de l'angle de tangage en fonction de l'altitude.
- Vitesse radiale en fonction de l'altitude.
- Vitesse tangentielle en fonction de l'altitude.

### Indications de l'écran du MFD

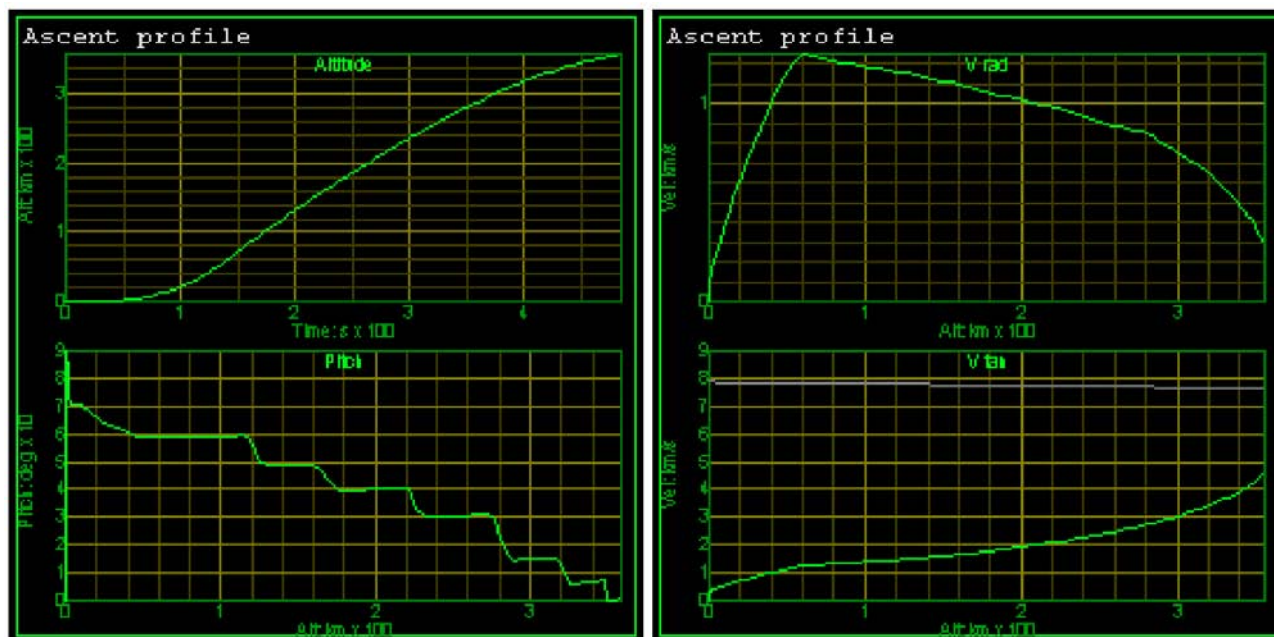


Figure 13.11 : MFD en mode profil d'ascension , pages 1 et 2.

### Raccourcis clavier :

<b>Maj P</b>	Tourne la page de visualisation. (page 1 – page 2)
<b>Maj Q</b>	Règle l'échelle de l'altitude.
<b>Maj R</b>	Règle l'échelle de la vitesse radiale.
<b>Maj T</b>	Règle l'échelle de la vitesse tangentielle

Les paramètres sont relevés toutes les 5 secondes. Un total de 200 relevés sont stockés et visualisés en boucle. Par défaut, l'échelle des axes est ajustée automatiquement, mais un réglage manuel est possible.

### Insertion en orbite circulaire

Dans le graphique *Vitesse tangentielle* (Vtan), une ligne grise indique la vitesse orbitale pour une orbite circulaire en fonction de l'altitude. Si la vitesse tangentielle du vaisseau traverse cette ligne pour une altitude donnée, alors que sa vitesse radiale croise la ligne de la valeur zéro, c'est que la mise en orbite circulaire est terminée.

## 14 Les contrôles des vaisseaux

Ce chapitre contient des instructions sur la manière de contrôler votre vaisseau spatial dans l'espace (en dehors de l'influence des forces aérodynamiques dues à une atmosphère). Nous considérerons un vaisseau "générique". Notez que le maniement des différents types d'engins spatiaux peut varier considérablement. Lisez toujours les instructions d'utilisation des vaisseaux, si disponibles.


### 14.1 Les moteurs principaux, rétropropulseurs et de sustentation (hover)

**Les moteurs principaux** accélèrent le vaisseau vers l'avant et les rétro propulseurs vers l'arrière.


Ils sont commandés par :

 pour augmenter la poussée des moteurs principaux ou réduire celle des rétro propulseurs.

 pour diminuer la poussée principale ou augmenter celle des rétro propulseurs.

 pour stopper instantanément les moteurs principaux ou les rétro propulseurs.

Les réacteurs peuvent être temporairement « boostés » par :

 moteurs principaux à 100% de leur puissance.

 rétro propulseurs à 100% de leur puissance.

Si disponible, un joystick ayant une manette des gaz peut être utilisé pour régler la puissance des moteurs principaux.

L'accélération **a** du vaisseau résultant des moteurs principaux ou des rétro propulseurs dépendent de la force **F** produite par les moteurs et de la masse **m** du vaisseau selon la formule suivante:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$


A noter que **a** et **F** sont des vecteurs, ceci signifiant qu'ils ont une direction et une magnitude. En l'absence de forces additionnelles (telles que la gravitation ou la résistance atmosphérique), le vaisseau se déplacera à une vitesse constante **v** aussi longtemps qu'aucun moteur ne sera engagé. Dès qu'un moteur sera allumé, la vitesse du vaisseau sera modifiée selon la formule suivante:

$$\frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = \mathbf{a}(t) \quad \text{ou} \quad \mathbf{v}(t) = \mathbf{v}(t_0) + \int_{t_0}^t \mathbf{a}(t') dt'$$

A noter que pour une poussée constante **F**, l'accélération va progressivement augmenter au fur et à mesure que le carburant sera consommé, résultant de la réduction de masse **m** du vaisseau.

**Les moteurs de sustentation**, s'ils sont disponibles, sont montés sous le fuselage pour procurer une poussée verticale.

Ils sont commandés par :

 pour augmenter la puissance

 pour diminuer la puissance

Ils sont utiles pour compenser les forces gravitationnelles sans avoir besoin d'incliner l'engin vers le haut pour obtenir une poussée vers le haut par les moteurs principaux.

Le mode d'engagement des moteurs principaux ou des rétro propulseurs et les accélérations correspondantes sont affichées en haut et à gauche du HUD ("**Main**"). La barre indiquant la valeur de la poussée est verte pour une poussée positive (**principale**) et jaune pour une poussée négative (**rétro**).

La valeur de la poussée des moteurs de sustentation est aussi affichée, si applicable ("**Hover**"). Les valeurs d'accélération sont en m/s<sup>2</sup>.

Les vaisseaux disposant de tableaux de bord personnalisés ont souvent leurs propres indicateurs des niveaux de poussée des différents réacteurs.

Les vaisseaux équipés d'ailerons se déplaçant en atmosphère ne nécessitent habituellement pas de moteurs de sustentation (excepté parfois pour le décollage et l'atterrissage), car ils produisent d'eux même une force verticale due à la portance de l'air, comme un avion normal. Cette portance dépend de la vitesse et elle s'effondrera sous un certain seuil de vitesse (vitesse de décrochage).

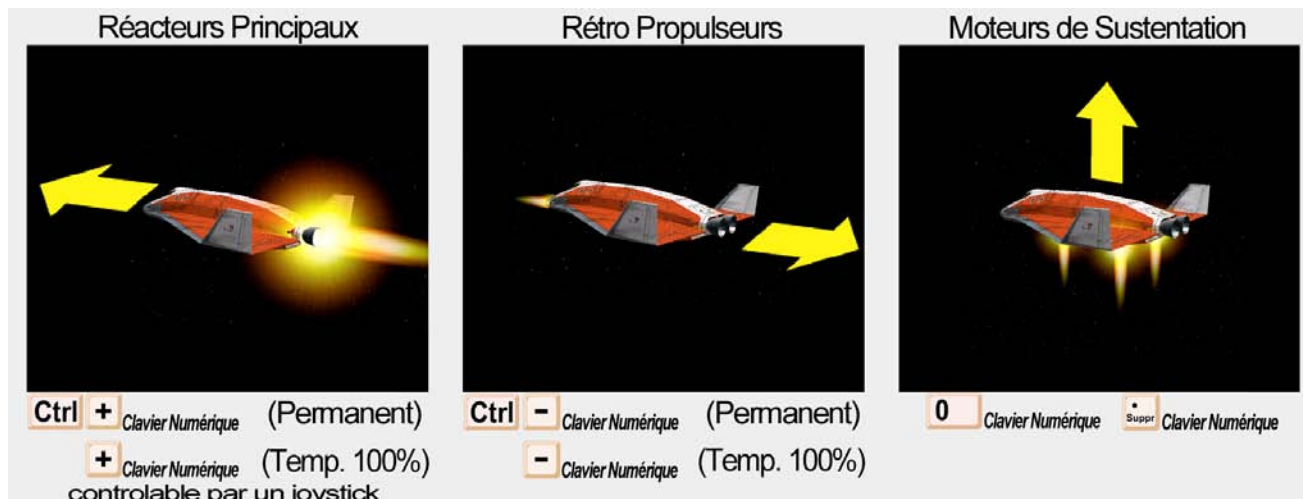


Figure 14.1a: Accélération des moteurs principaux, rétro propulseurs et moteurs de sustentation.

L'estimation de la poussée maximum dans le vide des moteurs, ainsi que la masse du vaisseau, sont visibles dans la tableau des caractéristiques et informations du vaisseau que vous pouvez appeler en tapant **Ctrl I**. Les valeurs sont données en Newton ( $1\text{N} = 1\text{kg m s}^{-2}$ ). Notez que les estimations actuelles peuvent être inférieures en présence de la pression atmosphérique ambiante.

**Remarque** : dans la version actuelle d'ORBITER, pour que le DeltaGlider puisse avoir ses rétro propulseurs fonctionnels, il faut les activer en appuyant sur l'interrupteur vers le bas. Cet interrupteur se trouve à droite du tableau de bord 2D. (voir image ci-contre).



Figure 14.1b

## 14.2 Les propulseurs d'attitude (ou de manœuvre)

Les moteurs d'attitude ou de manœuvre sont des petits moteurs activés par paire pour engager une rotation ou un mouvement de translation du vaisseau. En mode rotation, les moteurs de manœuvre sont allumés en paires croisées pour produire un moment de rotation (ex: un moteur à l'avant droit et un autre à l'arrière gauche pour pivoter dans le sens inverse des aiguilles d'une montre). En mode translation, les moteurs sont allumés en paires parallèles pour produire un moment linéaire (ex: un moteur à l'avant droit et un autre à l'arrière droit pour aller vers la gauche). Le mode en cours est indiqué en haut et à gauche du HUD (**Att ROT** ou **Att LIN**) et sélectionné par Pavé numérique.

Les moteurs de manœuvre peuvent être contrôlés par un joystick ou le clavier.

**En mode rotation :**

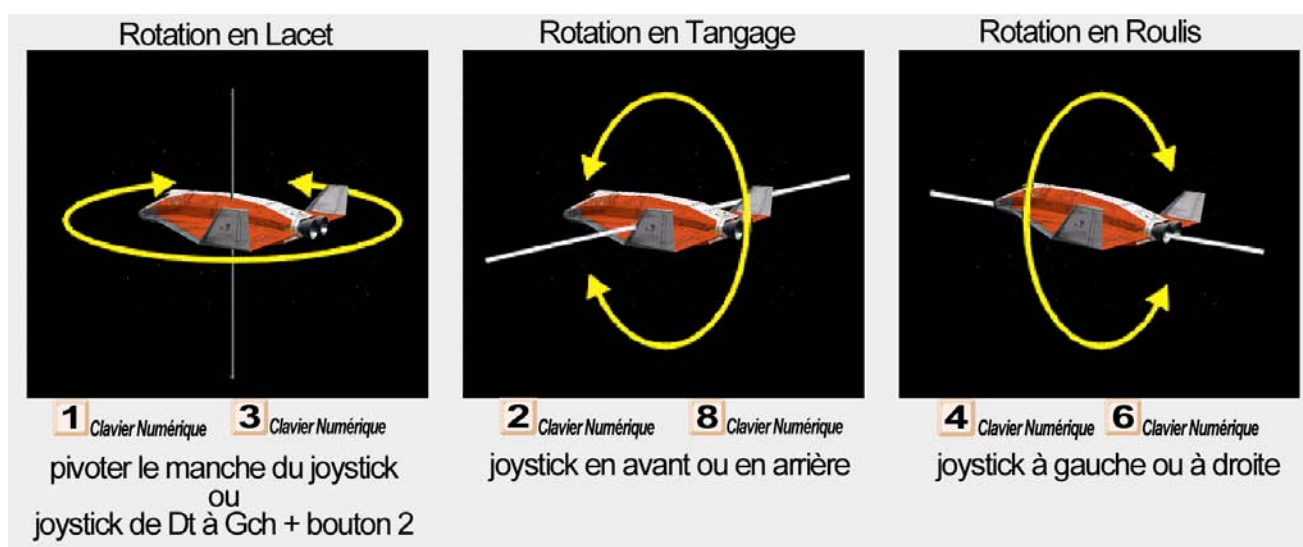


Figure 14.2a : Moteurs de manœuvre en mode rotation.



## En mode translation :

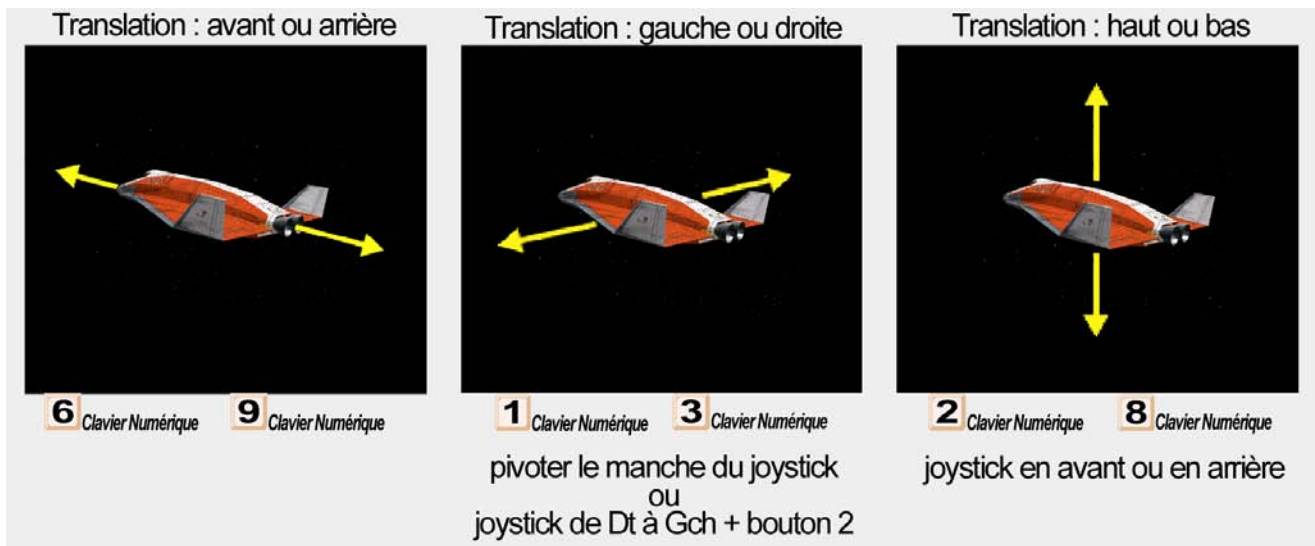




Figure 14.2b : Moteurs de manœuvre en mode translation (linéaire).

En mode translation, le vaisseau peut être accéléré de façon linéaire en avant ou en arrière, vers la gauche ou la droite, vers le haut ou le bas.

Pour un contrôle précis des moteurs de manœuvre avec le clavier, utilisez la touche **Ctrl** en combinaison avec une des touches du pavé numérique. Cela aura pour effet d'allumer les moteurs à 10% de leur puissance.

Enfin, une fonction de contrôle très importante est la suivante :

si vous appuyez sur la touche **5** Pavé numérique, cela aura comme conséquence d'allumer les moteurs de manœuvre appropriés pour stopper automatiquement la rotation du vaisseau. On l'appelle la **séquence d'arrêt de rotation** ( *Kill rotation sequence* en  ) 

## 15 Aides à la radio navigation

Orbiter utilise différents types de radio transmetteurs et de récepteurs radio pour fournir des informations aux systèmes de navigation du vaisseau. La plupart des vaisseaux sont équipés d'un ou plusieurs récepteurs radio NAV qui peuvent être réglés sur la fréquence d'un radio transmetteur de navigation, et fournir des informations aux systèmes de navigation du vaisseau.

Pour régler un récepteur NAV, ouvrez le MFD en mode **Comm** avec **Maj C**

Ensuite, sélectionnez un récepteur avec **Maj ;** ou **Maj :**.

Puis réglez la fréquence avec **Maj ⌘**, **Maj \$**, **Maj )]**, **Maj =** pour trouver un émetteur.

Les types suivants de radio transmetteurs **navaid** sont supportés par Orbiter :

- **VOR** : radio balises omnidirectionnelles de surface, ayant habituellement une portée de plusieurs centaines de kilomètres. Les signaux VOR peuvent être vu par le MFD HSI (indicateur de situation horizontale) ou par le MFD VTOL/VOR, pour obtenir des informations de direction et de distance. Une carte avec les positions des VOR est disponible avec **Ctrl ,**. Les fréquences des transmetteurs VOR situés en surface sont aussi disponibles dans le tableau de la base d'information que l'on peut ouvrir avec **Ctrl I**.
- **VTOL** : (*Vertical Take-Off and Landing*). Les sites d'atterrissages peuvent être équipés avec un radio transmetteur d'aide à l'atterrissage de courte portée, pour les décollages et atterrissages verticaux. Ce signal peut être vu sur le MFD VTOL/VOR, pour pouvoir obtenir des information d'alignement pour l'atterrissage. La liste des radio transmetteurs VTOL disponibles peut être obtenue grâce à la fenêtre d'information des bases de surface affichable avec **Ctrl I**.
- **ILS** : Un certain nombre de pistes sont équipées d'un système d'atterrissage aux instruments (ILS) qui fournissent les informations du cap de la piste et du couloir de descente (*glideslope*). Les informations de l'ILS sont obtenues par le MFD en mode HSI. Les fréquences ILS sont disponibles depuis le tableau de la base d'information des bases de surface.
- **XPDR** : Certains vaisseaux et certaines stations orbitales sont équipés de transpondeurs d'identification de longue portée. un signal XPDR peut être reçu par le MFD arrimage (*Docking*) pour obtenir des informations de distance et de vitesse d'approche. Ce signal est aussi reconnu par le HUD en mode arrimage (*Docking*), lequel affichera un rectangle représentant la cible, un vecteur de vitesse relatif à la cible, et sa distance. Le HUD arrimage (*Docking*) peut être associé à un récepteur NAV avec **Ctrl R**). Les fréquences XPDR peuvent être obtenues grâce à la fenêtre d'information du vaisseau toujours avec **Ctrl I**.
- **IDS** : Système d'arrimage aux instruments. La plupart des stations spatiales et des vaisseaux fournissent des signaux d'approche de faible portée pour leurs ports d'arrimage (portée de 10 km). Ce signal est utilisable par le MFD arrimage (*Docking*) pour obtenir les informations nécessaires pour l'alignement du vaisseau par rapport au port d'arrimage. Il peut aussi être utilisé pour le HUD arrimage (*Docking*) afin d'afficher le chemin d'approche par une série de rectangles. Les fréquences IDS sont disponibles dans la fenêtre d'information du vaisseau que l'on peut toujours et encore ouvrir avec **Ctrl I**.

Pour savoir comment régler ou modifier un transmetteur XPDR ou IDS dans le script d'un fichier de configuration d'un vaisseau ou d'une base spatiale, voir le document [3DModel](#).

## 16 Les manœuvres basiques de vol

Les techniques de vol suivantes sont le plus souvent de ma propre invention. Elles semblent plausibles, mais comme je ne suis pas un expert du vol spatial (bien qu'un enthousiaste amateur) elles peuvent être inefficaces ou complètement erronées. Les corrections et suggestions seront toujours les bienvenues.

### 16.1 Vol en surface

Par *vol en surface* nous parlons de vol à proximité de la surface d'une planète sans être en orbite, et où la gravité de la planète doit être compensée par l'application d'un vecteur d'accélération, plutôt que d'une situation de chute libre en provenance d'une orbite. Les transferts **surface** → **surface** (d'une base située au sol à une autre) se font habituellement par un vol *en surface*.

#### Si la planète n'a pas d'atmosphère :

Dans ce cas, les seules forces actives sur votre vaisseau sont les forces gravitationnelles de la planète et les vecteurs dus à la poussée produite par les moteurs. Il n'y a pas de friction atmosphérique pour réduire la vitesse du vaisseau. Le modèle de vol sera donc différent de celui d'un avion normal.

La méthode la plus simple, mais probablement pas la plus efficace pour un vol en surface, est la suivante:

- Utiliser les moteurs de sustentation pour compenser la force de gravité (qui peuvent être programmés de façon automatique par le mode "*Hold altitude*"). Une attitude horizontale sera également maintenue de cette manière.
- Naviguer avec de courtes séquences d'allumage des propulseurs principaux.
- Si la vitesse de croisière horizontale est importante, le plan de vol peu approcher une trajectoire d'orbite. Dans ce cas, la puissance des moteurs de sustentation doit être réduite pour maintenir l'altitude. Dans le cas extrême où une vitesse horizontale dépasse la vitesse orbitale d'une orbite circulaire à l'altitude zéro, le vaisseau va prendre de l'altitude même en coupant les moteurs de sustentation. La conséquence sera de rentrer dans une orbite elliptique, en étant au périastre.

#### Si la planète a une atmosphère :

En volant à travers une atmosphère, le modèle de vol sera similaire à celui d'un avion, en particulier si votre appareil est un avion, avec des ailes qui vont produire une portance fonction de la vitesse. Comme avec un avion, vous devrez appliquer une poussée continue pour compenser le freinage atmosphérique et maintenir une vitesse dans l'air constante. Si votre appareil produit une portance suffisante, les moteurs de sustentation ne seront pas indispensables tant que la vitesse ne descendra pas en dessous de la vitesse de décrochage comme par exemple lors d'un décollage ou d'un atterrissage vertical. Si votre appareil ne génère pas de portance, les moteurs de sustentations devront être utilisés, ou l'appareil devra être incliné pour que la poussée principale fournisse un léger vecteur vertical pour compenser la force de gravité. Notez que la montée produite par les moteurs est dépendante de la vitesse.

### 16.2 Lancement vers une orbite

Le lancement depuis la surface pour atteindre une orbite basse est un des gros problèmes de base du vol spatial. Durant la première partie du décollage, le vaisseau a besoin d'appliquer une poussée verticale pour s'arracher de la gravité et prendre de l'altitude. Quand le vaisseau s'approche de l'altitude souhaitée, l'angle de tangage doit être réduit pour augmenter l'accélération horizontale, afin d'atteindre une vitesse orbitale suffisante. Une orbite stable est achevée quand le périée est suffisamment élevé au-dessus de la surface de la planète pour que la force de friction avec l'atmosphère de celle-ci soit nulle ou négligeable.

Les objets en orbite tournent généralement dans le même sens de rotation que la planète elle-même, afin de profiter du gain de vitesse fourni par cette rotation de la planète. (C'est pour cette raison que, sur Terre, les fusées sont lancées vers l'est). C'est également pour cette raison que les sites situés le plus près possible de l'équateur sont les plus performants, car ils permettent de profiter d'une vitesse initiale plus importante pour le vaisseau lancé, grâce à la rotation de la planète.

