

# ORBITER

Simulateur de Vol Spatial

Edition 2016



Manuel de l'Utilisateur

Traduction en  
Français par  
JacquesMoMo



# AVANT PROPOS DU TRADUCTEUR

Ce document consiste en la traduction en français du fichier **Orbiter.pdf** fourni avec **Orbiter version 2016**, que vous pourrez trouver dans le dossier **Doc** de votre simulateur préféré. Vous pouvez mettre ce document en français dans ce même dossier, le nom étant différent, vous n'écraserez pas le fichier d'origine.



Je ne garanti pas une parfaite traduction du document d'origine. J'ai essayé d'être le plus fidèle possible à l'original, sans tomber dans le "mot à mot" incompréhensible, mais également sans vouloir en faire un document littéraire. J'ai respecté scrupuleusement la mise en page et la pagination : cela veut dire que la page 88 de cette doc (par exemple) correspond à la page 88 de la doc en anglais (parfois tout de même avec un décalage de une ou deux lignes) pour que vous puissiez en cas de nécessité comparer les deux versions très facilement.

Par contre, du fait d'un décalage lié à l'utilisation d'une fonte différente, parfois il y a une page "manquante"... C'est voulu, ne vous inquiétez pas : les pages 52, 55, 94 et 142 sont absentes mais rien ne manque dans la doc....

Il est possible que certaines parties, ou phrases, ou mots, ne soient pas traduits de façon correcte (et peut-être encore quelques fautes d'orthographe ou de frappe oubliées malgré mes relectures), mais j'espère ne pas avoir fait trop de contre-sens. Le but de ce manuel est de permettre aux "Orbinautes" francophones qui ne manient pas suffisamment la langue Anglaise de pouvoir comprendre avec facilité le mode d'emploi de ce logiciel génial qu'est Orbiter.

Je me suis permis de rajouter à certains endroits quelques remarques ou précisions que vous trouverez précédées d'un petit *smiley* (smiley en français) ou dessin (la coccinelle de Gotlib) comme ci-contre. Dans l'ensemble, ce document étant un manuel sérieux, je me suis retenu le plus possible de faire de l'humour... du moins pas trop !



Orbiter n'est pas un "jeu", c'est un vrai simulateur, donc il se mérite ! Au début, il faut bosser un peu pour le manier. Mais lorsque l'on s'accroche, alors il devient très prenant, voire même accaparant. Attention de ne pas devenir accro !..

N'hésitez pas à me signaler des erreurs de traductions ou contre-sens qui pourraient se trouver dans cette traduction. Vous pourrez me trouver ou m'envoyer un message en MP (Messagerie Personnelle) sur le forum francophone de Dan (que je remercie encore une fois au passage) à l'adresse suivante : <http://orbiter.dansteph.com/forum/index.php>

J'y passe très régulièrement, sous le pseudo de *JacquesMoMo*.

Bon amusement.

**JACQUES MAURICE (ALIAS JACQUESMOMO)**

*Le 25 septembre 2016.*



*Dessin réalisé par mon fils, Kévin Maurice.*

# ORBITER Manuel de l'Utilisateur

Copyright © 2000-2016 Martin Schweiger

11 Août 2016

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

Traduction par JacquesMoMo

28 Septembre 2016

Visitez le Site français (de Dansteph) pour Orbiter : <http://orbiter.dansteph.com/forum/index.php>

## Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
1.1	À propos d'Orbiter.....	6
1.2	Au sujet de ce Manuel.....	6
1.3	Orbiter sur Internet.....	7
1.4	Trouver davantage d'aide.....	7
1.5	Prise en main.....	8
<b>2</b>	<b>QUELLE SONT LES NOUVEAUTÉS DANS ORBITER 2010.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>INSTALLATION.....</b>	<b>11</b>
3.1	Configuration matérielle requise.....	11
3.2	Téléchargement.....	11
3.3	Installation.....	11
3.4	Désinstallation.....	12
<b>4</b>	<b>AVANT DE DÉMARRER : LE PANNEAU DE LANCEMENT.....</b>	<b>13</b>
4.1	Onglet Scénarios.....	13
4.2	Onglet Paramètres.....	15
4.3	Onglet effets visuels.....	16
4.4	Onglet modules.....	20
4.5	Onglet vidéo.....	21
4.6	Onglet Manette de jeux.....	22
4.7	Onglet Suppléments.....	23
4.8	Onglet à propos d'Orbiter.....	24
<b>5</b>	<b>DÉMARRAGE RAPIDE.....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>LE MENU PRINCIPAL.....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>LE SYSTÈME AIDE.....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>L' INTERFACE CLAVIER.....</b>	<b>35</b>
8.1	Touches de commandes générales du Simulateur.....	35
8.2	Touches de commandes de contrôle des vaisseaux.....	36
8.3	Touches de commandes des vues extérieures (vue caméra).....	37
8.4	Touches de commandes des vues internes (vue cockpit).....	38
8.5	Touches de commandes des MFD.....	38
8.6	Touches de commandes dans les fenêtres de sélection ou menus.....	38
<b>9</b>	<b>INTERFACE JOYSTICK.....</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>INTERFACE SOURIS.....</b>	<b>41</b>