#### En pratique :

(En partant du principe que le vaisseau se trouve posé sur notre bonne vieille planète Terre).

- Réglez le HUD en mode *Surface*, un des MFD en mode *Surface*, et l'autre MFD en mode *Orbite*.
- Allumez les moteurs de sustentation à au moins  $10\text{m/s}^2$ .
- Une fois décollé de la surface du sol, tournez en direction de l'est (à  $90^\circ$  sur le compas HUD).
- Levez le nez à  $70^\circ$ , et allumez en même temps les moteurs principaux à pleine puissance.
- Plus la vitesse air augmente, plus vous pouvez diminuer progressivement la puissance des moteurs de sustentation, jusqu'à la valeur zéro.
- Plus vous gagnez de l'altitude, plus vous pouvez réduire le tangage (ex :  $60^\circ$  à 20km,  $50^\circ$  à 50km,  $40^\circ$  à 80km, etc...)

- Dès que l'altitude désirée est atteinte (par exemple 200 km), faites chuter à zéro la vitesse verticale et l'accélération, en réduisant le tangage. (et non pas en coupant les moteurs). L'angle du tangage peut encore devoir être légèrement supérieur à zéro car une partie du vecteur poussée est requise pour contrer la gravitation, jusqu'à ce que la pleine vitesse orbitale soit atteinte.
- À mesure que la vitesse tangentielle augmente, le tangage doit être réduit pour maintenir une altitude constante.
- Dès que la vitesse tangentielle pour obtenir une orbite circulaire est atteinte (excentricité = 0), les moteurs doivent être coupés.

## 16.3 Changement d'orbite

Pour changer la forme de votre orbite sans changer le plan orbital, le vecteur poussée doit être appliqué rigoureusement dans le plan orbital. Les manœuvres les plus simples sont les suivantes : soit modifier l'altitude de l'apogée, soit modifier celle du périégée.

- Pour augmenter la distance de l'apogée par rapport au sol : Attendez jusqu'à ce que le vaisseau soit au périégée. Appliquez un vecteur poussée en *prograde* (vaisseau orienté vers le vecteur vitesse, allumer les moteurs principaux).
- Pour diminuer la distance de l'apogée par rapport au sol: Attendez que le vaisseau soit au périégée. Appliquez un vecteur poussée en *rétrograde* (vaisseau orienté à l'opposé du vecteur vitesse, allumer les moteurs principaux).
- Pour augmenter la distance du périégée par rapport au sol: Attendez que le vaisseau soit à l'apogée. Appliquez un vecteur poussée en *prograde*.
- Pour diminuer la distance du périégée par rapport au sol: Attendez que le vaisseau soit à l'apogée. Appliquez un vecteur poussée en *rétrograde*.

### En pratique :

**Cas n°1:** Supposons que vous vouliez passer d'une orbite basse circulaire (par exemple 200 km) à une orbite circulaire plus haute (par exemple 1000 km).

- Tournez le vaisseau en *prograde* et allumez les moteurs principaux.
- Coupez la poussée dès que la distance de l'apogée arrive à la valeur de [1000 km + le rayon de la planète] (7370 km pour la Terre). Utilisez le MFD en mode *Orbite* pour surveiller tout cela.
- Attendez d'arriver au point apogée.
- Tournez de nouveau le vaisseau en *prograde*, et rallumez les moteurs principaux.
- Coupez les moteurs dès que la distance du périégée est égal à l'apogée, c'est-à-dire que l'excentricité est égale à 0.

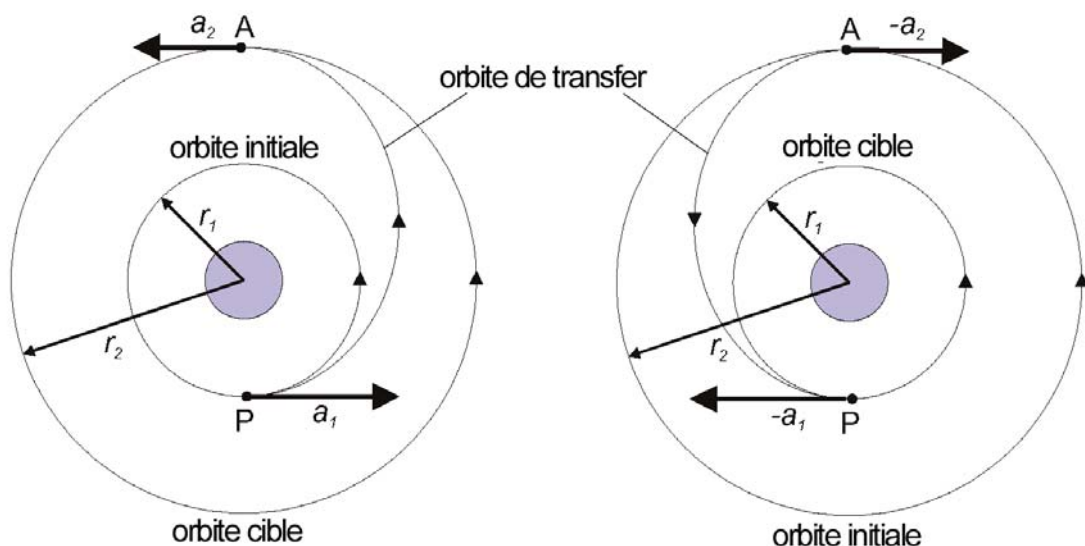


Figure 16.3 : Aller vers une orbite plus haute nécessite une accélération prograde aux points **P** et **A** (périégée et Apogée de l'orbite de transfert). Inversement, passer d'une orbite haute à une orbite plus basse nécessite une accélération rétrograde (freinage) au points **A** et **P**. (Target=cible)



**Cas n°2 :** Faire pivoter l'argument du point périégée d'une orbite elliptique (rotation de l'ellipse dans son plan).

- Attendez d'arriver au point périégée.
- Tournez le vaisseau en *rétrograde* et allumez les moteurs principaux jusqu'à ce que l'orbite soit circulaire (excentricité = 0).
- Attendez jusqu'à ce que vous soyez à la position désirée pour le nouveau périégée.
- Tournez le vaisseau en *prograde* et rallumez les moteurs principaux jusqu'à ce que l'excentricité voulue et la distance de l'apogée soient rétablies.

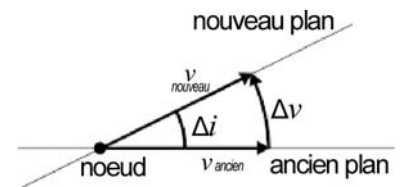
## 16.4 Inclinaison du plan orbital

Afin de réaliser un rendez-vous avec autre objet en orbite (par exemple une station spatiale) ou pour préparer un transfert vers la lune ou une planète, la première étape est d'aligner le plan orbital (PO) de votre vaisseau avec celui de la cible. Une fois sur le même plan orbital que votre cible, la plupart des problèmes de navigation seront essentiellement en deux dimensions, ce qui est beaucoup plus facile pour les calculs.

En terme d'éléments orbitaux, aligner le plan d'une orbite avec celui d'une autre orbite consiste à faire coïncider entre les deux orbites les deux éléments qui définissent leurs orientation dans l'espace: l'inclinaison ( $i$ ) et la longitude du nœud ascendant ( $\Omega$ ).

La technique habituelle pour incliner le plan orbital est de diriger le vaisseau perpendiculairement (en position dite « Normale ») au plan orbital actuel, et d'allumer les moteurs en étant au niveau de l'un des nœuds (l'endroit où se croisent les plans des deux orbites, celle du vaisseau et celle de la cible. Ceci aura pour effet d'incliner le PO autour d'un axe défini par votre vecteur rayon actuel

La valeur du  $\Delta v$  nécessaire pour faire tourner l'orientation du plan d'un angle donné  $\Delta i$  est proportionnelle à la vitesse orbitale  $v$ . Il est donc plus économique en carburant d'effectuer le changement de plan à l'endroit où  $v$  est le plus faible, c'est-à-dire proche de l'apogée. Pour une ligne donnée de nœuds, il est plus efficace d'exécuter le changement de plan au niveau du nœud le plus proche du périégée. Parfois, il peut même être utile de réaliser une orbite plus excentrique avant de manœuvrer pour changer de plan, de sorte que le rayon-distance de l'un des nœuds soit augmenté.



**En résumé :** pour aligner l'orbite de votre vaisseau avec un plan cible donné, il faut :

- Attendre jusqu'à atteindre l'intersection (nœud) de votre orbite avec le plan de la cible.
- Faire pivoter le vaisseau pour que son axe longitudinal soit perpendiculaire au plan de l'orbite actuelle (position Normale).
- Allumer les moteurs jusqu'à ce que le PO de votre vaisseau soit aligné avec le plan de la cible.

**Remarque :**

- Si l'angle entre le PO initial et celui de la cible est grand, il peut être nécessaire d'ajuster l'orientation du vaisseau durant la manœuvre pour garder une position perpendiculaire (« Normale ») sur le PO.
- Il peut ne pas être possible de pouvoir aligner le plan lors d'un seul passage sur un nœud. Dans ce cas, coupez les moteurs et attendez le passage au nœud suivant, mais cette fois en position *anti-Normale* (perpendiculaire inverse).
- Comme la manœuvre va prendre un temps bien défini  $\Delta T$ , les propulseurs doivent être allumés à environ  $\frac{1}{2} \Delta T$  avant l'arrivée au nœud. (par exemple si vous avez besoin de 30 secondes de poussée pour aligner les plans, allumez les moteurs 15s avant le nœud, et coupez-les 15s après).

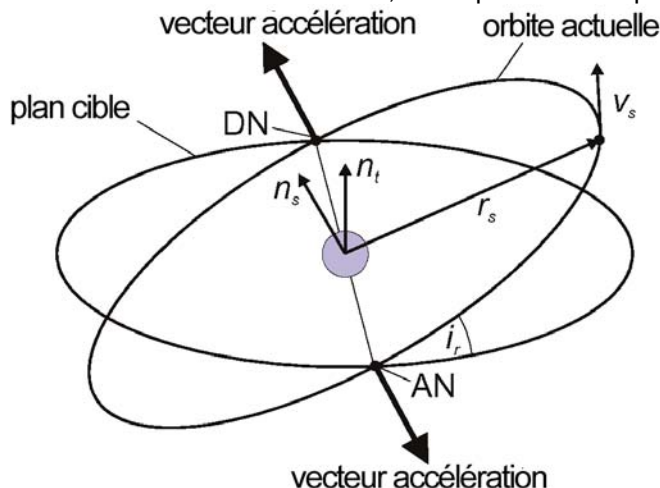


Figure 16.4 : Alignement du plan orbital.  $r_s$  : vecteur rayon.  $v_s$  : vecteur vitesse. AN: nœud montant. DN: Nœud descendant.  $n_s$ : Perpendiculaire du plan actuel.  $n_t$ : Perpendiculaire du plan de la cible.

La direction du vecteur perpendiculaire  $n_s$  est définie par la direction de la cible croisée  $r_s \times v_s$ . L'accélération doit être appliqué en direction  $-n_s$  au nœud montant (AN), et dans la direction  $+n_s$  du nœud descendant (DN). (voir Figure 16.4).

### En Pratique:

Ouvrez un MFD en mode *Alignement du plan orbital (align orbital plane)* et commencez par sélectionner votre objet cible désiré (voir chapitre 13.8). Ce MFD, comme son nom l'indique, est conçu pour vous aider dans votre manœuvre d'alignement des plans. Le HUD doit être en mode *orbite*.

Quand votre vaisseau se rapproche du nœud d'intersection de son PO avec celui de la cible, orientez-le perpendiculairement à son plan d'orbite, en position "*Normale*" (s'il se trouve au DN), ou en position « anti-perpendiculairement » c'est à dire en position "*anti-Normale*" (s'il se trouve au AN). Servez-vous des barres d'inclinaison du HUD *orbite* pour vous aider à trouver la bonne orientation pour réussir la manœuvre.



**Rappel :** En bas de l'écran (vue *cockpit virtuel*) il existe un bouton de mode de navigation qui vous met automatiquement en position *normale* ou *antinormale*, facilitant ainsi la manœuvre. ( Voir chapitre 12.4).

- Dès que le temps restant pour atteindre le nœud ( $T_n$ ) arrive à la moitié du temps de poussée estimé ( $T_{thA}$  or  $T_{thD}$  respectivement pour AN et DN), l'indicateur "*Engage thruster*" va se mettre à clignoter en rouge. Allumez les moteurs. Assurez vous bien que l'inclinaison relative ( $R_{Inc}$ ) diminue. En effet, si cette valeur augmente, c'est que vous pointez votre vaisseau dans la mauvaise direction !
- Ajustez l'orientation du vaisseau comme nécessaire pour rester perpendiculaire au plan orbital.
- Coupez les moteurs dès que l'indicateur passe sur "*Kill thruster*". (coupez les *propulseurs*).
- Si l'inclinaison relative n'a pas été suffisamment réduite, répétez la procédure au passage du nœud suivant en vous positionnant toujours perpendiculairement au plan de votre orbite, mais en inversant votre position.
- Durant la manœuvre, assurez vous que votre orbite ne devienne pas instable. Contrôlez en particulier son excentricité (utilisez pour cela le MFD *orbite*).

## 16.5 Synchronisation des orbites

Dans ce chapitre, nous considérons que les plans orbitaux du vaisseau et de la cible ont déjà été alignés.

L'étape suivante, lors d'une manœuvre de rendez-vous, et après avoir réalisé l'alignement des plans orbitaux du vaisseau et de la cible, consiste à modifier l'orbite du vaisseau (en restant dans le même plan) afin d'intercepter celle de la cible, pour que les deux objets (vaisseau et cible) arrivent simultanément au point d'interception désigné. Vous utiliserez le MFD *Synchronisation de l'Orbite* pour calculer l'orbite appropriée.

Par simplification, nous considérerons que les orbites du vaisseau et de la cible sont circulaires, et qu'elles ont le même centre. (pour synchroniser le « rayon orbital », voir le chapitre 16.3). Cela signifie que les deux objets ont les mêmes éléments orbitaux à l'exception de l'*anomalie moyenne*. La méthode pour intercepter la cible est la suivante:

- Réglez le mode *référence* du MFD *Synchronisation de l'orbite* sur "*Manuel*" (*manual*) et faites pivoter l'axe pour le placer sur votre position actuelle.
- Placez votre vaisseau en *prograde* (en utilisant le HUD en mode *orbite*) et allumez les moteurs principaux.
- L'orbite va devenir elliptique, avec une augmentation de l'altitude de l'apogée. Le périégée reste votre position actuelle. En même temps, la période de l'orbite et le temps nécessaire pour rejoindre l'axe de référence (ou point d'intersection) vont augmenter.
- Coupez les moteurs dès que l'un des temps  $Sh-ToR$  coïncide avec l'un des temps  $T_g-ToR$ .
- A ce moment là, vous n'avez plus qu'à attendre jusqu'à ce que vous interceptiez la cible au niveau de l'axe de référence.
- Au moment de l'interception, rallumez les moteurs en *rétrograde* pour obtenir de nouveau une orbite circulaire, et surveillez votre vitesse par rapport à celle de la cible : vous devez obtenir une vitesse identique à celle-ci.

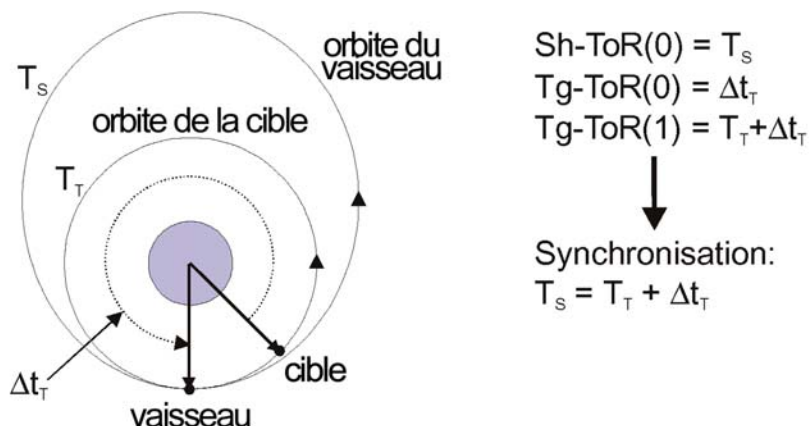


Figure 16.5 :  
Orbite de transition pour intercepter la cible au prochain passage du périégée.

## Remarques :

- Dans cette manœuvre, au lieu d'augmenter la distance de l'apogée, on peut allumer les moteurs en rétrograde et réduire le périégée. Ceci est plus efficace si la cible est devant notre vaisseau. Mais assurez vous que le périégée ne devienne pas dangereusement trop bas!
- Il devrait toujours être possible de synchroniser votre prochain ToR (orbite n° 0) avec le ToR de la cible à l'orbite n° 1. Si vous êtes un peu trop juste en carburant, il est peut être préférable de synchroniser des orbites plus tardives, si la manœuvre peut se faire avec le moins de distorsion possible par rapport à l'orbite originale. Par exemple, si la cible est un peu trop en avance par rapport à vous, vous devriez pratiquement doubler votre période orbitale pour l'intercepter à la prochaine orbite.
- Il n'est pas indispensable que les orbites soient identiques ou circulaires au départ de la manœuvre. Il suffit juste qu'elles puissent s'intercepter. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser le mode de référence 1 ou 2 pour l'axe de référence de l'intersection. (*MFD Synchronisation de l'orbite*).
- Vous n'avez pas forcément besoin d'attendre que vous soyez sur le point de référence avant d'allumer les moteurs, mais cela simplifie les choses. Sinon, le point d'intersection bougera de lui-même, rendant la synchronisation d'orbite plus difficile.

## 16.6 Atterrissage (piste en approche)

Certains des vaisseaux d'Orbiter permettent de réaliser une approche de piste d'atterrissage soit avec moteurs, soit en « vol plané », moteurs coupés, vers une piste, comme un avion classique. Ce sont le DeltaGlider et la Navette Spatiale. Le site d'atterrissage de la navette (*Shuttle Landing Facility ou SLF*) du Centre Spatial Kennedy fourni un bon exemple pour s'exercer à de telles approches d'atterrissage.

### Indicateurs d'approche visuelle

L'aide à l'approche visuelle du SLF est conçu pour l'atterrissage de la Navette Spatiale. Elle comprend un "indicateur de précision de chemin d'approche" (*Approach Path Indicator* ou PAPI) à longue portée, qui permet de s'aligner dans un couloir de descente, et un "indicateur visuel de couloir de descente" (*Visual Approach Slope Indicator* ou VASI) pour un alignement de plus courte portée. Le PAPI est réglé pour un couloir de descente avec une pente de 20° (environ 6 fois plus raide que pour un avion standard !). Le VASI est réglé pour un couloir de descente incliné à 1,5° pour l'approche finale, juste avant le toucher des roues.

### Indicateur de chemin d'approche de précision (*Precision Approach Path Indicator*) ou PAPI

Le PAPI se compose d'une rangée de 4 lumières, lesquelles apparaissent soit blanche, soit rouge, au pilote, selon que la position du vaisseau se trouve au-dessus ou en dessous du couloir d'approche (*glide*). En position d'approche correcte dans le couloir, le pilote verra 2 lumières blanches et 2 lumières rouges (*voir figure 16.6a*). Dans Orbiter, le SLF comporte 2 PAPI situés à chacun des deux directions d'approche de la piste, localisés à 2000 mètres avant les seuils des deux orientations de la piste.

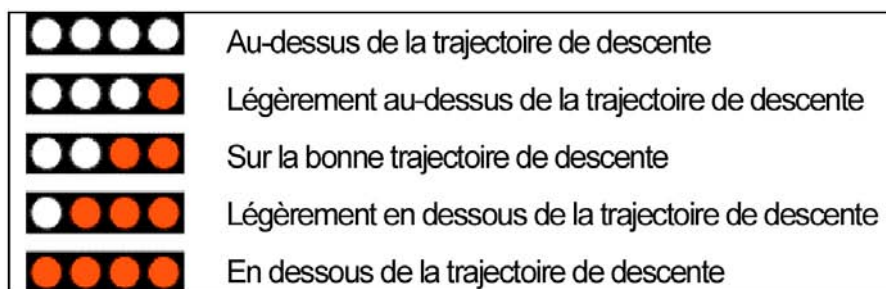


Figure 16.6a : Signaux de l'indicateur PAPI

### Indicateur de couloir d'approche visuel (*Visual Approach Slope Indicator*) ou VASI

Le VASI se compose d'une barre rouge lumineuse et d'un groupe de lumières blanches juste devant elle. Correctement placé dans le couloir, les lumières blanches seront alignées avec la barre rouge. (*voir figure 16.6b*). Au SLF, le VASI se trouve à environ 670 mètres après le seuil de la piste.

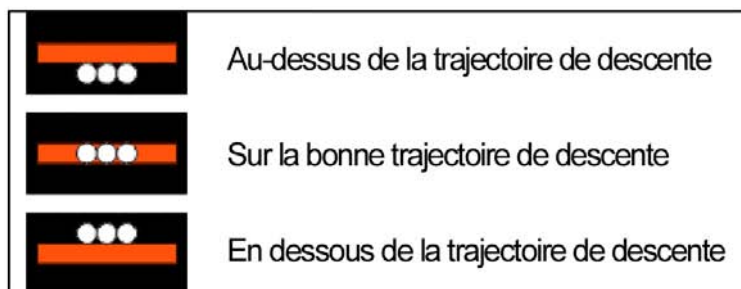


Figure 16.6b : Signaux de l'indicateur VASI

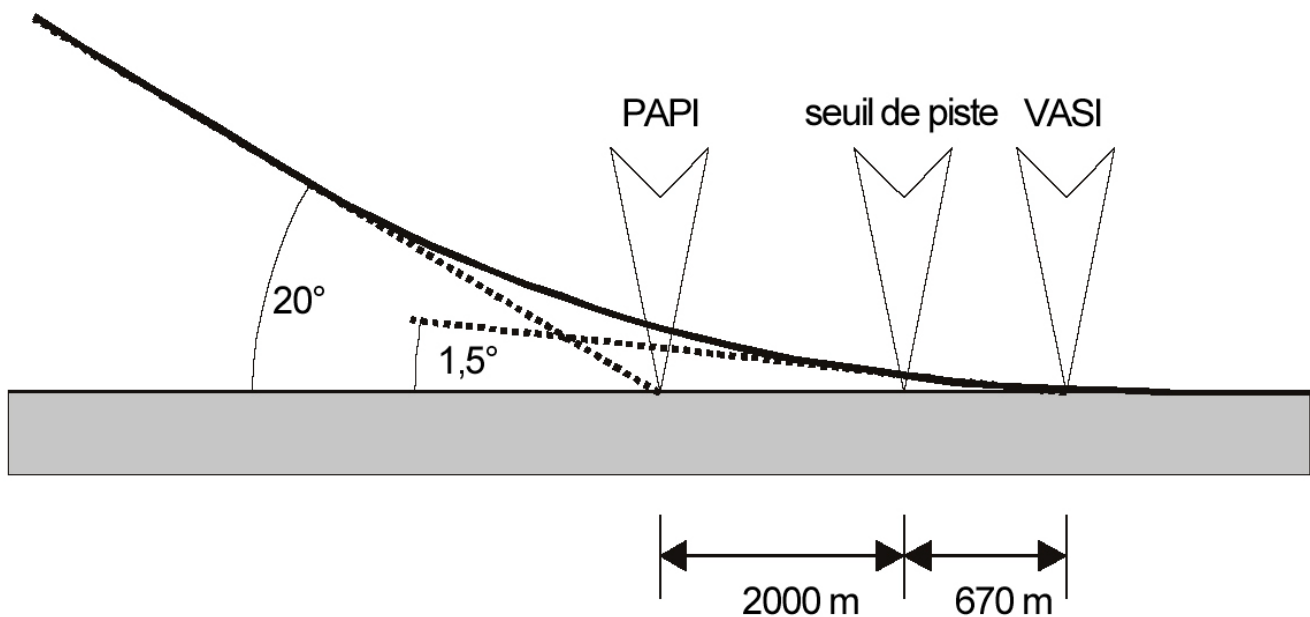


Figure 16.6c : Couloir d'approche (ou de descente) de la navette au SLF

## 16.7 Arrimage (Docking)

**Remarque :** La procédure ci-dessous se réfère à un arrimage à une Station Spatiale qui est définie (dans les fichiers de configuration 😊) comme un vaisseau. Pour s'arrimer à une Station Orbitale définie en «catégorie station» utilisée dans les précédentes versions d'Orbiter nécessite quelques modifications de ce fichier.

L'arrimage à une station orbitale est la dernière étape d'une manœuvre de rendez-vous. Supposons que vous avez intercepté avec succès la Station Orbitale cible après avoir (bien !) suivi toutes les étapes précédentes. Nous allons voir ici comment réaliser l'approche finale et l'arrimage.




- Allumez un MFD en mode *Arrimage (Docking)* et commutez également le HUD en mode *Arrimage*.
- Réglez un de vos récepteurs NAV sur la fréquence XPDR de la station, si disponible. La fréquence est listée dans la fenêtre d'information de la station.
- Associez le MFD *arrimage* et le HUD *arrimage* avec ce récepteur NAV. Si ce n'est pas déjà fait, synchronisez la vitesse relative du vaisseau par rapport à celle de la Station Orbitale cible en tournant le vaisseau jusqu'à ce qu'il soit aligné avec le marqueur de vitesse relative  et allumez les moteurs principaux jusqu'à ce que la valeur de la vitesse (V) approche de zéro.
- Faites pivoter le vaisseau face à la station (marqueur .
- A une portée d'environ 10 km, réglez un récepteur sur la fréquence IDS (*Instrument Docking System*) du port d'arrimage désigné, si disponible. Associez le MFD *arrimage* et le HUD en mode *arrimage* avec ce récepteur, si disponible. Vous pourrez ainsi obtenir dans ce MFD les informations d'orientation dont vous avez besoin, et une représentation visuelle du chemin d'approche dans le HUD sous forme de rectangles.
- Avancez vers le rectangle le plus éloigné de la Station et maintenez-y votre position.
- Alignez le cap du vaisseau avec la direction du couloir d'approche en utilisant l'indicateur du MFD en forme de **X**.
- Alignez la position du vaisseau sur le chemin d'approche de la Station en utilisant l'indicateur du MFD qui a la forme d'un **+**. Réglez les moteurs de manœuvre en mode *linéaire* (pour faire des manœuvres de translation).
- Alignez vous sur le chemin en faisant des manœuvres de rotation du vaisseau afin de bien aligner son axe longitudinal, en vous aidant de l'indicateur en forme de  dans le MFD.
- Approchez de la station en effectuant de petites impulsions par les moteurs de manœuvre. Durant l'approche, corrigez continuellement votre position par les moteurs de manœuvre en mode *linéaire*.
- Réduisez très progressivement votre vitesse d'approche à moins de 0,1m/s avant d'obtenir le contact avec le port d'arrimage de la Station.
- Vous devez approcher du port à une distance inférieure à 0,3 m pour réussir votre manœuvre d'arrimage.
- Pour se désengager du port d'arrimage, pressez **CTRL-D**





Figure 16.7 : Un vaisseau cargo Shuttle-A après un arrimage réussi à l'ISS.

#### Remarques :

- Pour un contrôle précis des manœuvres avec le clavier, utilisez les propulseurs de manœuvre en mode «faible puissance» (Ctrl + touche du pavé numérique).
- Vous pouvez uniquement vous arrimer à un port libre.
- L'alignement en rotation n'est pas actuellement implémentée dans Orbiter, mais pourra l'être dans une version future.
- Actuellement aucune détection de collision n'est effectuée. Donc, si vous manquez l'arrimage, vous passerez à travers la Station...

#### Arrimage et stations en rotation sur elles-mêmes :

Les Stations Orbitale du type Luna-OB1 (Roue Lunaire) sont en rotation pour obtenir une force centrifuge afin de simuler une gravité, ce qui est mieux pour les occupants, mais complique la tâche des arrimages. L'arrimage est seulement possible le long de l'axe de rotation, ce qui signifie que seuls 2 ports d'arrimage sont possibles. La procédure d'arrimage est similaire à la procédure standard, mais une fois aligné avec le chemin d'approche, la vitesse de rotation du vaisseau autour de son axe longitudinal du doit être en phase avec celle de la station.

#### Important :

- Coordonnez la rotation longitudinale de votre vaisseau seulement juste un peu avant l'arrimage (une fois passé le dernier marqueur d'approche). En effet, une fois que vous avez effectué votre rotation, les ajustements linéaires deviennent très difficiles.
- Une fois que votre rotation est synchronisée avec celle de la station, ne pressez pas la touche 5 du pavé numérique par accident (*Kill rotation = stopper la rotation*), sinon vous devrez recommencer la synchronisation de votre rotation.



#### Un peu de triche :

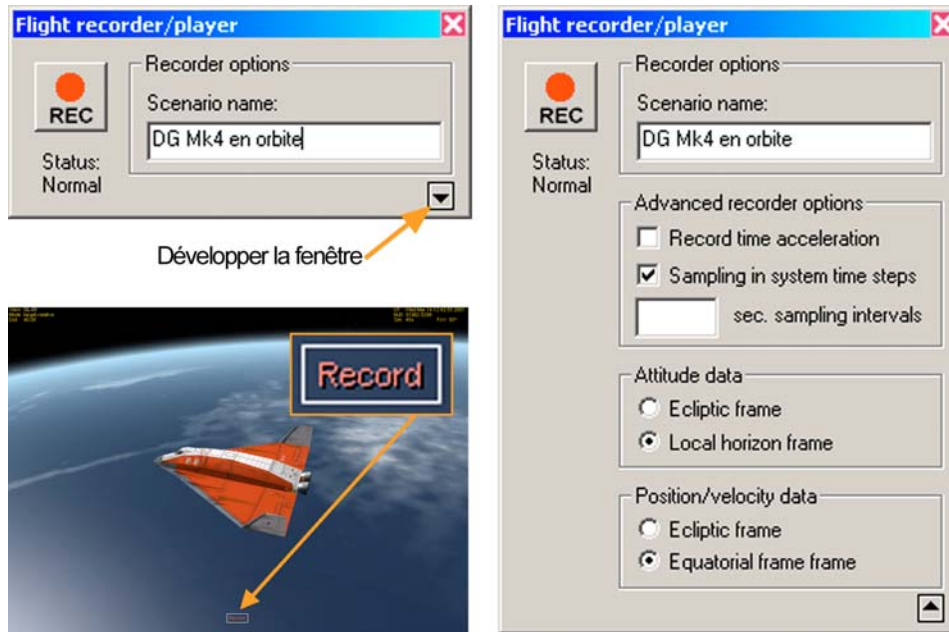
Comme la synchronisation de la rotation n'est pas actuellement implémentée dans Orbiter, vous pouvez tout simplement ignorer la rotation de la station et voler droit dessus !..

## 17 Enregistreur de vol

Il est maintenant possible dans Orbiter d'enregistrer et de rejouer vos sessions de simulation d'Orbiter à l'aide de la *fonction enregistreur de vol*.

### 17.1 Enregistrement d'un vol

Pour accéder à l'Enregistreur de vol au cours d'une simulation, ouvrez la boîte de dialogue *enregistrement/lecture du vol* avec les touches **Ctrl F5**.



Vous pouvez choisir un nom pour le scénario destiné à être enregistré. Par défaut, l'enregistrement sera enregistré avec le nom du scénario en cours. Ensuite appuyez sur le bouton **REC** pour commencer l'enregistrement du vol sur votre disque. Appuyez sur la touche **STOP** pour arrêter l'enregistrement. Vous pouvez également démarrer et arrêter l'enregistrement directement pendant votre session de simulation avec le raccourci clavier **Ctrl C**. Si un enregistrement est en cours, cela est indiqué par un rectangle situé en bas de votre écran, avec l'inscription "**Record**".

Certaines options supplémentaires d'enregistrement sont accessibles en appuyant sur la touche  :

#### Options avancées de l'enregistrement (*advanced recorder options*) :

- **enregistrer la vitesse de simulation (*Record time acceleration*)** : Cette option enregistre toutes les modifications de la vitesse de simulation de votre session d'Orbiter lors de l'enregistrement du vol. Pendant la lecture, l'utilisateur a ensuite la possibilité de définir automatiquement la vitesse de simulation des données enregistrées.
- **système d'échantillonnage dans le temps des mesures (*Sampling in system time steps*)** : si cette option est activée (casse cochée), les intervalles entre les données enregistrées sont déterminés soit par le système, soit selon la durée de la simulation. Dans premier cas, les extraits sont moins nombreux pendant l'accélération de la vitesse de simulation. Cela permet de réduire la taille des fichiers de données lors de l'enregistrement sur de longues périodes, par la transmission rapide grâce à la réduction des parties critiques de la mission.
- **intervalles d'échantillonnage (*Sampling intervals*)** : Actuellement non utilisé.

#### Données d'attitude (*Attitude data*) :

- **Cadre de l'écliptique (*Ecliptic frame*)** : enregistrement des données par rapport à la référence globale de l'écliptique.
- **Cadre de l'équateur (*Equatorial frame*)** : enregistrement des données par rapport à l'horizon local du corps céleste de référence en cours.

#### Données de position et de vitesse (*position/velocity data*) :

- **Cadre de l'écliptique (*Ecliptic frame*)** : enregistrement des données par rapport à la référence globale de l'écliptique.
- **Cadre de l'équateur (*Equatorial frame*)** : enregistrement des données par rapport à l'horizon local du corps céleste de référence en cours.

## 17.2 Lecture d'un vol enregistré

Pour lire une session précédemment enregistrée, lancez le scénario que vous trouverez dans le dossier \scenario\Playback.

Pendant la lecture, tous les vaisseaux vont suivre leurs trajectoires préenregistrées et ne répondront pas à l'utilisation d'une commande manuelle par l'utilisateur. A la fin de la lecture, la simulation sera automatiquement remise en mode manuel, et l'utilisateur pourra reprendre le contrôle. Vous pouvez mettre fin à la lecture avant la fin de la séquence enregistrée en appuyant sur **Ctrl C**, ou en appuyant sur la touche **STOP** de la boîte de dialogue de l'Enregistreur de vol. Dans ce cas, le contrôle est rendu immédiatement à l'utilisateur.

Il est possible d'ouvrir la boîte de dialogue pendant la lecture d'un enregistrement avec **Ctrl F5**.



### Options de lecture de l'Enregistreur d'Orbiter :

Pendant la lecture, l'utilisateur a la possibilité d'utiliser certaines options. Par exemple, il est possible de déplacer la caméra, de changer les vues en intérieures ou extérieures, et même d'utiliser les MFD pour accéder à encore plus de données du vol.

- **Montrer les notes du vol (*Show inflight notes*)** : Il est possible d'insérer aux vols enregistrés des annotations, qui apparaîtront pendant la lecture sur l'écran de la fenêtre de simulation, à des moments prédéfinis. Ceci ouvre une nouvelle manière intéressante pour écrire des didacticiels, et réaliser des vols de démonstration dans l'espace. Les annotations peuvent être désactivées à partir de la boîte de dialogue de l'enregistreur lors d'une lecture d'un vol en désactivant l'option «Afficher les notes du vol» (*Show inflight notes*).
- **Lecture à la même vitesse que celle de l'enregistrement (*Play at recording speed*)** :
  - Option désactivée : Le contrôle manuel de la vitesse de simulation est possible.
  - Option activée : Dans ce cas, Orbiter fixe la vitesse de simulation directement à partir des données enregistrées. On ne peut pas la modifier pendant la lecture.

## 17.3 Les fichiers de l'enregistreur de vol

Les données correspondantes aux enregistrements de sessions de simulation sont stockées dans le dossier \Flights. Orbiter crée un nouveau dossier pour chaque enregistrement, en utilisant le même nom que le scénario enregistré. Chaque vaisseau inclus dans le scénario entraîne l'écriture de trois fichiers de données dans ce dossier :

- **Position et vitesse (fichier \*.pos)**. Les données sont enregistrées en temps réel, par rapport à une planète référence, soit dans un système de référence immobile (écliptique et équinoxe de J2000), soit dans un système de référence en rotation équatoriale. En conséquence, les trajectoires seront enregistrées selon le calendrier universel. Les données sont écrites par intervalles réguliers (actuellement de 4 secondes) ou dès que la rotation dépasse 5 degrés.
- **Attitude (fichier \*.att)**. Les données d'attitude sont enregistrées en utilisant les valeurs des *angles d'Euler* (🤖 voir plus bas) de l'engin spatial par rapport au cadre de référence qu'est l'écliptique, ou bien par rapport à l'horizon local. Les données sont écrites chaque fois que l'un des angles a changé de plus d'une unité, dont la valeur est prédéfinie.
- **événements d'articulation (fichier \*.atc)**. Ce fichier comporte les changements des forces de poussée des moteurs des engins spatiaux, ainsi que d'autres types d'événements. (par exemple, changement du mode de RCS, activation ou désactivation des modes de navigation, etc.) Il peut également être utilisé par des modules spécifiques au vaisseau pour enregistrer certains événements tels que des animations. En outre, les changements de la vitesse de simulation peuvent être enregistrés ici. Ce fichier de données peut aussi contenir des annotations qui seront affichées au moment voulu en haut de la fenêtre de simulation au cours de la relecture. Les annotations doivent être ajoutées manuellement dans le *fichier.atc* après que l'enregistrement soit terminé.



Un enregistrement complet d'une session de simulation comporte le scénario *playback* qui se trouve dans le dossier \scenarios\playback, ainsi que les données du vol se trouvant dans les fichiers du sous-dossier, situé dans le dossier \Flight. Pour partager une lecture avec d'autres utilisateurs d'Orbiter, ces fichiers doivent être copiés. Notez que le fichier *scénario* peut être déplacé vers un autre dossier de Scénario, mais deux scénarios différents d'enregistrement ne peuvent pas avoir le même nom.

Faites attention avec les longues sessions de simulation (en particulier pendant les périodes où le temps est en accélération) : l'enregistrement de tels vols peuvent entraîner de très gros fichiers de données si l'option "système d'échantillonnage dans le temps des mesures" (*Sampling in system time steps*) n'est pas activée

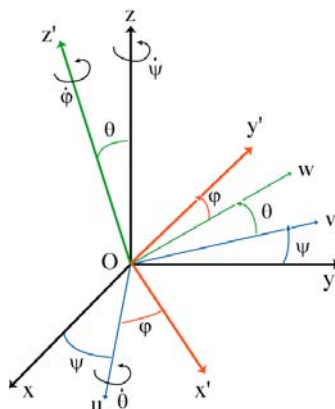
La fonction d'enregistrement d'Orbiter est toujours en développement. Les futures versions pourront amener des modifications du mécanisme d'enregistrement et des formats de fichier. Certaines fonctions, comme l'enregistrement d'animations, nécessitent des modifications des *modules-plugin* des vaisseaux et peuvent ne pas être disponibles pour tous les types de vaisseaux.

Pour plus de détails, voir le document [RecorderRef](#) que vous trouverez dans le dossier [Doc\Technotes](#).



#### angles d'Euler :

Le mouvement d'un solide par rapport à un référentiel fait intervenir 6 paramètres, qui sont, par exemple, les trois coordonnées décrivant la position de son centre de masse (ou d'un point quelconque du solide) et trois angles, nommés les angles d'Euler. (voir le schéma ci-contre). Les angles d'Euler peuvent aussi servir à représenter l'orientation d'un solide par rapport à un repère. On peut les voir comme une généralisation des coordonnées sphériques.





## 18 Fonctionnalités supplémentaires

Orbiter est livré par défaut avec un certain nombre de plugin-modules (*modules ajoutés*) permettant d'améliorer les fonctionnalités du simulateur. Pour accéder à ces fonctions additionnelles, les modules en question doivent être préalablement activés dans l'onglet *Modules* de la fenêtre de lancement d'Orbiter. (voir chapitre 3.4 pour savoir comment activer un ou plusieurs modules).

Beaucoup d'autres plugins-modules sont rendus disponibles par les développeurs d'addons. vous pouvez faire des recherches sur les différents sites d'addon d'Orbiter sur le web pour en trouver.

Activez de préférence uniquement les modules dont vous aurez l'utilité, car il est possible que plusieurs plugins accèdent au CPU tous en même temps, même s'ils ne sont actifs qu'en tâche d'arrière plan. Et trop de modules actifs peuvent réduire sérieusement les performances du simulateur.

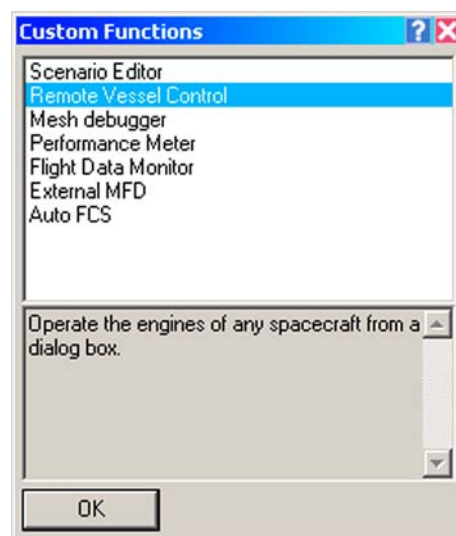
Lorsqu'ils sont activés, certains plugins, comme le MFD *en mode personnalisé*, prennent effet automatiquement à chaque fois que la simulation fonctionne. D'autres sont accessibles via la fenêtre de dialogue « fonctions personnalisées » (*Custom functions*). Pressez **Ctrl F4** pour avoir la liste des fonctions disponibles.



### Plugin ou Plug-in :

De l'anglais "to plug in" : *brancher*. Non autonome, le plug-in (ou plugin) est un petit logiciel qui se greffe à un programme principal pour lui conférer de nouvelles fonctionnalités. Ce dernier fixe un standard d'échange d'informations auquel ses plugins se conforment. Par exemple, certains plug-in s'installent sur un navigateur pour lui apporter des fonctions supplémentaires. Le plug-in est utilisé, entre autres, pour visionner de la vidéo sur des pages Web ou traduire les lettres romaines des noms de domaine en idéogrammes. Sa traduction en français (peu ou pas usitée) serait « greffon ».

Figure 18.0 : fenêtre de dialogue  
« fonctions personnalisées »  
(*Custom functions*).  
Ouverture par Ctrl-F4



NOUVEAU!

### 18.1 Éditeur de scénario

→ Voir aussi le fichier `\Doc\ScenarioEditor.pdf`

Orbiter intègre maintenant un éditeur de scénarios qui permet de créer, de configurer et de supprimer des vaisseaux dans un fichier de scénario, et qui permet également de modifier la date de la simulation. Cet éditeur fonctionne comme un plugin-module. Pour l'utiliser, assurez-vous que le module *ScnEditor* est activé dans l'onglet *modules* de la fenêtre de lancement d'Orbiter.

Au cours de la simulation, vous pouvez accéder cet éditeur de scénario en ouvrant la boîte de dialogue des fonctions personnalisées (*Custom Functions*) avec **Ctrl F4**, puis en double-cliquant sur la ligne *Scenario Editor* dans la liste. Cette action fera apparaître la page principale de l'éditeur. De là, vous pourrez soit configurer tous les vaisseaux actuellement présents dans la simulation, soit créer de nouveaux vaisseaux dans n'importe quel endroit.

Le fonctionnement de l'éditeur de scénario est décrit dans un document séparé: [ScenarioEditor.pdf](#). Ce document contient également un chapitre pour les développeurs d'addon qui souhaitent intégrer dans l'éditeur de scénario de nouveaux codes.

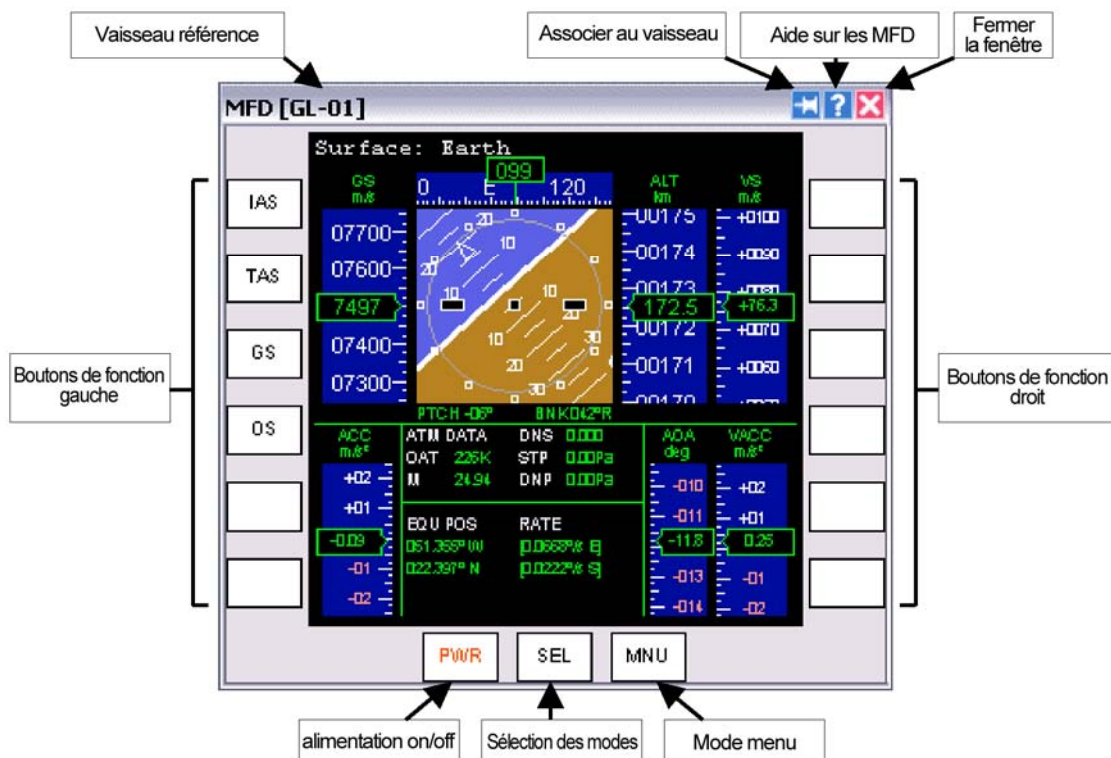
NOUVEAU!

### 18.2 MFDs externes

Si les deux écrans multifonctions (MFD) intégrés dans le tableau de bord du vaisseau ne vous fournissent pas assez d'informations, vous pouvez ouvrir un ou plusieurs MFD supplémentaires qui vont s'afficher dans de nouvelles fenêtres. Ceci est particulièrement utile dans des configurations multi-moniteurs où vous pourrez afficher la fenêtre de simulation d'Orbiter sur un moniteur, et plusieurs écrans multifonctions sur un autre.

Pour ouvrir des MFD externes, le module *ExtMFD* doit être activée dans la boîte de dialogue de la fenêtre de lancement d'Orbiter, onglet *modules*. Vous pourrez ensuite ouvrir autant de MFD que vous désirez en cliquant sur *External MFD* de la boîte de dialogue des fonctions personnalisées (*Custom Functions*) **Ctrl F4**.

Les MFD externes fonctionnent de la même manière que les MFD «classiques» intégrés. Ils peuvent être contrôlés en appuyant sur des boutons se trouvant sur les cotés à gauche, à droite et en bas. Voir le chapitre 13 pour une description des différents modes de MFD disponibles et de leurs contrôles.



Contrairement aux MFD classiques, les fenêtres des MFD externes peuvent être redimensionnées. Elles sont disponibles en vue extérieure mais aussi en vue cockpit, et peuvent être configurées soit pour automatiquement suivre le vaisseau « en cours », soit pour rester associées à un vaisseau désigné, même si la vue est basculée sur un autre vaisseau.

### 18.3 Moniteur de performance (taux d'images)

C'est une petite fenêtre qui garde une trace du taux d'images par seconde dans Orbiter.

Elle nous montre le taux d'images par seconde (FPS) et / ou la longueur de l'intervalle (en secondes) entre deux mesures consécutives, le tout visualisé par un graphique portant sur les 200 dernières secondes. C'est un outil utile pour estimer l'impact d'un scénario complexe ou d'effets visuels élaborés sur les performances de la simulation. Le graphique *time step* intègre l'effet de l'accélération du temps, et reflète ainsi la fidélité du modèle physique (précision du calcul de la trajectoire, etc.)

Cette fonction n'est disponible que si le module *Framerate* est actif.

Il est accessible via l'entrée *Frame Rate* dans le panneau *Custom functions* ouvert par **Ctrl F4**.

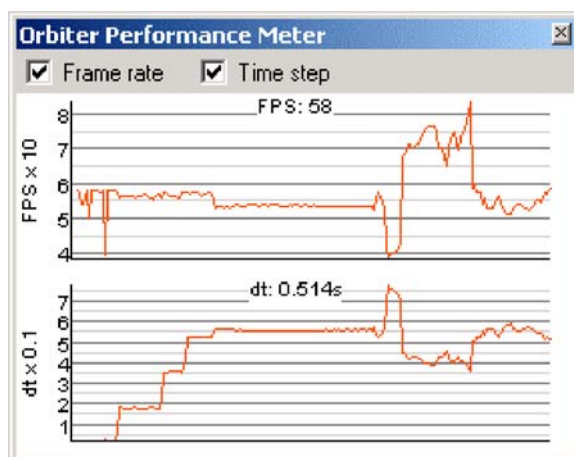


Figure 18.3: moniteur du taux d'images.

## 18.4 Contrôle à distance de vaisseau

Le plugin “contrôle à Distance de Vaisseau” (*Remote Vessel Control*) vous permet de prendre le contrôle à distance des moteurs de tous les vaisseaux.

Cet outil n'est disponible que si le module *Rcontrol* est actif. Son accès se fait via l'entrée “contrôle à Distance de Vaisseau” (*Remote Vessel Control*) du panneau de fonctions personnalisées **Ctrl F4**.

La boîte de dialogue contient :

- une liste de sélection de vaisseaux.
- Les contrôles (avec des jauges) pour les propulseurs principaux, pour les rétro propulseurs et pour les moteurs de sustentation.
- les contrôles des propulseurs RCS en mode linéaire ou rotation, et de leur puissance.
- Les fonctions standard de *navmode*.

Cette interface est également très utile si l'accès simultané au mode rotation et au mode linéaire du RCS est nécessaire.

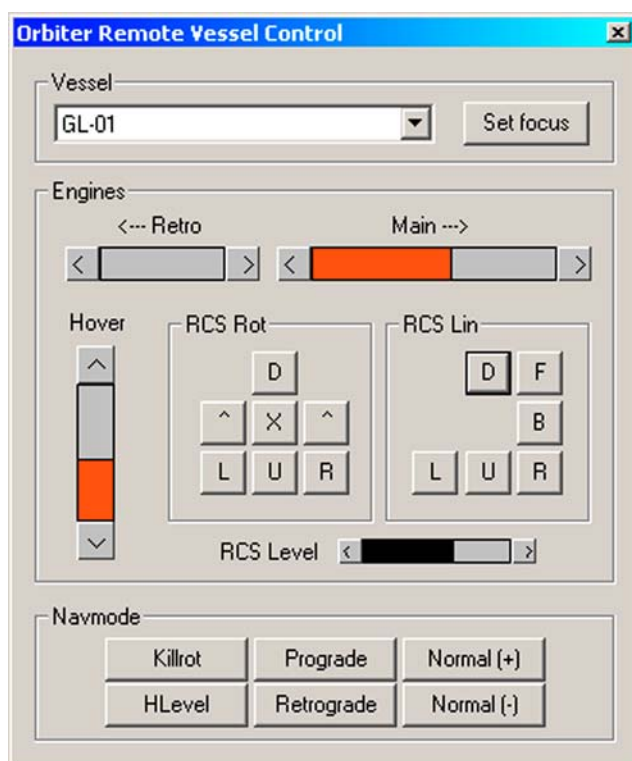


Figure 18.4 : Panneau de contrôle à Distance de Vaisseau.

## 18.5 Moniteur des données du vol

Le moniteur graphique des données du vol visualise un certain nombre de paramètres de vol. Cet outil n'est disponible que si le module *FlightData* est actif. La boîte de dialogue est accessible via le panneau de fonctions personnalisées **Ctrl F4**.

La zone de contrôle de la boîte de dialogue permet de sélectionner le vaisseau pour lequel les données de vol sont affichées, le taux d'échantillonnage, et les paramètres du vol.

Les paramètres suivants sont actuellement disponibles :

- **Altitude** : Altitude du vaisseau en fonction du temps
- **Airspeed** : vitesse dans l'air
- **Mach number** : nombre de Mach atteints
- **Freestream temperature** : température extérieure de la traînée du vaisseau
- **Pressure** : Pression statique et dynamique
- **Angle of attack** : angle d'attaque du vaisseau
- **Lift and drag** : valeur de la portance et force de frottement (traînée)
- **(L / D)** : rapport de la portance (*Lift*) sur la force de frottement (*Drag*)
- **Mass** : masse du vaisseau

Pour chaque catégorie de paramètre sélectionné la dans la liste, un graphique est affiché au-dessous de la zone de contrôle et permet de suivre ce paramètre en fonction du temps.

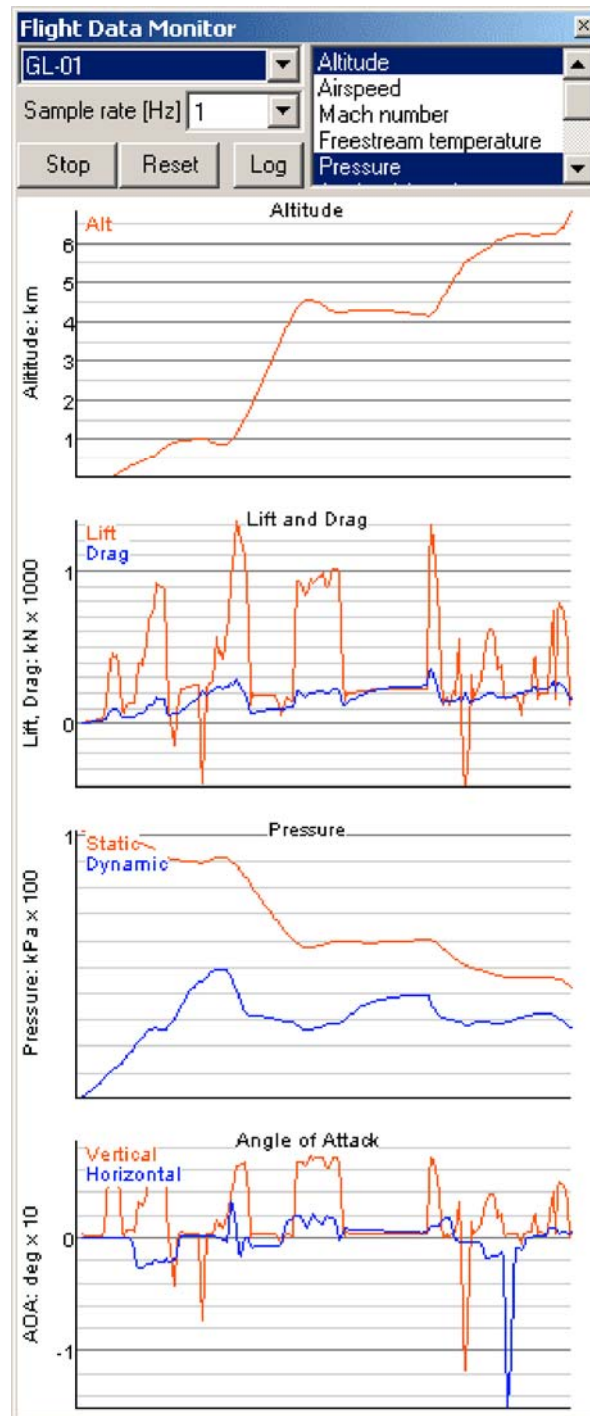


Figure 18.5 : Moniteur des données de vol

- Le bouton **Start / Stop** démarre ou arrête la mise à jour des données graphiques.
  - Le bouton **Réinitialiser** efface les données graphiques
  - Le bouton **Log** démarre ou stoppe l'extraction des données du vol vers un fichier journal.
- En appuyant sur ce bouton, Orbiter ira écrire les données dans un fichier texte nommé *FlightData.log* et se trouvant dans le dossier principal d'Orbiter. Ce fichier peut ensuite être utilisé pour analyser ou visualiser les données du vol avec des outils extérieurs. Ce fichier *FlightData.log* est écrasé à chaque fois que Orbiter est redémarré.



## 19 Listes de contrôle (*Check-Lists*) de vol

Ce chapitre contient une check-list que vous pouvez suivre point par point pour trois vols complets. Durant le vol, vous pouvez faire des sauvegardes régulières avec **Ctrl S**. Ainsi, vous pourrez reprendre le vol à ce moment précis si nécessaire.

Les check-list peuvent être également consultés pendant la session de simulation, lors de l'exécution d'un scénario contenu dans le dossier *check-list*, en appelant l'aide avec **Alt F1** et en cliquant sur le bouton du scénario dans la fenêtre d'aide. D'autres scénarios peuvent également fournir une aide en ligne.

### 19.1 Mission n°1 : DeltaGlider vers l'ISS

Dans cette mission, nous allons lancer le DeltaGlider (DG) en orbite depuis la piste numéro 33 *du Shuttle Landing Facility* (SLF) du *Centre Spatial Kennedy*, et effectuer une manœuvre de rendez-vous puis d'arrimage avec la Station Spatiale Internationale (ISS).


#### Étape 1 : Préparation du vol :

- Lancez Orbiter avec le scénario **Mission 1 - DG to ISS** qui se trouve dans le dossier **Checklists**. Votre DeltaGlider est déjà prêt pour un décollage depuis la piste 33 du KSC.
- Vous pouvez avoir besoin de déplacer un peu vers le bas le tableau de bord avec **↑** Pavé curseur pour mieux voir la piste devant vous. Assurez vous que vous pouvez encore voir la moitié supérieure du tableau de bord de votre DG, avec les deux écrans MFD.
- Votre lancement est prévu à MJD=51983.6308 (la *Date Julien modifiée*, ou MJD, est le temps de référence universel d'Orbiter, et est visible en haut et à droite de votre écran). Cela vous laisse suffisamment de temps pour tester les instruments de bord. Si vous n'êtes pas encore bien familiarisé avec le tableau de bord du DeltaGlider, allez au chapitre 9.1 pour réviser.... Pour les détails sur les différents modes de MFD, reportez-vous au chapitre 13.
- Le MFD de gauche est en mode *Surface* et vous montre les données de vitesse et d'altitude.
- Le MFD de droite est en mode *Carte (map)* et vous montre votre position actuelle (KSC) par une croix blanche. Le plan orbital de l'ISS est représenté par une courbe jaune. Au fil du temps, la trajectoire de l'ISS va se décaler sur la carte, due à la rotation de la Terre.
- Vous pouvez accélérer le temps pour vous retrouver plus vite au moment de la fenêtre de lancement, en appuyant sur la touche **T**. (à chaque pression sur cette touche, le temps accélère d'un facteur 10). Dès que vous voyez approcher l'heure du lancement, revenez en temps réel en appuyant sur **R** jusqu'à ce que l'indicateur **Wrp** situé en haut et à droite de votre écran disparaisse.

#### Étape 2 : Roulage et décollage :


- Allumez les moteurs principaux avec **Ctrl +** Pavé numérique à 100% de leur puissance. Vous pouvez également utiliser les manettes du tableau de bord, ou encore le levier de gaz de votre joystick, si vous en avez un, pour actionner ces moteurs.
- Dès que atteignez une vitesse-sol de 100 m/s (voir le MFD-surface ou l'indicateur du HUD), tirez sur le manche (ou appuyez sur **2** Pavé numérique) pour lever le nez du DG (rotation) afin de pouvoir décoller.
- Effectuez votre montée avec un angle d'inclinaison verticale de 10°, puis rentrez le train d'atterrissage avec la touche **G**.

#### Étape 3 : Montée et début de la mise en orbite :


- Faites tourner votre DG sur la droite jusqu'au cap 140°.
- Cabrez franchement votre DG à un angle d'inclinaison verticale de 70°.
- A environ 30 km d'altitude, votre DG va commencer à avoir tendance à piquer du nez à cause de la baisse de la pression atmosphérique, même si vous tirez sur le manche pour essayer de le remonter. A ce moment là, activez le RCS (*Reaction Control System*) en cliquant avec le bouton droit de votre souris sur le sélecteur "RCS Mode" (à gauche du tableau de bord) ou en appuyant sur les touches **Ctrl /** Pavé numérique. A présent, vous pouvez contrôler votre appareil avec les moteurs de manœuvre.
- Diminuez votre inclinaison à environ 20°. Après avoir quitté les couches denses de l'atmosphère, vous avez besoin de gagner de la vitesse tangentielle pour achever l'orbite. Votre indicateur de direction (le symbole  sur le HUD) doit rester à une inclinaison supérieure à 0°.
- Changez le mode du MFD droit en mode *Orbite* (**SEL** puis **orbit**). Sélectionnez l'orbite du vaisseau comme plan de référence (**Maj P**) et sélectionnez l'ISS comme cible (**Maj T** puis **ISS**).
- Continuez avec les moteurs principaux toujours à la puissance maximale de 100%. Maintenez votre cap, et ajustez votre angle de tangage pour que l'indicateur de direction reste légèrement au dessus de 0°. Vous allez voir croître la trajectoire de votre orbite (courbe verte du MFD-Orbite).

- Coupez les moteurs quand la distance de l'apogée (point le plus haut de l'orbite) atteint 6.731M, (valeur de "ApD" de la colonne de gauche du MFD-Orbite). Cela correspond à une altitude de 360 km au dessus du niveau de la mer.




#### Étape 4 : Circularisation de l'orbite

- Basculez le HUD en mode Orbite par deux appuis successifs sur la touche **H**.
- Jusqu'ici, nous sommes sur une trajectoire balistique qui va nous ramener à la surface de la Terre ! Pour se mettre en orbite, nous devons effectuer un nouvel allumage des réacteurs principaux (*allumage pour insertion en orbite*) juste au *sommet* de la trajectoire. Attendez d'atteindre le point *apogée* (le temps restant est affiché à droite de "ApT" dans le MFD-Orbite). Comme cela peut prendre un certain temps, vous pouvez donc, si vous le désirez, accélérer le temps.
- A l'apogée, appuyez sur le bouton "Prograde" pour vous positionner dans cette direction. Une fois le marqueur vitesse  bien centré, allumez les moteurs jusqu'à ce que l'excentricité (**Ecc**) atteigne une valeur proche de zéro, et que la distance du périégée (**PeD**) soit égale à celle de l'apogée (**ApD**). (Cela nécessite en principe un temps d'allumage assez bref).


#### Étape 5 : Alignement des plans orbitaux

- Basculez le MFD de gauche en mode *Alignement du plan orbital* (Align Orbital Plane) (**SEL** puis **align plane**). Sélectionnez l'ISS (**Maj T** puis **ISS**).
- Normalement, les plans orbitaux devraient déjà être presque alignés (**Rinc** environ à 5°). Vous avez maintenant besoin d'ajuster le plan de votre orbite avec précision.
- Dès que votre vaisseau approche d'un point d'intersection avec le plan de la cible (**AN** ou **DN**), faites-le pivoter perpendiculairement à votre plan orbital actuel (à 90° sur les barres horizontales du HUD-Orbite). Si vous approchez du nœud montant (**AN**), positionnez-vous en *anti-normal*. Si vous approchez du nœud descendant (**DN**), positionnez-vous en *normal*. Vous pouvez utiliser les modes d'*auto-navigation* (**M** pour normal et **%** pour anti-normal) pour obtenir facilement une orientation correcte.
-  Remarque : (position *normal* = position *perpendiculaire* au plan de l'orbite).
- Dès que l'indicateur "Engage engines" commence à clignoter, allumez les moteurs principaux à pleine puissance. L'inclinaison relative entre les plans orbitaux (**Rinc**) devrait décroître progressivement.
- Coupez les moteurs dès que l'indication "Kill thrust" apparaît. Si vous ne pouvez pas aligner les deux plans orbitaux correctement en une manœuvre (aux environs de 0,5°), répétez l'opération lors du passage du prochain nœud.

#### Étape 6 : Manœuvre de rendez-vous


- Une fois les plans alignés, la prochaine étape consiste en l'interception de l'ISS. Basculez le MFD-Orbite en mode *Synchronisation d'Orbite* (**SEL** puis **sync orbit**). Réglez le point de référence sur "Intersect 1" ou "Intersect 2" avec **Maj ,**. Si les orbites n'ont pas de point d'interception, sélectionnez "Sh periapsis".
- Les deux colonnes à droite du MFD montrent le temps que va prendre votre DG (**Sh-ToR**) et l'ISS (**Tg-ToR**) pour atteindre le point de référence sélectionné sur votre orbite actuelle (ligne **Ob 0**) et sur les 4 orbites suivantes (**Ob 1** à **4**).
- Tournez le vaisseau en *prograde* (le DG doit être aligné avec le marqueur vitesse  du HUD en mode *orbite*). Vous pouvez pour cela engager le mode auto-navigation en *Prograde* avec .
- Allumez les moteurs jusqu'à ce que **Sh-ToR(0)** soit égal à **Tg-ToR(1)**. Vous allez maintenant pouvoir intercepter l'ISS lors de votre prochain passage au point de référence (ou d'intersection). Vous pouvez accélérer le temps jusqu'à ce que vous soyez proche de ce point de rencontre.
- A ce moment là, réglez votre récepteur NAV sur les transmetteurs radio de la station: Sélectionnez le MFD en mode *Comm* (**SEL** puis **com/nav**), et réglez NAV1 à 131.30 MHz (fréquence XPDR de l'ISS) et NAV2 à 137.40 MHz (fréquence IDS du port d'arrimage n°1).
- Basculez le mode du HUD en *Docking* (arrimage) en appuyant sur la touche **H** 2 fois, et le MFD également en mode *Docking* avec **SEL** puis **docking**.
- Assurez vous que le HUD et le MFD-Docking sont bien associés au NAV1 (utilisez **Ctrl R** pour régler les bons récepteurs NAV pour le HUD, et **Maj N** pour le MFD).
- Faites tourner votre vaisseau pour aligner le marqueur de vitesse relative  sur le HUD, et allumez les moteurs jusqu'à ce que la vitesse relative atteigne zéro.

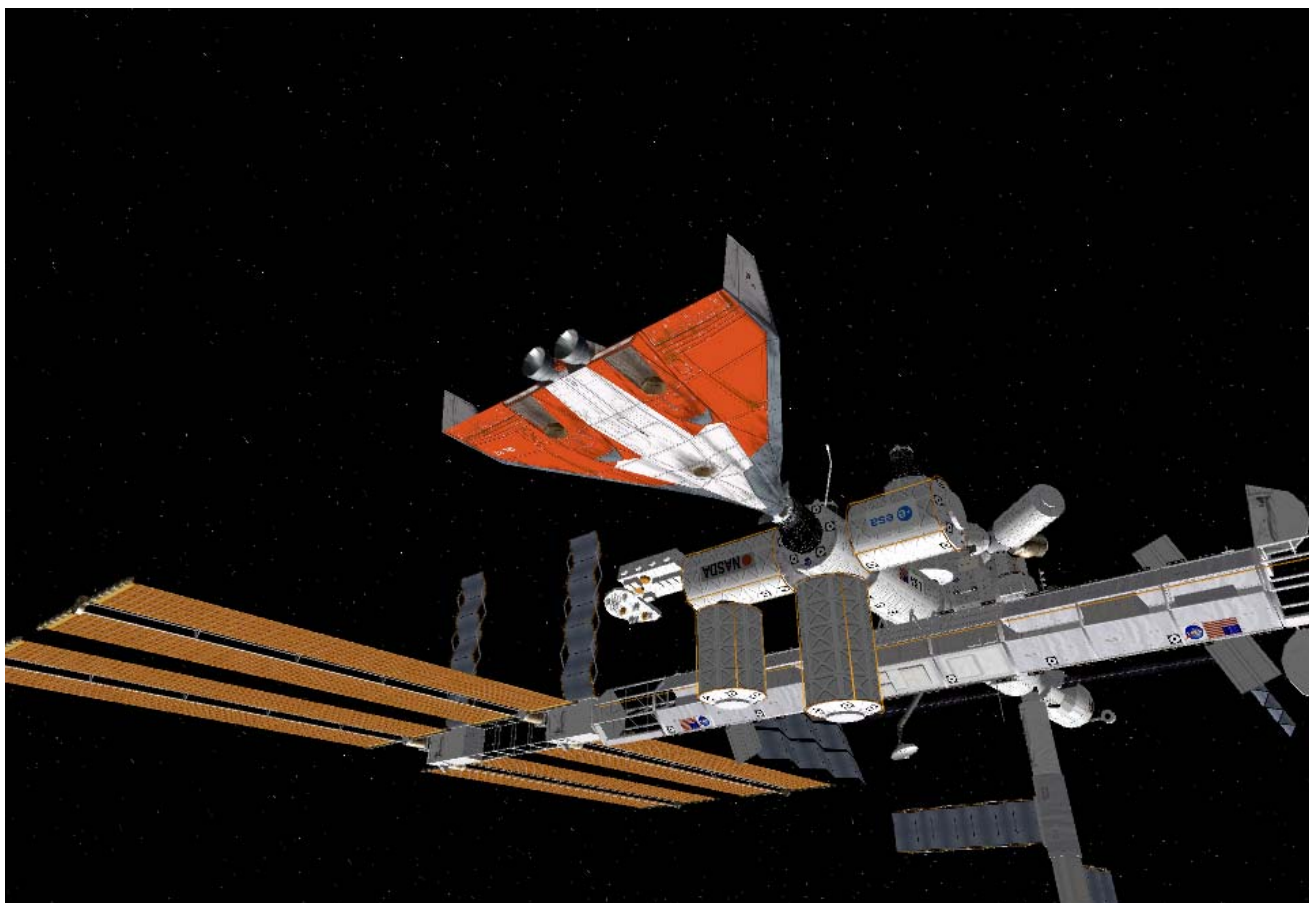
#### Étape 7 : Approche finale

- Orientez le vaisseau en direction de l'ISS (*carré  symbole désignant la cible*) et approchez vous à 5 km de la station. Vous aurez besoin pour cela d'utiliser les micro moteurs de manœuvre en mode linéaire (translation). Basculez du mode linéaire (translation) au mode rotation (et inversement) avec la touche **/** du pavé numérique.

- Associez le HUD et le MFD-Docking au NAV2. Si vous êtes à moins de 10 km de l'ISS, vous recevrez le signal du système IDS du port n°1, fournissant l'information d'alignement dans le MFD et une représentation (série de rectangles) du couloir d'approche sur le HUD.
- Avancez vers le rectangle le plus éloigné de la station, puis maintenez votre position.
- Alignez l'axe longitudinal de votre vaisseau avec ce couloir d'approche (aidez-vous de l'indicateur **X** dans le MFD qui doit devenir **X**) en utilisant les moteurs de manœuvre en mode rotation.
- Alignez la rotation de votre vaisseau autour de son axe longitudinal (alignez l'indicateur **▲** à la position « 12 heures » du MFD : il devient blanc **▲**).
- Centrez votre vaisseau sur le couloir d'approche (alignez l'indicateur **+** dans le MFD) en utilisant les micro moteurs de manœuvre en mode linéaire.

## Étape 8 : Arrimage

- Activez le mécanisme d'arrimage dans le cône nez avec la touche **K**.
- Commencez à vous rapprocher du port d'arrimage par de brèves impulsions des moteurs principaux. La vitesse d'approche (**CVel**) doit progressivement diminuer à l'approche du port d'arrimage. La vitesse finale doit être inférieure à 0,1 m/s. Réalignez si nécessaire le vaisseau dans le couloir d'approche avec les micro moteurs de manœuvre.
- Le mécanisme d'arrimage doit s'enclencher automatiquement dès que vous êtes à 0,3 mètres du port d'arrimage choisi. Une indication **Docking** va apparaître dans le MFD une fois l'arrimage effectué avec succès.
- Mission terminée avec succès! 



Mission n°1 achevée avec succès.

## 19.2 Mission n°2 : transfert du DG de l'ISS vers MIR

Cette mission vous permet d'effectuer un transfert orbital depuis la Station Spatiale Internationale (ISS) jusqu'à la station soviétique MIR (qui, dans la réalité virtuelle d'Orbiter, est encore heureusement en orbite autour de la Terre !). A noter que, dans Orbiter, MIR est placée sur une orbite proche de l'écliptique (ce n'est donc pas son orbite réelle de l'époque) ce qui la rend apte à être une excellente plate-forme de départ pour des missions vers la Lune ou vers d'autres planètes. Mais cela signifie que la valeur de l'inclinaison relative des deux plans des orbites de l'ISS et MIR est importante, ce qui fait que le transfert de l'une à l'autre entraînera une dépense importante en carburant.

### Étape 1 : Préparation du vol et désarrimage:

- Lancez Orbiter avec le scénario **Mission 2 – ISS to MIR** qui se trouve dans le dossier **Checklists**. Votre DeltaGlider est arrimé à l'ISS.
- Pressez **F1** pour passer en vue *cockpit* du DeltaGlider.
- Sélectionnez la cible MIR dans le MFD Orbite de droite : Appuyez sur **Maj T**, **Entrée** puis **MIR**.
- La différence d'inclinaison entre les orbites de l'ISS et de MIR est relativement importante. Pour préparer le changement d'orbite, vous allez sélectionner le mode *Alignement des plans* pour le MFD de gauche : faites successivement **SEL**, **align planes**, **Maj T**, et enfin **MIR**.
- Désarrimez vous de l'ISS avec **Ctrl D**. Dès que votre DG est assez éloigné du port d'arrimage, fermez le cône du nez (car les nuit sont encore fraîches) et appuyant sur **K**.
- A présent basculez le HUD en mode Orbite avec **H**.

### Étape 2 : Alignement du plan de l'orbite du DG avec celui de MIR

- Le premier allumage des moteurs aura lieu au point **DN** (nœud descendant). Vous pouvez accélérer la vitesse du temps pour y arriver plus vite, mais revenez en temps réel quand la valeur "time to node" (**Tn**) lue sur l'écran du MFD-Alignement-des-plans passe sous la valeur de 500.
- Préparez la manœuvre pour l'allumage: cliquez sur le bouton **normal plus** **NML +**. Votre DG va maintenant s'orienter tout seul perpendiculairement au plan de votre orbite.
- Quand l'indicateur "**Engage engines**" du MFD-Alignement-des-plans commence à clignoter, allumez les moteurs à pleine puissance. L'inclinaison d'orbite relative (**RInc**) va commencer à chuter. coupez les moteurs quand l'indicateur "**Kill thrust**" apparaît et que l'inclinaison (**Rinc**) atteint un minimum.
- La durée de combustion des moteurs va être assez longue (environ 900 secondes, soit 15 minutes !), donc vous pouvez utiliser l'accélération du temps, mais attention de ne pas couper les moteurs trop tard sinon...
- Vous n'avez probablement pas pu réduire suffisamment l'inclinaison (moins de 0,5°) en une seule manœuvre. Ce n'est pas grave : répétez la même opération au point **AN** (nœud montant). Rappelez vous que le DG doit être orienté dans la direction *opposée* pour ce nouvel allumage. Dès que le bon moment est venu, cliquez sur bouton **normal moins** **NML -**.

### Étape 3 : Rendez-vous avec MIR et arrimage.

- Une fois que les plans orbitaux sont alignés, vous avez besoin de tracer une trajectoire de rendez-vous en utilisant le MFD *Synchronisation des Orbites*. La procédure est la même que dans la mission précédente.
- Réglez votre récepteur NAV1 sur la fréquence du transpondeur de MIR à 132.10, et le récepteur NAV2 sur la fréquence IDS du port d'arrimage n°1 à 135.00.
- Une fois la manœuvre de synchronisation terminée, basculez le HUD en mode *Docking (arrimage)* en tapant deux fois de suite sur la touche **H**, et réglez un des MFD en mode *arrimage (docking)* toujours en faisant clic dans **SEL**, puis **docking**. Associez le HUD et le MFD au NAV1.
- Réalisez la manœuvre d'arrimage à MIR de la même façon que pour l'arrimage à l'ISS dans la mission précédente. N'oubliez pas d'ouvrir le cône du nez du DeltaGlider avant le contact.





## 19.3 Mission n°3 : Désorbitation depuis MIR

Cette mission termine votre tour d'excursion avec la manœuvre de réentrée pour revenir sur Terre au KSC.

### Étape 1 : Préparation du vol et désarrimage:

- Lancez Orbiter avec le scénario **Deorbit** qui se trouve dans le dossier **Checklists**. Vous vous trouvez dans la situation de la fin de la précédente mission, avec votre DeltaGlider arrimé à la station MIR. Vous êtes au dessus de l'océan Pacifique, déjà à un emplacement parfait pour la désorbitation.
- Actionnez la commande de désarrimage avec **Ctrl D**, et allumez les rétros propulseurs pendant quelques secondes avec **⌫** Pavé num pour vous éloigner de la station.
- Fermez le cône du nez du DG avec la touche **K**.

### Étape 2 : Changement de l'orbite

- Positionnez votre vaisseau en rétrograde avec la touche **\$**.
- Quand cette manœuvre est terminée, que votre DG est stabilisé et que la station ne se trouve pas trop près des tuyères des moteurs de votre vaisseau, engagez les moteurs principaux à 100%.
- Coupez les moteurs dès que le périée (PeD lu dans le MFD Orbite) a diminué à la valeur de 5.600M.
- Positionnez votre vaisseau en prograde avec la touche **%**.
- Dès que la position de votre DG est stable, faites le tourner de façon à ce qu'il se retrouve en position dite « horizontale », c'est à dire parallèle à la surface de la Terre, comme l'horizon, avec la touche **L**.
- Basculez le HUD en mode Surface en appuyant sur la touche **H**.
- Basculez le MFD gauche en mode *surface* (**SEL** puis *surface*).

### Étape 3 : Réentrée

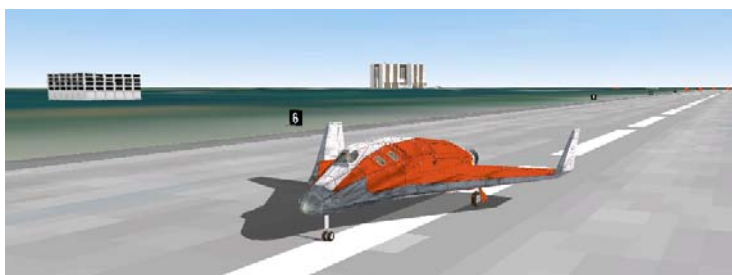
- Vous devriez atteindre 100 km d'altitude à environ 4000 km de la cible (**Dst** = 4.000M dans le *MFD-Carte*). A partir de ce point, les forces aérodynamiques vont devenir perceptibles.
- A 50 km d'altitude, coupez le contrôle automatique de stabilisation (touche **L**), désactivez le RCS avec les touches **Ctrl /** Pavé num), et assurez vous que "AF CTRL" est sur "ON".
- Les forces de friction vont avoir tendance à faire remonter l'appareil. Pour perdre de la portance, vous allez devoir effectuer des mouvements d'aile vers la gauche et vers la droite. A cause de la valeur élevée de la portance du DG et de sa résistance aux forces de friction dues à l'atmosphère, vous aurez besoin de prendre des angles d'inclinaisons élevées proche des 90°.

### Étape 4 : Approche

- Comme votre trajectoire passe au sud du KSC, vous allez devoir virer sur la gauche afin de corriger votre trajectoire d'approche (vérifiez bien votre position sur le *MFD-Carte*).
- L'angle de roulis va déterminer votre taux de descente et de vitesse. Si vous arrivez trop court au KSC, réduisez les angles de roulis pour ralentir votre descente et réduire la décélération atmosphérique. Si vous arrivez trop vite ou trop haut, augmentez les angles des roulis pour augmenter la pente de descente et la friction atmosphérique.
- Le timing du chemin de rentrée n'est pas aussi critique que pour la navette spatiale, parce que le DG peut utiliser ses moteurs pour ajuster son approche.

### Étape 5 : Approche finale et atterrissage

- Quand la distance de la cible passe en dessous de 500 km, allumez votre récepteur NAV1 à la fréquence de 112.70 (VOR du KSCX), et le NAV2 à la fréquence de 134.20 (ILS de la piste 33) en utilisant le MFD en mode COMMS (**SEL**, puis *com/nav*).
- Basculez le MFD droit en mode *Indicateur de Situation Horizontale* (HSI) (**SEL**, puis **HSI**). Quittez l'écran gauche associé au NAV1, et commutez l'écran droit sur NAV2 (**Maj F** puis **Maj N**).
- Utilisez les indicateurs de couloir d'approche (direction et descente) des écrans HSI pour ajuster la trajectoire de l'approche. Ils travaillent comme les instruments classiques des avions.
- Sortez le train d'atterrissage avec la touche **G**. Déployez les aérofreins avec **Ctrl B**, si nécessaire. La vitesse de contact doit être d'environ 150 m/s (540 km/h).
- Utilisez les deux freins des trains d'atterrissage **;** et **:** lors du roulage, jusqu'à l'arrêt complet du DG.



*Fin du Roulage sur la piste 33  
du SLF du Centre spatial Kennedy.*

## 20 Aides visuelles

Orbiter a maintenant la possibilité d'afficher un certain nombre de repères visuels pour fournir des données supplémentaires à l'utilisateur.

Il s'agit notamment de :

- Un mode "Planétarium" qui projette différentes grilles de coordonnées sur la sphère céleste et fournit des marqueurs visuels et des étiquettes pour les différents objets, ainsi que les caractéristiques de surface des planètes et des corps célestes présents dans le simulateur.
- L'affichage des vecteurs de force sur les engins spatiaux.
- L'affichage des axes de coordonnées sur les différents objets.

Les options des aides visuelles peuvent être configurées via une boîte de dialogue ouverte par **Ctrl F9**.

### 20.1 Mode "planétarium"

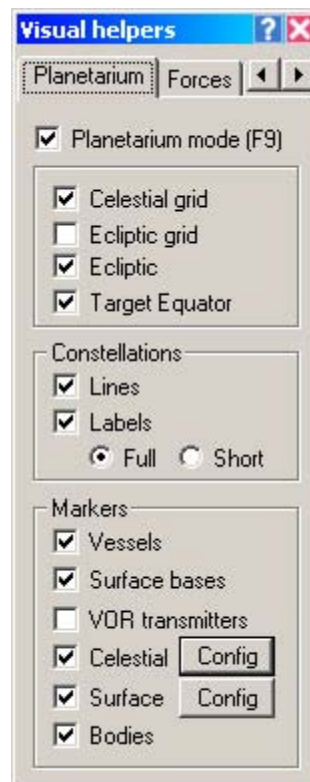
Vous êtes perdu dans l'espace? Si vous avez perdu votre chemin en plein milieu d'un vol interplanétaire, Orbiter vous propose un service d'orientation sous la forme d'un "planétarium" avec des grilles, des lignes et des repères d'objets. Pour configurer les options de ce mode *planétarium*, ouvrez la boîte de dialogue des *aides visuelles* avec **Ctrl F9**, et sélectionnez l'onglet *Planétarium*. Un raccourci (**F9**) vous permet d'afficher ou non ce mode planétarium.

**Sont disponibles les repères suivants:**

- Lignes de repères célestes (par rapport à l'équateur terrestre).
- Ligne de repère de l'écliptique.
- Grand cercle représentant l'écliptique.
- Grand cercle représentant l'équateur de l'objet cible (le cas échéant).
- Lignes de repères et noms des constellation (complet ou en abrégé).
- Marqueurs pour les corps célestes et vaisseaux
- Marqueurs pour les vaisseaux
- Marqueurs pour les bases spatiales de surface.
- Marqueurs pour les localisations des émetteurs de radio navigation.
- Marqueurs pour les objets définis par l'utilisateur dans la sphère céleste.
- Marqueurs pour les noms des bases de surfaces planétaire définies par l'utilisateur.

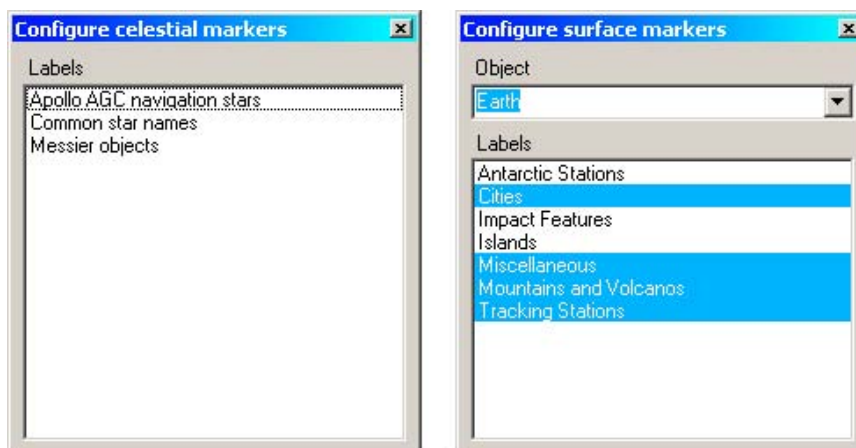
Certains types de marqueurs ne seront pas visibles si l'objet est hors de portée, ou sur la surface d'une planète pendant le jour.

La figure 20.1 montre quelques exemples de grilles et de marqueurs disponibles dans le simulateur Orbiter.



On peut y trouver des ensembles de marqueurs de **surface** spécifiques pour des planètes, afin de localiser certains repères tels que points d'intérêt, sites historiques de débarquement, aides à la navigation, etc. De même, on peut y trouver des ensembles de marqueurs pour identifier des **astres** tels que étoiles brillantes, étoiles utiles pour la navigation, nébuleuses, etc.

Vous pouvez sélectionner ces ensembles de marqueurs en cliquant sur le bouton **Config**. Cela ouvre une nouvelle boîte de dialogue, où l'on peut mettre en surbrillance des ensembles à partir d'une liste. D'autres listes peuvent être disponibles en tant que add-ons pour Orbiter sur certains sites Internet. Si vous désirez modifier les ensembles de marqueurs fournis ou bien créer les vôtres, voir chapitre 22.6.



Orbiter stocke maintenant les paramètres actuels du mode planétarium dans son fichier de configuration, et les restore tels quels dans la session suivante de simulation.

Certains pourront assimiler cela à un genre de tricherie, mais pour les autres cela pourra être bien utile car cela permet également de visualiser la dynamique des systèmes planétaire.

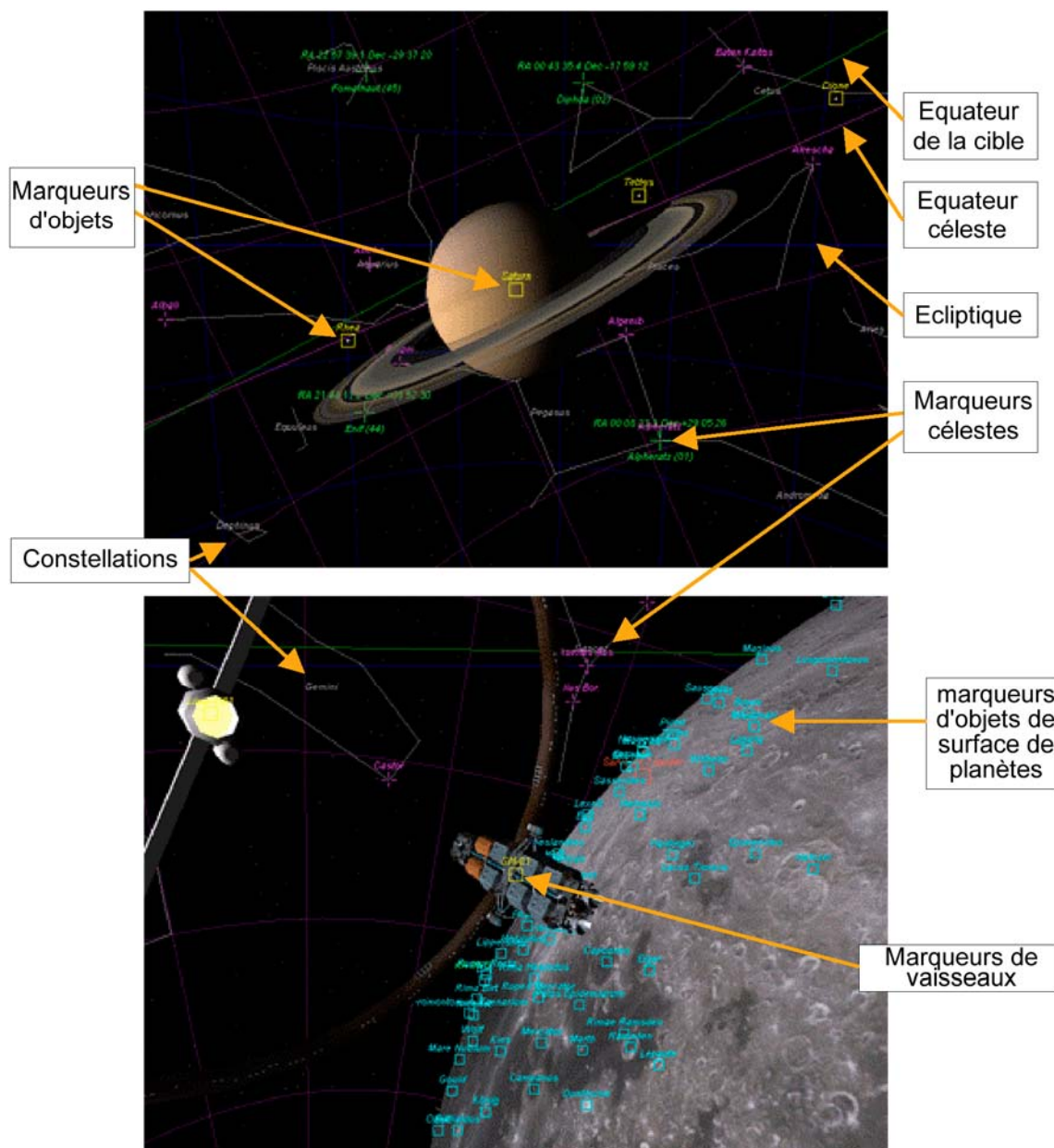


Figure 20.1: Grilles, lignes et repères d'objets célestes, de vaisseaux et d'objets de surface.

## NOUVEAU! 20.2 Vecteurs de force

Orbiter peut fournir un affichage graphique en temps réel des vecteurs de force agissant sur un vaisseau spatial. Cette option est particulièrement utile pour des applications éducatives, afin de fournir une explication imagée directe des effets des paramètres de l'environnement (gravité, atmosphère) et des conséquences des actions de l'utilisateur (par exemple changement des forces d'ascension en fonction de la modification de l'angle d'attaque du vaisseau).

L'affichage de ces vecteurs de force peut être activé et configuré par l'onglet *Force* dans la boîte de dialogue des *aides visuelles* ouverte avec les touches **Ctrl F9**.

Cochez l'option *Body force vectors* (vecteurs de force du corps) pour permettre l'affichage des vecteurs.



Orbiter permet de montrer un certain nombre d'éléments distincts de forces linéaires, ainsi que le vecteur résultant de la totalité des forces présentes :

Poids	G (jaune)	force due au champ gravitationnel
Poussée (Thrust)	T (bleu)	force générée par le système de propulsion du vaisseau
Ascension (lift)	L (vert)	force dirigée vers le haut générée dans l'air ou l'atmosphère par les ailes et les contrôles de surface du vaisseau
Trainée (Drag)	D (rouge)	Force de la trainée générée par le frottement du vaisseau dans l'atmosphère
Total	F (blanc)	total des forces agissant sur le vaisseau spatial

Vous remarquerez que la force totale montrée peut ne pas être égale à la somme des quatre composantes des forces, car des forces supplémentaires peuvent agir sur le vaisseau spatial (comme par exemple les forces définies par l'utilisateur).

Les forces linéaires sont représentées graphiquement comme des vecteurs-flèches dont l'origine se situe au niveau du centre de gravité du vaisseau spatial. La longueur des vecteur est proportionnelle à la valeur des forces, ou de leur valeur logarithmique, en fonction des échelles numériques. Cette longueur peut être ajustée avec un curseur présent sur la boîte de dialogue. En outre, les valeurs des forces sont affichées également en valeurs numériques dont l'unité est le Newton [N].

En plus des forces linéaires, Orbiter peut aussi afficher le couple de torsion total agissant sur le vaisseau :

$$\mathbf{M} = \sum_i \mathbf{M}_i = \sum_i \mathbf{F}_i \times \mathbf{r}_i$$

Le vecteur du couple de torsion est indiqué par rapport au centre de gravité du vaisseau spatial. La valeur numérique est en Newton par mètre [Nm].

Notez que pour les forces qui ne sont pas générées au centre de gravité du vaisseau (par exemple le vecteur de la force d'ascension), la force totale affichée est représentée à la fois par une composante linéaire dont l'origine se trouve au centre de gravité du vaisseau, et par une force de torsion correspondante.

L'opacité de l'affichage des couleurs des vecteurs peut être ajustée avec le curseur *Opacité*, de totalement transparent à complètement opaque.



Figure 20.2: Dynamique en action : Un DeltaGlider affichant les forces agissant sur sa structure.



## NOUVEAU 20.3 Axes de coordonnées

L'orientation des axes de coordonnées pour les repères de position des vaisseaux, des corps célestes et des bases spatiales peut être affichée avec l'onglet Axes de la boîte de dialogue des aides visuelles **Ctrl F9**. Les cadres de coordonnées peuvent être utiles en particulier pour les concepteurs d'addon qui veulent faire en sorte que l'orientation de leur création d'engins spatiaux au sein du simulateur est correcte.

L'affichage des axes de coordonnées est activé en cochant la case *Coordinate axes*.

Des axes peuvent être affichés pour :

- Les vaisseaux spatiaux
- Les astres (planètes et satellites)
- Les bases de surface

A moins que la case "*Show negative axes*" (*montrer les axes négatifs*) soit cochée, seuls les axes positifs x, y et z seront affichés.

La longueur des axes des vecteurs peut être ajustée avec le curseur *d'échelle*. (*Scale*).

L'opacité de l'affichage des vecteurs peut être ajustées avec le curseur *Opacité*. (*Opacity*).

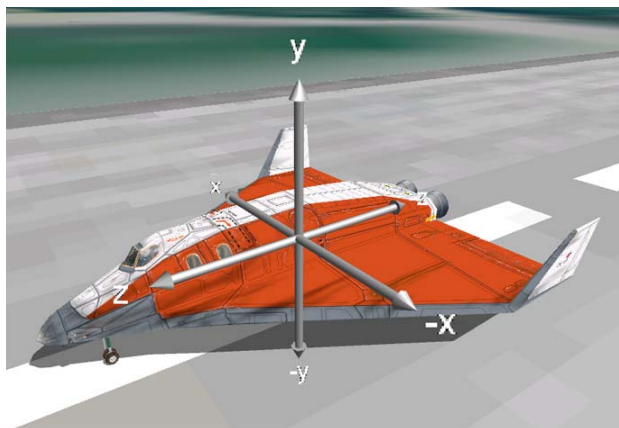
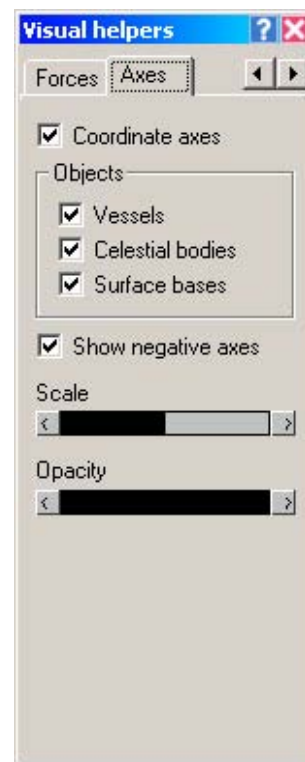


Fig. 20.3a: Axes de coordonnées d'un DeltaGlider

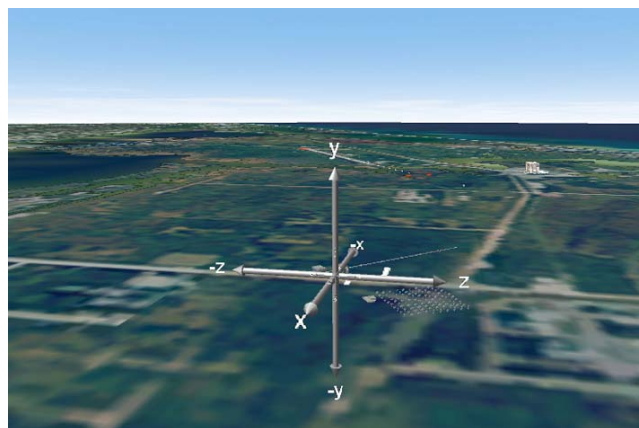


Fig. 20.3b: Axes de coordonnées d'un « objet » de surface

## 21 Mode démonstration

Orbiter peut être exécuté en mode "démon" ou mode "kiosque" afin de permettre sa présentation dans des environnements publics tels que expositions ou musées.

Ce mode de démonstration peut être configuré manuellement en modifiant le fichier de configuration *Orbiter.cfg* situé dans le répertoire principal d'Orbiter.

Les options suivantes sont disponibles:

Commande (Item)	Type	Description
DemoMode	Condition	TRUE : permet le mode démo (par défaut: FALSE)
BackgroundImage	Condition	TRUE : remplit le bureau avec une image statique. (Par défaut : FALSE)
BlockExit	Condition	TRUE : désactive la fonction <i>Exit</i> de la boîte de dialogue de lancement d'Orbiter. Si cette option est activée, Orbiter ne peut être quitté que via le gestionnaire de tâches. (Par défaut: FAUX)
MaxDemoTime	Variable	Définit la limite de temps d'exécution d'une simulation (en secondes). Orbiter retourne automatiquement à la boîte de dialogue de lancement lorsque la limite de temps est expirée.
MaxLaunchpadIdleTime	Variable	Maximum de temps passé (en secondes) dans la boîte de dialogue de lancement sans saisie d'un utilisateur, avant que Orbiter lance automatiquement un scénario de démonstration.

En mode démo, seul l'onglet *scénario* est accessible dans la boîte de dialogue de lancement d'Orbiter, afin d'empêcher les utilisateurs de modifier la configuration des fonctionnalités du simulateur, comme par exemple la résolution de l'écran ou des plug-in-modules. Orbiter doit donc être configuré selon les besoins *avant* de lancer le mode démo.

Pour utiliser la fonction de lancement automatique en mode démo, un dossier "Demo" doit être créé dans le dossier principal des scénarios (habituellement "*Scenarios*"). Orbiter va aléatoirement choisir un scénario dans la liste des scénarios disponibles dans ce dossier *Demo* et le lancer.

Remarque : Lorsque vous utilisez Orbiter en mode kiosque, il est recommandé d'exécuter le simulateur en mode « fenêtre » de Windows, ou alors d'utiliser un mode plein écran qui corresponde à la résolution par défaut de l'écran de l'ordinateur, pour éviter les changements trop fréquents de mode d'affichage vidéo.

## 22 Configuration d'ORBITER

Les fichiers de configuration permettent de personnaliser divers aspects d'ORBITER. Les fichiers de configuration ont tous l'extension de fichier .cfg. Le format est le suivant :

item = valeur

Une virgule débute un commentaire, en continuant jusqu'à la fin de la ligne.

Tous les fichiers de configuration, sauf pour le dossier maître (voir ci-dessous) sont situés dans un sous-dossier défini par l'entrée ConfigDir dans le fichier maître, généralement ". \ Config".

Pour savoir comment configurer le fichier de configuration d'un vaisseau spatial (*spacecraft class*), consultez la documentation distincte **3DModel**, contenue dans le dossier Orbitersdk\doc. (Vous devez installer le package SDK pour avoir ce document). Ce document contient également des informations sur le format des fichiers *mesh* pour le modèle 3D des vaisseaux, et d'autres astuces sur la façon de créer votre propre vaisseau spatial.

Les scénarios (définitions de démarrage de la simulation) sont situés dans un sous-répertoire défini par l'entrée ScenarioDir dans le fichier maître, le plus souvent ". \ Scénarios". Ils ont tous l'extension de fichier .scn

### 22.1 Configuration du fichier « maître »

Le fichier de configuration maître Orbiter.cfg se trouve dans le répertoire principal d'Orbiter. Il contient les paramètres généraux pour les modes graphiques, les chemins des sous-répertoires, les paramètres de simulation, etc.

Notez que l'édition manuelle du fichier Orbiter.cfg ne devrait plus être nécessaire, car la plupart des paramètres sont accessibles à partir de la boîte de dialogue de lancement d'Orbiter. (Launchpad)

Item	Type	Description
ConfigDir	String	Subdirectory for configuration files (default .\Config\)
MeshDir	String	Subdirectory for mesh files (default .\Meshes\)
TextureDir	String	Subdirectory for textures (default .\Textures\)
HightexDir	String	Subdirectory for alternative high-resolution planetary textures (default: .\Textures2\)
ScenarioDir	String	Subdirectory for scenarios (default: .\Scenarios\)
DeviceIndex	Int	Enumeration index for current 3D device ( <i>do not edit manually</i> )
DeviceForceEnum	Bool	If TRUE, enumerate 3D devices at each start
ModelIndex	Int	Screen mode index ( <i>do not edit manually</i> )
Fullscreen	Bool	TRUE for fullscreen mode, FALSE for windowed mode
Stereo	Bool	<i>Currently not used.</i>
WindowWidth	Int	Horizontal window size for windowed modes.
WindowHeight	Int	Vertical window size for windowed modes. The ratio WindowWidth/WindowHeight should be approximately 4/3.
RGBDepth	Int	Screen colour depth (BPP) for fullscreen modes.
JoystickIndex	Int	Enumeration index for current joystick (0=none; <i>do not edit manually</i> )
JoystickThrottle Saturation	Int	Saturation zone for joystick throttle control (0–10000). A setting of 9000 means that the throttle will saturate over the last 10% of its range at either end. Default: 9500
JoystickDeadzone		Deadzone at joystick axis centres (0-10000). A setting of 2000 means the joystick is considered neutral within 20% from the central position. Default: 2500
AmbientLevel	Int	Ambient light level (brightness of not directly lit surfaces). Valid range is 0-15.
NumStar	Int	Number of background stars (<= 15984). Default: 3000
StarBrightness	Float	Brightness scaling factor for background stars (0.2–2). Default: 1.0
ConstellationCol	RGB	Colour for constellation lines. Default: 0.3 0.3 0.3
UnlimitedFuel	Bool	Ignore spacecraft fuel consumption. Default: FALSE
FlightModel	Int	Flight model realism level (currently supported: 0 and 1)
MFDTransparent	Bool	Make onscreen multifunctional displays transparent. Default: TRUE

EnableShadows	Bool	Enable/disable object shadows on planet surfaces.
EnableSunGlare	Bool	Enable sun glare effects.
EnableClouds	Bool	Enable rendering of planetary cloud layers.
EnableCloudShadows	Bool	Enable rendering of cloud shadows on the ground (also requires CloudShadowDepth < 1 in individual planet config files)
EnableNightlights	Bool	Enable rendering of night lighting effects of planetary surfaces.
NightlightBrightness	Int	Brightness level of night lighting effects (0–255)
EnableWaterReflection	Bool	Enable rendering of specular reflections from oceanic surfaces.
EnableHorizonHaze	Bool	Enable rendering of atmospheric effects at the horizon.
EnableSpecularReflection	Bool	Enable specular reflection effects from polished surfaces.
InstrumentUpdateInterval	Float	Interval between MFD display updates (seconds)
PanelScale	Float	Scaling factor for instrument panel display.
PanelScrollSpeed	Float	Speed factor for panel scrolling (pixels per second)
PlanetPatchRes	Float	Resolution factor for planet surfaces. Valid range is 0.1 to 10. Higher values produce higher resolution planetary surfaces at a given apparent radius, but reduce performance.
<b>NEW!</b> PlanetHipatchAperture	Float	Scaling factor for application distance of high-resolution planet patches (-0.5–1; default: 0.1). A higher value will increase the area rendered at high resolution.
DialogFont_Scale	Float	Scaling factor for dialog font size. Default: 1.0
DialogFont1_Face	String	Standard dialog font face. Default: Arial
ActiveModules	List	List of active plugin modules

## 22.2 Planetary systems

Planetary systems contain stars, planets and moons. Each planetary system requires at least one star. Stars, planets and moons are defined in the planetary system's configuration file.

### General parameters

Item	Type	Description
Name	String	A name for the planetary system
MarkerPath	String	Directory path containing surface marker lists for the planet. Default: .\Config\ <b>&lt;name&gt;</b> \Marker\

See also Section 22.6 on how to add celestial markers to a planetary system.

### Object list

The object list defines the celestial bodies populating the planetary system, and their hierarchy.

Star entries:

*Star<i> = Name*

where <i> is an index running from 1 upward. (*note: planetary systems with more than one central star are not currently supported*).

Planet entries:

*Planet<i> = Name*

where <i> is an index running from 1 upward.

Moon entries:

*<Planet>:Moon<i> = Name*

where <Planet> is the name of a planet defined before, and <i> is an index enumerating the moons of this planet, running from 1 upward.

Example:



*Star1 = Sun*  
*Planet1 = Mercury*  
*Planet2 = Venus*  
*Planet3 = Earth*  
*Earth:Moon1 = Moon*  
*Planet4 = Mars*  
*Mars:Moon1 = Phobos*  
*Mars:Moon2 = Deimos*

## 22.3 Planets

Planet configuration files define the planet's orbital, physical and visual parameters. For an example see Config\Earth.cfg.

### General parameters

Item	Type	Description
Name	String	Planet name
Module	String	Name of dynamic link library performing calculations for the planet (default: none)
ErrorLimit	Float	Max. rel. error for position/velocity calculations (only used if the module supports precision adjustment)
EllipticOrbit	Bool	If TRUE, use analytic 2-body solution for planet position/velocity calculation, otherwise update dynamically (ignored if module supports position/velocity calculation)
HasElements	Bool	If TRUE, the initial position/velocity is calculated from the provided set of orbital elements, otherwise from an explicit position/velocity pair (ignored if module supports position/velocity calculation)

Notes:

- If the module calculates the planet position and velocity from perturbation terms, then the value of ErrorLimit will affect the number of terms used for the calculation. A lower value will increase the number of required terms, and thus the calculation time. The valid range for ErrorLimit depends on the module, but is typically  $1e-3 \leq \text{ErrorLimit} \leq 1e-8$ .

**Orbital parameters** (Ignored if module supports position/velocity calculation or HasElements = FALSE)

Item	Type	Description
Epoch	Float	Orbital element reference epoch (e.g. 2000)
EIReference	Flag	ParentEquator or Ecliptic: orbit reference frame (default: Ecliptic)
SemiMajorAxis	Float	Orbit semi-major axis [m]
Eccentricity	Float	Orbit eccentricity
Inclination	Float	Orbit inclination against reference plane [rad]
LongAscNode	Float	Longitude of ascending node [rad]
LongPerihelion	Float	Longitude of periapsis [rad]
MeanLongitude	Float	Mean longitude at epoch [rad]

### Physical parameters

Item	Type	Description
Mass	Float	Planet mass [kg]
Size	Float	Mean planet radius [m]

### Rotation elements

Item	Type	Description
SidRotPeriod	Float	Sidereal rotation period [s]
SidRotOffset	Float	Rotation at epoch [rad]
Obliquity	Float	Obliquity: angle between rotation axis and normal of reference plane at epoch [rad]
LAN	Float	Longitude of projection of rotation axis onto reference

plane [rad]

#### Atmospheric parameters (only required if planet has atmosphere)

Item	Type	Description
AtmPressure0	Float	(Mean) atmospheric pressure at zero altitude [Pa]
AtmDensity0	Float	(Mean) atmospheric density at zero altitude [kg/m <sup>3</sup> ]
AtmGasConstant	Float	specific gas constant [J K <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> ]. Default: 286.91 (Earth value)
AtmGamma	Float	ratio of specific heats $c_p/c_v$ . Default: 1.4 (Earth value)
AtmColor0	Vec <sub>3</sub>	RGB triplet for atmospheric colour at ground level (0-1 each)
AtmAltLimit	Float	altitude limit beyond which atmospheric effects can be ignored [m]
AtmHazeExtent	Float	Width parameter for extent of horizon haze rendering. Range: 0 (thinnest) to 1 (widest). Default: 0.1
AtmHazeShift	Float	Shifts the reference altitude of the haze base line. Can be used to adjust haze altitude to a cloud layer. (in units of planet radius). Default: 0 (align with surface horizon). Shift is not applied if camera is below cloud layer.
AtmHazeDensity	Float	Modifies the density at which the horizon density is rendered (basic density is calculated from atmospheric density) Default: 1.0
AtmHazeColor	Vec <sub>3</sub>	RGB triplet for horizon haze colour (0-1 each). Default: use AtmColor0 values.
AtmHorizonAlt	Float	altitude scale for horizon haze rendering [m]. Default: 0.01 of planet radius.
ShadowDepth	Float	Depth ("blackness") of object shadows (0 ... 1, where 0=black, 1=no shadows). Default: $\exp(-\rho_0/2)$ , where $\rho_0$ is the atmospheric density at the surface. This option is only used when stencil buffering is enabled. Otherwise shadows are always black.

NEW!

#### Cloud parameters (only required if planet contains a cloud layer)

Item	Type	Description
CloudAlt	Float	Altitude of cloud layer [m]
CloudShadowDepth	Float	Depth ("blackness") of cloud shadows on the ground (0 ... 1) where 0 = black, 1 = don't render shadows. Default: 1
CloudRotPeriod	Float	Rotation period of cloud layer against surface [s] (default: 0 – static cloud layer)
CloudMicrotextureAlt	Float+ Float	Altitude range [m] for cloud microtexturing. First value is altitude at which full microtexture is applied. Second value is altitude at which microtexture starts to kick in. First value $\geq 0$ and second value > first value is required. Default: no microtexture.

#### Visualisation parameters

Item	Type	Description
MaxPatchResolution	Int	Max. resolution level for surface texture maps (1 ... 10)
MinCloudResolution	Int	Min. resolution at which clouds are rendered as separate layer (1 ... 8)
MaxCloudResolution	Int	Max. cloud resolution level (MinCloudResolution ... 8)
SpecularRipple	Bool	If TRUE, and if "Specular ripples" option is enabled in the Launchpad dialog, specularly reflecting surfaces use a "water ripple" microtexture. Default: FALSE.

NEW!

#### Surface marker parameters (optional)

Item	Type	Description
MarkerPath	String	Directory path containing surface marker lists for the planet. Default: .\Config\<planet name>\Marker\

See also Section 22.6 on how to add surface markers to a planet.

### Surface bases (optional)

This list contains the names and locations of surface landing sites ("spaceports"). Each entry in this list must be accompanied by a configuration file for the corresponding surface base.

```
BEGIN_SURFBASE
  <base list>
END_SURFBASE
```

Base list entries have the following format:

**<name>: <lng> <lat>**

where

**<name>** Name which identifies the base config file (<name>.cfg). The actual name of the base as it appears in Orbiter is given by the NAME tag in the base config file.

**<lng> <lat>** Base position (equatorial coordinates) [deg]

Note that there is an alternative format for this list, using a NumBases entry and BaseXX tags. This format is obsolete and should no longer be used.

### Ground-based observer sites (optional)

This list contains the pre-defined locations for ground-based observers (launch cameras, spectators, etc.) which can be selected in the Camera dialog. The format of the list is

```
BEGIN_OBSERVER
  <observer list>
END_OBSERVER
```

List entries have the following format:

**<site>:<spot>: <lng> <lat> <alt>**








where

**<site>** a name which identifies the site (e.g. KSC)

**<spot>** the particular location at the site (e.g. Launch pad 39)

**<lng> <lat>** observer position (equatorial coordinates) [deg]

**<alt>** observer altitude [m] (>0)

The easiest way to find the coordinates for a new observer spot is to open the *Camera* dialog () , and select a nearby location under the *Ground* tab. Then move the camera to the new spot using , , ,  and  . The coordinates are displayed in the dialog and can be directly copied into the configuration file.

### Navbeacon transmitter list (optional)

This list contains all navigation radio transmitter specs except those directly associated with a spaceport (see section 22.4). The list format is as follows:

```
BEGIN_NAVBEACON
  <NAV list>
END_NAVBEACON
```

List entries have the following format:

**<type> <id> <lng> <lat> <freq> [<range>]**

where

**<type>** transmitter type. currently supported: VOR

**<id>** identifier code (up to 4 letters)

**<lng> <lat>** transmitter position (equatorial coordinates) [deg]

**<freq>** transmitter frequency [MHz]

**<range>** transmitter range [m] (default: 500 km)

To implement a custom DLL module for planet position/velocity calculations, see SDK documentation.

To add a new planet to a planetary system the following steps are required:

1. Add an entry for the planet in the planetary system configuration file (see previous section):  
*Planet<X> = <Planetname>*
2. Create a configuration file *<Planetname>.cfg* for the new planet in the “Config” subdirectory, with entries as listed above.
3. Create the required surface texture maps up to the specified resolution.
4. Optionally, create a monochrome (green on black) surface outline bitmap (256x128, BMP) to be used by the Map MFD. The file name should be *<Planetname>M.bmp*.

## 22.4 Surface bases

Surface bases (or “spaceports”) are launch and landing sites on the surface of planets or moons, usually equipped with launchpads or runways, for vertical and horizontal liftoff and/or landing. Each surface base is defined via its own configuration file. When Orbiter loads a planet configuration, it scans all surface base definitions for the planet and creates the corresponding bases.

### The base definition file

To create a new surface base, you need to write a definition file for it. The file name should be of the form *<base-name>.cfg*, and it must be placed in an appropriate folder. (see *Linking surface bases to planets* below).

The format of the surface base definition file is as follows:

```
BASE-V2.0
NAME = <Base name>
LOCATION = <lng> <lat>
SIZE = <size>
OBJECTSIZE = <osize>
MAPOBJECTSTOSPHERE = [ TRUE | FALSE ]

BEGIN_NAVBEACON
    <NAV list>
END_NAVBEACON

BEGIN_OBJECTLIST
    <Object list>
END_OBJECTLIST

BEGIN_SURFTILELIST
    <Surface tile list>
END_SURFTILELIST
```

BASE-V2.0

Format identifier that must be placed in the first line of the file. This item is optional if the base is referenced directly in the planet’s base list.

NAME = <Base name>

Defines the base’s (logical) name which need not correspond to the file name.

LOCATION = <lng> <lat>

Defines the position of the base on the planet surface, where <lng> is longitude (deg, West < 0, East > 0), and <lat> is latitude (deg, South < 0, North > 0). This item is optional if the base is referenced directly in the planet’s base list.

Size = <size>

Defines the base’s overall radius in meters.



OBJECTSIZE = *<osize>*

Defines the size of a “typical” object (building, etc.) This value is used by Orbiter to determine up to what camera distance base objects will be rendered. Objects will not be rendered if the apparent size of an object of size *<osize>*, located at the centre of the base, would be smaller than 1 pixel. The default value for *<osize>* is 100.0.

MAPOBJECTSTOSPHERE (boolean)

If *true*, the objects in the object list will be automatically adjusted in elevation to correct for the planets curvature. This means that objects with elevation 0 will be mapped onto altitude 0 of the planet surface. If *false*, elevation 0 maps onto the flat horizon plane of the base reference point. Default: *false*.

Note: Currently this function is only implemented for a limited number of base object types.

*<NAV list>*

Contains a list navigation radio transmitters associated with the base. The format is identical to that of the Planet config file (see section 22.3).

*<Object list>*

Contains a list of objects which make up the visual elements of the base. See next section for details.

*<Surface tile list>*

An optional list of high-resolution surface tiles covering the base area. Each tile is represented by a line in the list, with the format

```
<res> <lng-idx> <lat-idx> <flag>
```

where *<res>* is the tile resolution (integer  $\geq 1$ ), and *<lng-idx>* and *<lat-idx>* are the position indices. The position indices define the location of the tile on the global planet map at the given resolution. *<flag>* is a bitflag (bit 0 = 1: render tile; bit 1 = 1: tile contains transparency in the alpha channel).

For each tile entry, a corresponding texture file in DDS format (DXT1 or DXT5) must exist in the *Textures* subdirectory, with naming convention

```
<planet>_<res>_[W|E]<lng-idx>_[N|S]<lat-idx>.dds
```

where *<planet>* is the planet name, *<res>* is the tile resolution as defined in the list, and *<lng-idx>* and *<lat-idx>* are the position indices as defined in the list (zero-padded to 4 digits).

Note: Future versions of Orbiter may incorporate local high-resolution planetary surface areas directly in the planet's texture file. The mechanism of associating surface tiles with base definitions via the surface tile list will then be removed. Using surface tile lists is therefore not recommended.

## **NEW!** Linking surface bases to planets

After creating the base configuration file, it must be referenced by a planet to instantiate the base. There are several ways to make Orbiter read a surface base definition:

- Place the base configuration file in the default base configuration folder for the planet. By default, Orbiter will scan the folder *Config\<pname>\Base* for base definitions, where *<pname>* is the planet name. For example, the default folder for Earth bases is *Config\Earth\Base*. The default folder is only scanned if the planet doesn't explicitly define a base list (see below).
- To make Orbiter scan different folders, create a surface base list in the planet's configuration file, starting with the line *BEGIN\_SURFBASE* and ending with the line *END\_SURFBASE*. In this list, specify the new surface base directory with the line *'DIR <folder>'*, where *<folder>* is the path to the folder containing the base configurations (relative to the *Config* folder). Multiple folders can be specified. If the same base is defined in more than one of the scanned folders, only the first is used. This allows to replace base definitions without having to delete the original configuration file.

Example:

```
BEGIN_SURFBASE
  DIR Earth\MyBase
```

```
DIR Earth\MoreBases
END_SURFBASE
```

If the surface base list exists in a planet's configuration file, the default base configuration folder will *not* be scanned, unless it is explicitly listed.

- Base references can be placed directly into the base list, using the following format:

```
<fname>:<lng> <lat>
```

where *<fname>* is the name of the surface base configuration file: Config\<fname>.cfg, and *<lng>* and *<lat>* are the equatorial coordinates of the base (longitude and latitude) in degrees. When using this format, the base configuration file must be located in the *Config* subdirectory.

## NEW!

### Selective loading of bases

To provide more control over the loading of surface bases in for a given simulation scenario, two conditional flags can be set with a DIR entry in the base list:

- Specify a time interval with the PERIOD parameter. The corresponding directory will only be scanned if the scenario start date is inside this interval. This allows to replace surface bases only at specific time periods, for example to set up the Kennedy Space Center for the Apollo lunar missions.

Syntax:

```
DIR <folder> PERIOD <mjd0> <mjd1>
```

where *<mjd0>* and *<mjd1>* are the start and end dates of the period over which the base folder will be scanned, in MJD (Modified Julian Date) format. Either can be set to '-' to disable the limit at one end.

- Specify a scenario context with the CONTEXT parameters. The corresponding directory will only be scanned if the scenario specifies the same context string in its environment context entry (see Section 22.7). This allows to add or replace surface bases only within a defined set of scenarios.

Syntax:

```
DIR <folder> CONTEXT <string>
```

where *<string>* is the context string to be matched against the scenario context. The PERIOD and CONTEXT parameters can be used simultaneously. In that case the directory will only be scanned if both conditions are satisfied.

Examples:

```
BEGIN_SURFBASE
DIR Earth\1969Base PERIOD 40222 42048
DIR Earth\TempBases CONTEXT RichScenery
DIR Earth\OtherBases PERIOD - 40000 CONTEXT EarlyBases
DIR Earth\Base
END_SURFBASE
```

Note that the list order is important to allow the custom base definitions to replace standard bases.

## 22.5 Adding objects to surface bases

Surface bases are composed of objects (buildings, train lines, hangars, launch pads, etc.) The configuration file for each surface base contains a list of its objects:

```
BEGIN_OBJECTLIST
<Object 0>
```

```

<Object 1>
...
<Object n-1>
END_OBJECTLIST

```

Each object entry in the list defines a particular object and its properties (type, position, size, textures, etc.). An object can either be a pre-defined type or a generic mesh. Each object entry has the following format:

```

<Type>
<Parameters>
END

```



Note that textures used by base objects must be listed in the texture list of the *Base.cfg* configuration file.

The following pre-defined object types are currently supported:

### BLOCK

A 5-sided “brick” (without a floor) which can be used as a simple generic building, or as part of a more complex structure. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
POS	V	Centre of the block’s base rectangle (in local coordinates of the surface base). Note that the y-coordinate is the elevation above ground. Default: 0 0 0
SCALE	V	Object size in the three coordinate axes. Default: 1 1 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX1	S F F	Texture name and u,v scaling factors for walls along the x-axis. Default: none
TEX2	S F F	Texture name and u,v scaling factors for walls along the z-axis. Default: none
TEX3	S F F	Texture name and u,v scaling factors for roof. Default: none

(V=Vector, F=Float, S=String)

### HANGAR

A hangar-type building with a barrel-shaped roof. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
POS	V	Centre of the object’s base rectangle (in local coordinates of the surface base). Note that the y-coordinate is the elevation above ground. Default: 0 0 0
SCALE	V	Object size in the three coordinate axes. Default: 1 1 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX1	S F F	Texture name and u,v scaling factors for walls. Default: none
TEX2	S F F	Texture name and u,v scaling factors for front gate. Default: none
TEX3	S F F	Texture name and u,v scaling factors for roof. Default: none

(V=Vector, F=Float, S=String)

### HANGAR2

A hangar-type building with a tent-shaped roof. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
POS	V	Centre of the object’s base rectangle (in local coordinates of the surface base). Note that the y-coordinate is the elevation above ground. Default: 0 0 0
SCALE	V	Object size in the three coordinate axes. Default: 1 1 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX1	S F F	Texture name and u,v scaling factors for front and back walls. Default: none

TEX2	S F F	Texture name and u,v scaling factors for side walls. Default: none
TEX3	S F F	Texture name and u,v scaling factors for roof. Default: none
ROOFH	F	Roof height from base to ridge. Default: ½ building height.

(V=Vector, F=Float, S=String)

### HANGAR3

A hangar-type building with a barrel-shaped roof reaching to the ground. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
POS	V	Centre of the object's base rectangle (in local coordinates of the surface base). Note that the y-coordinate is the elevation above ground. Default: 0 0 0
SCALE	V	Object size in the three coordinate axes. Default: 1 1 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX1	S F F	Texture name and u,v scaling factors for front and back walls. Default: none <i>[not supported yet!]</i>
TEX2	S F F	Texture name and u,v scaling factors for front gate. Default: none <i>[not supported yet!]</i>
TEX3	S F F	Texture name and u,v scaling factors for roof. Default: none

(V=Vector, F=Float, S=String)

### TANK

A fuel tank-like upright cylinder with flat top. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
POS	V	Centre of the object's base circle (in local coordinates of the surface base). Note that the y-coordinate is the elevation above ground. Default: 0 0 0
SCALE	V	Cylinder radii in x and z, and height in y. Default: 1 1 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
NSTEP	I	Number of segments to approximate circle. Default: 12
TEX1	S F F	Texture name and u,v scaling factors for mantle. Default: none
TEX2	S F F	Texture name and u,v scaling factors for top.

(V=Vector, F=Float, I=Integer, S=String)

### RUNWAY

Texturing for a runway. The texture mapping can be split into segments, to allow inclusion of markings, overruns, etc. This does not include any lighting (see RUNWAYLIGHTS).

Parameter	Type	Description
END1	V	First end point of runway (center line), including any overruns to be textured.
END2	V	Second end point of runway (center line).
WIDTH	F	Runway width [m]
ILS1	F	Localiser frequency for approach towards END1 (108.00 to 139.95). Default: No ILS support
ILS2	F	Localiser frequency for approach towards END2 (108.00 to 139.95). This can be the same frequency as ILS1. Default: No ILS support.
NRWSEG	I	Number of texture segments
RWSEGx	I F F F F F	Definition of segment x (x = 1...NRWSEG). Parameters: 1. Number of mesh sub-segments (≥1) 2. Fractional length of segment (sum of all segments must be 1) 3. texture coordinate $u_0$ of segment 4. texture coordinate $u_1$ 5. texture coordinate $v_0$ 6. texture coordinate $v_1$
RWTEX	S	Texture name for all segments

(V=Vector, F=Float, I=Integer, S=String)



## RUNWAYLIGHTS

Complete lighting for a single runway, including optional Precision Approach Path Indicator (PAPI) and Visual Approach Slope Indicator (VASI) – see section 16.6. Runway markers are turned off during daytime, but PAPI and VASI indicators are always active.

Parameter	Type	Description
END1	V	First end point of runway (center line).
END2	V	Second end point of runway (center line).
WIDTH	F	Runway width [m]
COUNT1	I	Number of lights along the runway center line ( $\geq 2$ ). Default: 40
PAPI	F F F	Precision Approach Path Indicator (PAPI). Default: no PAPI. Parameters: 1. Designated approach angle [deg] 2. Approach cone aperture [deg] 3. Offset of PAPI location from runway endpoints. [m]
VASI	F F F	Visual Approach Slope Indicator (VASI). Default: no VASI Parameters: 1. Designated approach angle [deg] 2. Distance between white and red indicator lights [m] 3. Offset of VASI (red bar) location from runway endpoints [m]

(V=Vector, F=Float, I=Integer)

## BEACONARRAY

A linear array of illuminated beacons, usable e.g. for taxiway night lighting.

Parameter	Type	Description
END1	V	First end point of beacon array (in local coordinates of the surface base). Note that the y-coordinate is the elevation above ground.
END2	V	Second end point of beacon array
COUNT	I	Number of beacons in the array ( $\geq 2$ ). Default: 10
SIZE	F	Size (radius) of each beacon light. Default: 1.0
COL	F F F	Beacon colour (RGB) Valid range: 0..1 for each value. Default: 1 1 1 (white)

(V=Vector, F=Float, I=Integer)

## SOLARPLANT

A grid of ground-mounted solar panels, smart enough to align themselves with the Sun. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
POS	V	Centre position of the panel grid. Default: 0 0 0
SCALE	F	Scaling factor for each panel. Default: 1
SPACING	F F	Distance between panels in x and z direction. Default: 40 40
GRID	I I	Grid dimensions in x and z direction. Default: 2 2
ROT	F	Rotation of plant around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX	S [F F]	Texture name and u,v scaling factors for panels. Default: none

(V=Vector, F=Float, I=Integer, S=String)

## TRAIN1

A monorail-type train on a straight track. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
END1	V	First end point of track
END2	V	Second end point of track
MAXSPEED	F	Maximum speed of train [m/s] Default: 30
SLOWZONE	F	Distance over which train slows down at end of track [m] Default: 100
TEX	S	Texture name

(V=Vector, F=Float, S=String)

## TRAIN2

Suspension train on a straight track. The following parameters are supported:

Parameter	Type	Description
END1	V	First end point of track
END2	V	Second end point of track
HEIGHT	F	Height of suspension track over ground [m] Default: 11
MAXSPEED	F	Maximum speed of train [m/s] Default: 30
SLOWZONE	F	Distance over which train slows down at end of track [m] Default: 100
TEX	S	Texture name

(V=Vector, F=Float, S=String)

## LPAD1

An octagonal bordered landing pad. Default diameter 80m (at scale 1). Landing pads are numbered in the order they appear in the list. Can be assigned numbers 1-9. For expected layout of texture map see e.g. Textures\Lpad01.dds.

Parameter	Type	Description
POS	V	Pad centre coordinates (in local coordinates of the surface base).
SCALE	F	Scaling factor. Default: 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX	S	Texture name. Default: none
NAV	F	frequency [MHz] of VTOL nav transmitter (valid range: 85.0-140.0, default: none)

(V=Vector, F=Float, S=String)

## LPAD2

A square landing pad. Default size 80m (at scale 1). Landing pads are numbered in the order they appear in the list. Can be assigned numbers 1-99. For expected layout of texture map see e.g. Textures\Lpad02.dds.

Parameter	Type	Description
POS	V	Pad centre coordinates (in local coordinates of the surface base).
SCALE	F	Scaling factor. Default: 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX	S	Texture name. Default: none
NAV	F	frequency [MHz] of VTOL nav transmitter (valid range: 85.0-140.0, default: none)

(V=Vector, F=Float, S=String)

**NEW!**

## LPAD2A

Similar to LPAD2, but uses a different layout for the texture map, providing a higher resolution at the same texture size. For expected layout of texture map see e.g. Textures\Lpad02a.dds. The supported parameters are the same as for LPAD2.

## MESH

Generic mesh for custom object types. Mesh files must be in ORBITER mesh file format (see *3DModel.pdf* in the Orbiter SDK package).

Parameter	Type	Description
FILE	S	Mesh file name (without path and extension). Mesh files must be located in the mesh subdirectory (see master config file).
POS	V	Position of mesh origin (in local coordinates of the surface base).
SCALE	V	Scaling factors in x and z, and height in y. Default: 1 1 1
ROT	F	Rotation around vertical axis (degrees). Default: 0
TEX	S	Texture name. Default: none
SHADOW		Render the shadow cast on the ground by the object.

UNDERSHADOWS	Object can be covered by shadows cast on the ground by other objects (e.g. roads, landing pads, etc.). Default: object not covered by ground shadows
OWNMATERIAL	Use materials and textures defined in the mesh file. This overrides the TEX entry.
LPAD	Object is a landing pad.
PRELOAD	Mesh should be loaded at program start. This can reduce disk activity during the simulation but increases main memory usage. Default: Load only when used.

(V=Vector, F=Float, S=String)

Notes:

- If the mesh only uses a single texture it is more efficient to specify it via the TEX entry than via the mesh using OWNMATERIAL, because Orbiter can merge objects with the same TEX entries for improved performance.

## 22.6 Adding custom markers


You can define lists of labels to mark objects on the celestial sphere (e.g. bright stars, navigation stars, nebulae, etc.), or planetary surface markers to locate natural landmarks, points of interest, historic landing sites, navigational aids, etc.

The user can display these markers during the simulation using  and .

All celestial and planetary surface markers are placed in their own subdirectories, which default to `.\Config\<name>\Marker\`, where `<name>` is the name of the planetary system (for celestial markers) or planet (for surface markers) they are referring to. You can specify a different location with the *MarkerPath* option in the planet's or planetary system's configuration file (see Section 22.3). Marker files must have extension `.mkr`. Multiple files can be defined for a single planet or planetary system, which the user can turn on or off individually. Marker files are in ASCII (text) format:

```
BEGIN_HEADER
  InitialState [on/off]
  ShapeIdx [0 .. 6]
  ColourIdx [0 .. 5]
  Size [0.1 .. 2]
  DistanceFactor [1e-5 .. 1e3]
  Frame [celestial/ecliptic]
END_HEADER
BEGIN_DATA
  <lng> <lat> : <label> [: <label>]
  <lng> <lat> : <label> [: <label>]
  ...
```

The header section contains some configuration options:

- InitialState defines if the labels are initially visible when the user activates surface markers under . The user can turn lists on and off individually during the simulation. The default is "off".
- ShapeIdx: an integer between 0 and 6 defining the shape of the labels.
 

0	box (default)
1	circle
2	diamond
3	delta
4	nabla
5	cross
6	X
- ColourIdx: an integer between 0 and 5 defining the colour of the labels. Default is 1.
- Size: A size factor for the markers. Default is 1.0.
- DistanceFactor: Defines up to what distance the markers are displayed. Default is 1.0.
- Frame (used for celestial markers only): defines the reference frame to which the coordinates in the list refer.
  - ecliptic: data are ecliptic longitude and latitude

celestial: data are right ascension and declination of J2000 equator and equinox.  
(default)

Each item in the header section is optional. If missing, the default value is substituted. The header can also be omitted altogether, in which case the "BEGIN\_DATA" flag is also not required.

In the data section, each line defines a label. It consists of equatorial position: longitude (in degrees, with eastern longitudes positive, and western longitudes negative), latitude (in degrees with northern latitudes positive, and southern latitudes negative), and one or two label strings to be displayed above and below the marker.

## 22.7 Scenario files

Scenarios contain all parameters required to set up the simulation at a particular time. They are used for loading and saving simulation states. Scenario files are usually generated automatically when saving a simulation. The format description below is primarily intended for developers of scenario editor add-ons.

### Format:

```
<Description block>
<Environment block>
<Focus block>
<Camera block>
<Panel block>
<VC block>
<HUD block>
<Left MFD block>
<Right MFD block>
<Ship list>
```

### Description block (optional):

Contains a short description of the scenario.

```
BEGIN_DESC
  <Description>
END_DESC
```

<Description>: ASCII text describing the scenario. CR is converted to space. Empty lines are converted to CR. This text is displayed in the description box of the Orbiter launchpad dialog when the user selects the scenario from the list.

### Environment block (optional):

Contains the simulation environment.

```
BEGIN_ENVIRONMENT
  <Environment parameters>
END_ENVIRONMENT
```

### <Environment parameters>:

Parameter	Type	Description
SYSTEM	S	Name of the planetary system. A configuration file for this system must exist. Default: "Sol"
DATE		Contains simulation start time. Allowed formats are: MJD <mjd> (<mjd>: Modified Julian Date) JD <jd> (<jd>: Julian Date) JE <je> (<je>: Julian Epoch) Default is current simulation time, but this should be avoided if the scenario contains objects defined by position/velocity vectors, which cannot easily be propagated in time.
CONTEXT	S	Optional context string. This can be used to fine-tune the setup of the planetary system, e.g. by selective loading of surface bases.

NEW!

### Focus block (mandatory):

Contains parameters for the user-controlled spacecraft.



```
BEGIN_FOCUS
  <Focus parameters>
END_FOCUS
```

<Focus parameters>:

Parameter	Type	Description
SHIP	S	Name of the user-controlled ship. The ship must be listed in the ship list (see below).

#### Camera block (optional):

Camera mode and parameters. If the camera block is missing, the camera is set to cockpit view in the current focus object.

```
BEGIN_CAMERA
  <Camera parameters>
END_CAMERA
```

<Camera parameters>:

Parameter	Type	Description
MODE	Flag	Extern or Cockpit
TARGET	S	Camera view target. (external modes only; cockpit mode always refers to current focus object)
POS	V	Camera position relative to target (external modes only)
TRACKMODE	Flag [+String]	TargetRelative   AbsoluteDirection   GlobalFrame   TargetTo <ref>   TargetFrom <ref>   Ground <ref> (external modes only)
GROUNDLOC ATION	F F F	longitude (deg), latitude (deg) and altitude (m) of ground observer ( <i>Ground trackmode only</i> )
GROUNDDIR ECTION	F F	polar coordinates of ground observer orientation ( <i>free Ground trackmode only</i> )
FOV	F	Field of view (degrees)

#### Panel block (optional):

2D instrument panel parameters. If neither this nor the VC (virtual cockpit) block is present, Orbiter initially displays generic cockpit views.

```
BEGIN_PANEL
  <Panel parameters>
END_PANEL
```

Currently no panel parameters are supported.

#### VC block (optional):

Virtual cockpit parameters. If neither this nor the panel block is present, Orbiter initially displays generic cockpit views.

```
BEGIN_VC
  <VC parameters>
END_VC
```

Currently no VC parameters are supported.

#### HUD block (optional):

HUD mode and parameters. If the HUD block is missing, no HUD is displayed at startup.

```
BEGIN_HUD
  <HUD parameters>
END_HUD
```

<HUD parameters>:

Parameter	Type	Description
TYPE	Flag	Orbit   Surface   Docking

#### Left/Right MFD blocks (optional):

Left/right MFD type and parameters. If the block is missing, the corresponding MFD is not displayed. Note that custom MFD modes may have their own set of parameters.

```
BEGIN_MFD Left/Right
  <MFD parameters>
END_MFD
```

<MFD parameters>:

Parameter	Type	Description
TYPE	Flag	MFD type: Orbit   Surface   Map   Launch   Docking   OAlign   OSync   Transfer
REF	S	Reference object (Orbit and Map MFD only)
TARGET	S	Target object (for Orbit, OAlign and OSync MFD only)
BTARGET	S	Base target (for Map MFD only)
OTARGET	S	Orbit target (for Map MFD only)
PROJ	Flag	Ecliptic   Ship   Target (for Orbit MFD only)
MODE	Flag	Intersect 1   Intersect 2   Sh periapsis   Sh apoapsis   Tg periapsis   Tg apoapsis   Manual axis (for OSync MFD only)
MANUALREF	F	Reference axis position [deg] (for OSync MFD in manual mode only)
LISTLEN	I	Number or orbit time listings (for OSync MFD only)

### Ship list:

List of spacecraft. The list must at least contain the vessel referred to by the `Focus` entry.

```
BEGIN_SHIPS
  <Ship 0>
  <Ship 1>
  ...
  <Ship n-1>
END_SHIPS
```

### Ship entries <Ship i>:

```
<Vessel name>[: <Class name>]
  <Vessel parameters>
END
```

<Vessel name>: ship identifier string

<Class name>: vessel class (if applicable). If no class is specified, a `.cfg` file for the vessel, `<vessel name>.cfg` is required.

<Vessel parameters>:

Parameter	Type	Description
STATUS	Flag	Landed <planet>   Orbiting <planet>
BASE		<base>: <lpad> (only for STATUS Landed)
HEADING	F	Orientation (only for STATUS Landed)
RPOS	V	Position rel. to reference (only for STATUS Orbiting)
RVEL	V	Velocity rel. to reference (only for STATUS Orbiting)
ELEMENTS	List	Orbital elements. This is an alternative to RPOS and RVEL for vessels with STATUS Orbiting. The list contains 7 entries: semi-major axis $a$ [m], eccentricity $e$ , inclination $i$ [°], longitude of ascending node $\Omega$ [°], longitude of periapsis $\varpi$ [°], mean longitude at reference date [°], and reference date in MJD format.
AROT	V	Orientation: rotation angles of object frame (only for STATUS Orbiting)
VROT	V	angular velocity [°/s] (only for STATUS Orbiting)
FUEL	F	Fuel level (0 to 1). This entry sets the level of all propellant resources to the same level. For individual settings, use PRPLEVEL option instead.
PRPLEVEL	List	List of propellant resource levels. Each entry is of the form <id>: <level>, where <id> is the resource identifier, and

		<level> is the propellant resource level (0..1).
THLEVEL	List	List of thruster settings. Each entry is of the form <id>: <level>, where <id> is the thruster identifier (in the order of thruster creation), and <level> is the thruster level (0..1). Thrusters with level 0 can be omitted.
DOCKINFO	List	Docking status list. This contains information about all docked vessels. Each entry is of the form <id>: <rid>, <rvessel> where <id> is the docking port identifier, <rid> is the docking port identifier of the docked vessel, and <rvessel> is the name of the docked vessel. Only occupied docking ports are listed. See notes below.

Note that individual vessel types may define additional parameter entries.

### Docking vessels

There are two ways to define vessels as being assembled into a superstructure by docking them together:

- Place the vessels so that their docking ports coincide (by using appropriate RPOS, RVEL, AROT and VROT parameters for both). Orbiter will dock two vessels automatically if their docking ports are close enough.
- Define the DOCKINFO lists for both vessels so that they reference each other. Orbiter will then attach the vessels accordingly. **Important:** The RPOS, RVEL, AROT and VROT parameters of the first vessel in the list which belongs to the superstructure are used to initialise the state vectors of the superstructure. All subsequent vessels docked to the same superstructure do not need to define these parameters.

## Appendice A : Les raccourcis clavier des MFD

Vous trouverez ici un récapitulatif des commandes des MFD livrés dans la version d'Orbiter.

### A.1 MFD COM/NAV (Réglage du récepteur)

NAV Receiver Stack

NAV1: 112.70 MHz  
VOR KSCX

NAV2: 134.20 MHz  
ILS Rwy 15 KSC - Kennedy Space

NAV3: 112.20 MHz  
VOR ORL

NAV4: 113.70 MHz  
-----

XPDR Transmitter  
XPDR: 108.00 MHz

Nav précédente: Maj , → SL-

Nav suivante: Maj ; → SL+

- 0,05 Mhz: Maj ⏏ → ^

- 1 Mhz: Maj ⏏ → <<

+ 0,05 Mhz: Maj \$ → >

+ 1 Mhz: Maj = → >>

Buttons: PWR, SEL, MNU

### A.2 MFD Orbite

Orbit: Earth Frm ECL Prj SHP

--OSC. EL.--

SMa 6.733M SMa 6.671M

SMi 6.733M SMi 6.671M

PeR 6.533M PeR 6.668M

ApR 6.934M ApR 6.675M

Rad 6.542M Rad 6.674M

Ecc 0.0298 Ecc 0.0005

T 5.498k T 5.428k

PeT 5.235k PeT 3.337k

ApT 2.495k ApT 625.5

Vel 7.915k Vel 7.727k

Inc 52.32° Inc 3.50°

LAN 180.04° LAN 359.97°

LPe 288.48° LPe 355.83°

AgP 108.44° AgP 355.86°

TrA 18.27° TrA 138.52°

TrL 306.76° TrL 134.35°

MnA 17.23° MnA 138.48°

MnL 305.71° MnL 134.31°

G 1.00

Sélect. orbite de référence: Maj R → REF

Auto-sélect. référence: Maj Q → AR

Sélect. cible: Maj T → TGT

Désélect. cible: Maj N → NT

Mode écran: Maj , → MOD

Image de la référence: Maj F → FRM

Mode de projection orbitale: Maj P → PRJ

Affichage distance Alt/rad: Maj D → DST

Copier réf. vers HUD: Maj H → HUD

Buttons: PWR, SEL, MNU

### A.3 MFD VOR/VTOL

VOR/VTOL NAV4 132.25kHz

VTOL Pad-05 Cape Canaveral

DIST 270.4 DIR 217° ALT VSPD

HSPD 5.16 4.036k 7.37

Sélection récepteur NAV: Shift N → NAV

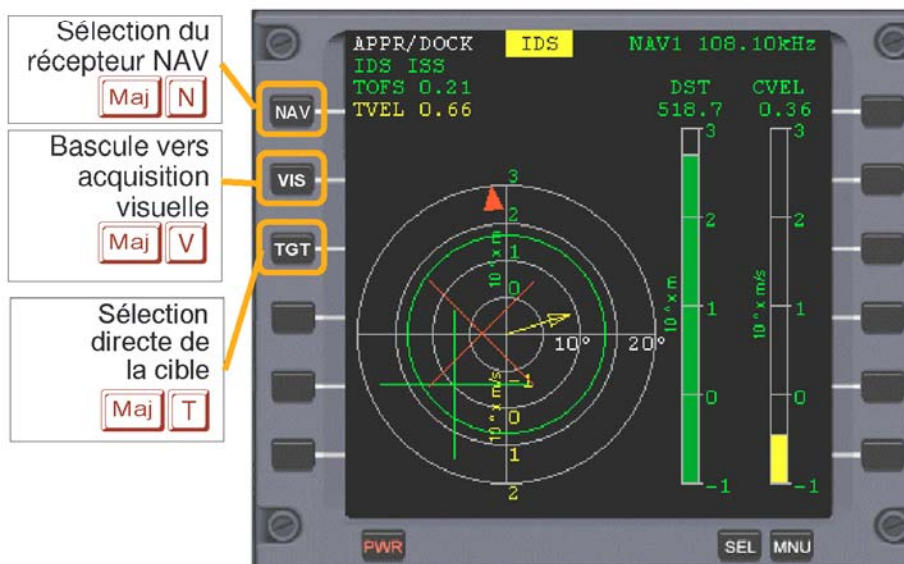
Buttons: PWR, SEL, MNU



## A.4 MFD HSI (Indicateur de Situation Horizontale)



## A.5 MFD Arrimage



## A.6 MFD Surface



## A.7 MFD carte

Sélection de la carte de référence  
[Maj] [R]

Sélection de la base / orbite cible  
[Maj] [T]

Active / désactive le mode poursuite  
[Maj] [K]

Zoom (global / 2x)  
[Maj] [W]

Défilement gauche  
[Maj] [←]

Défilement droit  
[Maj] [→]

Défilement haut  
[Maj] [↑]

Défilement bas  
[Maj] [↓]

## A.8 MFD Alignement du plan orbital

Sélection de l'objet cible  
[Maj] [T]

Sélection d'éléments personnalisés  
[Maj] [E]

## A.9 MFD Synchronisation d'orbite

Sélection de l'objet cible  
[Maj] [T]

Changer de mode d'intersection  
[Maj] [,]

Nombre dans la liste  
[Maj] [N]

Rotation du point d'intersection  
[Maj] [M]

Rotation du point d'intersection  
[Maj] [%]



## A.10 MFD Transfert

**Sélection objet de référence**  
Maj R

**Sélection orbite source**  
Maj S

**Sélection cible**  
Maj T

**Désélect. cible**  
Maj N

**Basculer orbite hypothétique**  
Maj X

**Trajectoire multiple**  
Maj .

**Mise à jour trajectoire**  
Maj U

**Pas temporel**  
Maj W

**Rotation point d'éjection**  
Maj M

**Rotation point d'éjection**  
Maj %

**Dinimue  $\Delta V$**   
Maj )

**augmente  $\Delta V$**   
Maj =

**Transfert [Ref: Earth]**

Src [self]  
TrL 207.12°

Tgt Moon  
TrL 240.88°  
TL1 66.46°

HTO  
TLe 34.85°  
DTe 315.4k  
Dv 898.1  
TL1 286.35°  
DT1 1.295M

Num orbit  
Stp 700  
T 683.4k

RInc 0.01°

REF SRC TGT NT HTO NUM

PWR SEL MNU

## A.11 MFD Profil de montée

**Tourne la page**  
Maj P

**Règle l'échelle de l'altitude**  
Maj Q

**Règle l'échelle de la vitesse radiale**  
Maj R

**Règle l'échelle de la vitesse tangentielle**  
Maj T

**Ascent profile**

Altitude x 0.1

Time x 0.1

Radial Velocity x 0.1

Tangential Velocity x 0.1

PG AR VRR VIK

PWR SEL MNU

## A.12 MFD TransX

**Aide textuelle**  
Maj R

**Passer à l'étape suivante**  
Maj F

**Passer à l'étape précédente**  
Maj R

**Sélection vue**  
Maj W

**Variable suivante**  
Maj .

**Variable précédente**  
Maj ,

**Augmenter la sensibilité**  
Maj S

**Diminuer la sensibilité**  
Maj ^

**Augmenter la variable**  
Maj =

**Diminuer la variable**  
Maj )

**Basculer le mode de vue**  
Maj X

**TransX MFD**

MAJ:Sun  
MIN:Earth

Stage 1:4  
View:Setup  
TGT:Jupiter

Vars Stage 1

Select Target  
Planets/Moons  
Jupiter

Cl. App. (rough)  
874.2M  
Enc. V:6.151k  
Enc. MJD 43793.49

HLP FWD BCK VW VAR -VR

ADJ -AJ ++ -- SW

PWR SEL MNU

## Appendix B Solar System: Constants and parameters

This section contains a list of physical and orbital planetary parameters used by Orbiter to build its solar system.

### B.1 Astrodynamic constants and parameters

Constant	Symbol	Value
Julian day	d	86400 s
Julian year	yr	365.25 d
Julian century	Cy	36525 d
Speed of light	c	299792458 m/s
Gaussian gravitational constant	k	$0.01720209895 \text{ (AU}^3/\text{d}^2)^{1/2}$

Table 1: Defining constants

Constant	Symbol	Value
Mean sidereal day		86164.09054 s = 23:56:04.09054
Sidereal year (quasar ref. frame)		365.25636 d
Light time for 1 AU	$\tau_A$	$499.004783806 (\pm 0.00000001) \text{ s}$
Gravitational constant	G	$6.67259 (\pm 0.00030) \times 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
General precession in longitude		$5028.83 (\pm 0.04) \text{ arcsec/Cy}$
Obliquity of ecliptic (J2000)	$\epsilon$	$84381.412 (\pm 0.005) \text{ arcsec}$
Mass: Sun / Mercury		$6023600. (\pm 250.)$
Mass: Sun / Venus		$408523.71 (\pm 0.06)$
Mass: Sun / (Earth+Moon)		$328900.56 (\pm 0.02)$
Mass: Sun / (Mars system)		$3098708. (\pm 9.)$
Mass: Sun / (Jupiter system)		$1047.3486 (\pm 0.0008)$
Mass: Sun / (Saturn system)		$3497.898 (\pm 0.018)$
Mass: Sun / (Uranus system)		$22902.98 (\pm 0.03)$
Mass: Sun / (Neptune system)		$19412.24 (\pm 0.04)$
Mass: Sun / (Pluto system)		$1.35 (\pm 0.07) \times 10^8$
Mass: Moon / Earth		$0.012300034 (\pm 3 \times 10^{-9})$

Table 2: Primary constants

Constant	Symbol	Value
Astronomical unit distance	$c \times \tau_A = \text{AU}$	$1.49597870691 \times 10^{11} (\pm 3) \text{ m}$
Heliocentric gravitational constant	$k^2 \text{ AU}^3 \text{ d}^{-2} = \text{GM}_{\text{sun}}$	$1.32712440018 \times 10^{20} (\pm 8 \times 10^9) \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Mass: Earth / Moon		$81.30059 (\pm 0.00001)$

Table 3: Derived constants

#### Notes:

Data are from the 1994 IAU file of current best estimates. Planetary ranging determines the Earth/Moon mass ratio. The value for 1 AU is taken from JPL's current planetary ephemeris DE-405.

#### Reference:

Standish, E.M. (1995) "Report of the IAU WGAS Sub-Group on Numerical Standards", in Highlights of Astronomy (I. Appenzeller, ed.), Table 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

### B.2 Planetary mean orbits (J2000)

(Epoch = J2000 = 2000 January 1.5)

Planet (mean)	a [AU]	e	i [deg]	$\Omega$ [deg]	$\varpi$ [deg]	L [deg]
Mercury	0.38709893	0.20563069	7.00487	48.33167	77.45645	252.25084
Venus	0.72333199	0.00677323	3.39471	76.68069	131.53298	181.97973
Earth	1.00000011	0.01671022	0.00005	-11.26064	102.94719	100.46435
Mars	1.52366231	0.09341233	1.85061	49.57854	336.04084	355.45332
Jupiter	5.20336301	0.04839266	1.30530	100.55615	14.75385	34.40438



<b>Saturn</b>	9.53707032	0.05415060	2.48446	113.71504	92.43194	49.94432
<b>Uranus</b>	19.19126393	0.04716771	0.76986	74.22988	170.96424	313.23218
<b>Neptune</b>	30.06896348	0.00858587	1.76917	131.72169	44.97135	304.88003
<b>Pluto</b>	39.48168677	0.24880766	17.14175	110.30347	224.06676	238.92881

Table 4: Planetary mean orbits

### B.3 Planetary orbital element centennial rates

(for the mean elements given above)

Planet (rate)	a [AU/Cy]	e [1/Cy]	i ["/Cy]	$\Omega$ ["/Cy]	$\varpi$ ["/Cy]	L ["/Cy]
<b>Mercury</b>	0.00000066	0.00002527	-23.51	-446.30	573.57	538101628.29
<b>Venus</b>	0.00000092	-0.00004938	-2.86	-996.89	-108.80	210664136.06
<b>Earth</b>	-0.00000005	-0.00003804	-46.94	-18228.25	1198.28	129597740.63
<b>Mars</b>	-0.00007221	0.00011902	-25.47	-1020.19	1560.78	68905103.78
<b>Jupiter</b>	0.00060737	-0.00012880	-4.15	1217.17	839.93	10925078.35
<b>Saturn</b>	-0.00301530	-0.00036762	6.11	-1591.05	-1948.89	4401052.95
<b>Uranus</b>	0.00152025	-0.00019150	-2.09	-1681.40	1312.56	1542547.79
<b>Neptune</b>	-0.00125196	0.0000251	-3.64	-151.25	-844.43	786449.21
<b>Pluto</b>	-0.00076912	0.00006465	11.07	-37.33	-132.25	522747.90

“ arcsecs  
 Cy Julian century  
 a Semi-major axis  
 e eccentricity  
 i inclination  
 $\Omega$  longitude of the ascending node  
 $\varpi$  longitude of perihelion  
 L mean longitude

#### Notes:

This table contains mean orbit solutions from a 250 yr. least squares fit of the DE 200 planetary ephemeris to a Keplerian orbit where each element is allowed to vary linearly with time. This solution fits the terrestrial planet orbits to ~25" or better, but achieves only ~600" for Saturn. Elements are referenced to mean ecliptic and equinox of J2000 at the J2000 epoch (2451545.0 JD).

#### Reference:

Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. 1992. K. P. Seidelmann, Ed., p.316 (Table 5.8.1), University Science Books, Mill Valley, California.

### B.4 Planets: Selected physical parameters

Planet	Mean radius [km]	Mass [ $10^{23}$ kg]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Siderial rotation period [h]	Siderial orbit period [yr]
<b>Mercury</b>	2440. ±1.	3.301880	5.427	1407.509	0.2408445
<b>Venus</b>	6051.84 ±0.01	48.6855374	5.204	-5832.444	0.6151826
<b>Earth</b>	6371.01 ±0.02	59.73698968	5.515	23.93419**	0.9999786
<b>Mars</b>	3389.92 ±0.04	6.418542	3.9335±0.0004	24.622962	1.88071105
<b>Jupiter</b>	69911. ±6.	18986.111	1.326	9.92425	11.856523
<b>Saturn</b>	58232. ±6.	5684.6272	0.6873	10.65622	29.423519
<b>Uranus</b>	25362. ±12.	868.32054	1.318	17.24 ±0.01	83.747407
<b>Neptune</b>	24624. ±21.	1024.569	1.638	16.11 ±0.01	163.72321
<b>Pluto*</b>	1151	0.15	1.1	153.28	248.0208

Planet	V(1,0) [mag.]	Geometric albedo	Equatorial gravity [m/s <sup>2</sup> ]	Escape velocity [km/s]
<b>Mercury</b>	-0.42	0.106	3.701	4.435
<b>Venus</b>	-4.4	0.65	8.87	10.361
<b>Earth</b>	-3.86	0.367	9.780327	11.186
<b>Mars</b>	-1.52	0.15	3.69	5.027
<b>Jupiter</b>	-9.4	0.52	23.12 ± 0.01	59.5
<b>Saturn</b>	-8.88	0.47	8.96 ± 0.01	35.5
<b>Uranus</b>	-7.19	0.51	8.69 ± 0.01	21.3
<b>Neptune</b>	-6.87	0.41	11.00 ± 0.05	23.5
<b>Pluto</b>	-1.0*	0.3*	0.655	1.3

All values from reference [1] except Pluto data from [2]. Mercury to Neptune masses derived from GM data in [1] (thanks to Duncan Sharpe for pointing this out).

\*\* Orbiter now uses 23.93447h (= 23h 56m 4.09s) which appears to give better long term stability.

#### References

[1] Yoder, C.F. 1995. "Astrometric and Geodetic Properties of Earth and the Solar System" in Global Earth Physics, A Handbook of Physical Constants, AGU Reference Shelf 1, American Geophysical Union.

[2] Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. 1992. K. P. Seidelmann, Ed., p.706 (Table 15.8), University Science Books, Mill Valley, California.

### B.5 Rotation elements

Planet	North pole		Obliquity of ecliptic* [°]	Longitude of Sun's transit* [°]
	Right ascension $\alpha_1$ [°]	Declination $\delta_1$ [°]		
Mercury	280.99	61.44	7.01	228.31
Venus	272.78	67.21	1.27	302.07
Earth	–	90	23.44	0
Mars	317.61	52.85	26.72	262.78
Jupiter	268.04	64.49	2.22	157.68
Saturn	40.14	83.50	28.05	349.39
Uranus	257.29	–15.09	82.19	167.62
Neptune	295.25	40.63	29.48	221.13
Pluto	311.50	4.14	68.69	225.19

#### Reference:

The Astronomical Almanac 1990 (North pole coordinates)

(\*) Derived from north pole coordinates (MS)

### B.6 Atmospheric parameters

Planet	Surface pressure [kPa]	Surface density [kg/m <sup>3</sup> ]	Scale height [km]	Avg. temp [K]	Wind speeds [m/s]
Mercury					
Venus	9200	~65	15.9	737	0.3-1 (surface)
Earth	101.4	1.217	8.5	288	0-100
Mars	0.61 (variable)	~0.020	11.1	~210	0-30
Jupiter	>> 10 <sup>4</sup>	~0.16 at 1 bar	27	~129 ~165 at 1 bar	up to 150 at < 30° latitude up to 40 else
Saturn	>> 10 <sup>4</sup>	~0.19 at 1 bar	59.5	~97 ~134 at 1 bar	up to 400 at < 30° latitude up to 150 else
Uranus	>> 10 <sup>4</sup>	~0.42 at 1 bar	27.7	~58 ~76 at 1 bar	0-200
Neptune	>> 10 <sup>4</sup>	~0.45 at 1 bar	19.1-20.3	~58 ~72 at 1 bar	0-200
Pluto					

## Appendix C Calculation of orbital elements

Six scalar parameters ("elements") are required to define the shape of an elliptic orbit, its orientation in space and a location along its trajectory.

a	Semi-major axis
e	Eccentricity
i	Inclination
$\Omega$	Longitude of ascending node
$\omega$	argument of periapsis
v	true anomaly

### C.1 Calculating elements from state vectors

Let  $\mathbf{r}$  and  $\mathbf{v}$  be the cartesian position and velocity vectors of an orbiting object in coordinates of a reference frame with respect to which the elements of the orbit are to be calculated (e.g. geocentric equatorial for an orbit around Earth, or heliocentric ecliptic for an orbit around the Sun). We assume a right-handed system with the x-axis pointing towards the vernal equinox (or other reference direction) and the z-axis pointing upwards.

Compute the following auxiliary vectors:

$$\mathbf{h} = \mathbf{r} \times \mathbf{v} = (r_y v_z - r_z v_y, -r_x v_z + r_z v_x, r_x v_y - r_y v_x)$$

$$\mathbf{n} = \mathbf{z} \times \mathbf{h} = (-h_y, h_x, 0)$$

$$\mathbf{e} = \frac{1}{\mu} \left[ \left( v^2 - \frac{\mu}{|\mathbf{r}|} \right) \mathbf{r} - (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}) \mathbf{v} \right]$$

where  $\mathbf{h}$  is a vector perpendicular to the orbital plane,  $\mathbf{n}$  points towards the ascending node (the z-component of  $\mathbf{n}$  is zero), and  $\mathbf{e}$  is the eccentricity vector (pointing towards the periapsis) with  $\mu = GM$ ,  $G$  is the gravitational constant and  $M$  is the mass of the central body (neglecting the mass of the orbiter).

**Semi-major axis:**

$$a = \frac{-\mu}{2E} \quad \text{with} \quad E = \frac{v^2}{2} - \frac{\mu}{|\mathbf{r}|}$$

**Eccentricity:**

$$e = |\mathbf{e}| \quad \text{or} \quad e = \sqrt{1 + \frac{2Eh^2}{\mu^2}}$$

**Inclination:**

$$i = \arccos \frac{h_z}{|\mathbf{h}|}$$

**Longitude of ascending node:**

$$\Omega = \arccos \frac{n_x}{|\mathbf{n}|} \quad (\text{if } n_y < 0 \text{ then } \Omega = 2\pi - \Omega)$$

$\Omega$  is the angle between reference direction (1,0,0) (e.g. vernal equinox) and the ascending node.

$\Omega$  is undefined for equatorial orbits ( $i = 0$ ), in which case ORBITER by convention sets  $\Omega = 0$ , i.e. it places the ascending node in the reference direction, which is equivalent to setting  $\mathbf{n}/|\mathbf{n}| = (1,0,0)$ .

**Argument of periapsis:**

$$\omega = \arccos \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{e}}{|\mathbf{n}| |\mathbf{e}|} \quad (\text{if } e_z < 0 \text{ then } \omega = 2\pi - \omega)$$

$\omega$  is the angle between the ascending node and the periapsis.  $\omega$  is undefined for equatorial orbits in which case according to above convention we get

$$\omega = \arccos \frac{e_x}{|e|} \quad (\text{if } e_z < 0 \text{ then } \omega = 2\pi - \omega)$$

$\omega$  is also undefined for circular orbits in which case ORBITER by convention places the periapsis at the ascending node, i.e.  $\omega = 0$ .

**True anomaly:**

$$v = \arccos \frac{e \cdot r}{|e| |r|} \quad (\text{if } r \cdot v < 0 \text{ then } v = 2\pi - v)$$

$v$  is the angle between the periapsis and object position. Note that this expression is undefined for circular orbits, in which case the periapsis coincides with the ascending node according to the convention above, i.e.

$$v = \arccos \frac{n \cdot r}{|n| |r|} \quad (\text{if } n \cdot v > 0 \text{ then } v = 2\pi - v)$$

If in addition the inclination is zero then the true anomaly further simplifies to

$$v = \arccos \frac{r_x}{|r|} \quad (\text{if } v_x > 0 \text{ then } v = 2\pi - v)$$

Some dependent parameters can be derived from the above elements:

**Linear eccentricity:**

$$\varepsilon = a e$$

**Semi-minor axis:**

$$b^2 = a^2 (1 - e^2)$$

**Periapsis and apoapsis distances:**

$$d_p = a(1 - e)$$

$$d_a = a(1 + e)$$

**Longitude of the periapsis:**

$$\varpi = \Omega + \omega$$

**Eccentric anomaly:**

$$E = \arccos \frac{1 - |r|/a}{e}$$

**Mean anomaly:**

$$M = E - e \sin E$$

**Mean longitude:**

$$L = M + \varpi$$

**True longitude:**

$$l = \varpi + v$$

**Orbit period:**

$$T = 2\pi \sqrt{a^3/\mu}$$



## Appendix D Copyright and disclaimer

The ORBITER software, documentation and the content on the ORBITER website is copyright 2000-2006 by Martin Schweiger.

ORBITER is free software in the sense that you are free to download, copy and redistribute it for personal and non-commercial purposes, provided that the copyright notice is retained in the copy. You are not allowed to charge a fee for the software without the consent of the author other than that to cover the cost of the distribution. If a fee is charged it must be made clear to the purchaser that the software is freeware and that the fee is to cover the distributor's costs of providing the software. Selling ORBITER or parts of it or bundling it into a commercial product or using ORBITER to promote a commercial product without the author's consent is an infringement of the author's copyrights.

You are not allowed to modify the Orbiter binary code or the documentation distributed with the Orbiter software package. You are however allowed to distribute modifications to configuration scripts, meshes, or the sample source codes in the `Orbitersdk\samples` folder, provided that you make it clear to the recipients that you have made such modifications.

ORBITER is not in the public domain: it is the intellectual property of Martin Schweiger.

The ORBITER software is provided as is without any warranty of any kind. To the maximum extent permitted by applicable law, Martin Schweiger further disclaims all warranties, including without limitation any implied or stated warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, and noninfringement. The entire risk arising out of the use or performance of this product and documentation remains with recipient. To the maximum extent permitted by applicable law, in no event shall program ORBITER or its suppliers be liable for any consequential, incidental, direct, indirect, special, punitive, recursive, or other damages whatsoever (including, without limitation, damages for loss of business profits, business interruption, loss of business information, personal injury, disruption of family life, or other pecuniary loss) arising out of this agreement or the use of or inability to use the product, even if program ORBITER has been advised of the possibility of such damages. Because some states/jurisdictions do not allow the exclusion or limitation of liability of consequential or incidental damages, the above limitation may not apply to the recipient.

## Appendice E (Périlogue, apologue ? Non , épilogue !..)

Vous avez certainement remarqué que dans cette documentation, il était souvent question d'apogée ou de périégée, mais parfois d'apoastre ou de périastre, et même d'apoapsis et de périapsis... alors tout ça c'est bien joli, mais quel est le BON terme à utiliser ??? 🤔

En fait, *périastre* ne serait pas le meilleur terme, puisqu'il fait référence à une étoile. Par contre, le répertoire terminologique 2000 publié au journal officiel par la *Commission générale de terminologie et de néologie du gouvernement français* privilégie *périastre* et *apoastre*... C'est la même chose pour le *Grand dictionnaire terminologique de l'Office de la langue française du Québec*, qui accepte aussi *périapside*...

Pour vous informer plus amplement, allez donc voir sur les sites suivants :

<http://www.culture.gouv.fr/culture/dglf/terminologie/repertoireJO220900/A2200003.htm>

et / ou sur :

[http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r\\_motclef/index1024\\_1.asp](http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index1024_1.asp)



(Pratique et bien utile, le Grand Dictionnaire. A inscrire dans vos favoris!)

Sinon, en général, nous pouvons dire :

Nom du corps céleste	Racine Grecque	Nom du point de l'orbite le plus éloigné	Nom du point de l'orbite le plus proche
Étoile		Apoastre	Périastre
Trou noir		Apomélasme	Périmélasme
Soleil		Apohélie	Périhélie
Mercure	Hermès (dieu messager)	Apoherme	Périherme
Vénus	Venus ou Cythère. (Cythère est l'île dédiée à Aphrodite)	Apocythère	Péricythère
Terre	Gaïa	Apogée	Périgée
Lune	Selênê	Aposélène	Périsélène
Mars	Ares (dieu de la guerre)	Apoarée	Péiarée
Jupiter	Zeus (roi des dieux)	Apozène	Périzène
Saturne	Kronos (dieu du temps)	Apokrone	Péikrone
Uranus	Ouranos (dieu du ciel)	Apoourane	Périourane
Neptune	Poséidon (dieu de la mer)	Apoposéide	Périposéide
Pluton	Hadès (dieu des enfers)	Apohade	Périhade



Merci à Pagir et à Tom pour ces quelques précisions !..

...et bons vols !!!

Jacques MAURICE (jacquesmomo) le 5 mars 2008