<b>11</b>	<b>LES VAISSEAUX LIVRÉS AVEC ORBITER.....</b>	<b>42</b>
11.1	Le Delta-Glider.....	42
11.2	La Navette-A.....	42
11.3	La Navette PB (PTV).....	44
11.4	Le Dragonfly.....	45
11.5	La Navette Spatiale Atlantis.....	45
11.6	La Station Spatiale Internationale.....	48
11.7	La Station Spatiale MIR.....	49
11.8	La Station Spatiale "Roue Lunaire".....	50
11.9	Le Télescope Spatial Hubble.....	51
11.10	le Satellite LDEF.....	52
<b>12</b>	<b>INFORMATIONS SUR LES OBJETS.....</b>	<b>53</b>
12.1	Informations sur les vaisseaux.....	53
12.2	Informations sur les ports spatiaux.....	54
12.3	Informations sur les corps célestes.....	54
<b>13</b>	<b>DIFFÉRENTS MODES DE CAMERA.....</b>	<b>56</b>
13.1	Vue interne.....	56
13.2	Vues externes.....	57
13.3	Sélection du champ de vision.....	58
13.4	Sauvegarder et récupérer des modes caméra.....	59
<b>14</b>	<b>LA VUE DU COCKPIT ET SES AFFICHAGES.....</b>	<b>60</b>
14.1	Affichage des informations sur les moteurs.....	61
14.2	Navigation : indicateurs et commandes.....	62
14.3	Affichage du HUD en mode Surface.....	63
14.4	Affichage du HUD en mode Orbite.....	63
14.5	Affichage du HUD en mode Arrimage.....	63
<b>15</b>	<b>LES ÉCRANS D’AFFICHAGE MULTIFONCTION.....</b>	<b>64</b>
15.1	MFD COM / NAV : Réglage du récepteur .....	66
15.2	MFD Orbite.....	68
15.3	MFD VOR / VTOL.....	72
15.4	MFD HSI (Indicateur de Situation Horizontale) .....	74
15.5	MFD Arrimage ( <i>docking</i> ).....	76
15.6	MFD Surface.....	78
15.7	MFD Carte.....	81
15.8	MFD Alignement du plan orbital.....	85
15.9	MFD Synchronisation d'orbite.....	86
15.10	MFD RCS-Attitude .....	88
15.11	MFD Transfert.....	90
15.12	MFD Profil de montée (MFD personnalisés) .....	94
<b>16</b>	<b>COMMANDES DES VAISSEAUX SPATIAUX.....</b>	<b>95</b>
16.1	Moteurs principaux, rétro fusées et moteurs de sustentation ( <i>hover</i> ).....	95
16.2	Propulseur d'attitude.....	96
<b>17</b>	<b>AIDES À LA RADIONAVIGATION.....</b>	<b>98</b>
<b>18</b>	<b>MANŒUVRES DE BASE POUR LE PILOTAGE D’UN VAISSEAU.....</b>	<b>99</b>
18.1	Vol en surface.....	99
18.2	Lancement vers une orbite.....	99
18.3	Changement d'orbite.....	100
18.4	Rotation du plan orbital.....	101
18.5	Synchronisation des orbites.....	103
18.6	Atterrissage (approche de la piste) .....	104
18.7	Arrimage.....	106



<b>19</b>	<b>L' ENREGISTREUR DE VOL.....</b>	<b>103</b>
19.1	Éditeur d'événements pour la lecture de l'enregistrement .....	105
<b>20</b>	<b>INTERFACE POUR LES SCRIPTS *.....</b>	<b>107</b>
20.1	Fenêtre de console.....	107
20.2	MFD Terminal .....	108
20.3	Exécuter un script avec un scénario.....	108
20.4	Appeler une commande ou un script par l'API.....	108
<b>21</b>	<b>FONCTIONS SUPPLÉMENTAIRES.....</b>	<b>109</b>
21.1	Éditeur de scénario.....	109
21.2	MFDs externes.....	109
21.3	Indicateur de performance.....	110
21.4	Contrôle à distance du vaisseau.....	111
21.5	Moniteur des données du vol.....	111
<b>22</b>	<b>CHECK-LISTES DE VOL.....</b>	<b>113</b>
22.1	Mission n° 1 : Delta-Glider vers l'ISS.....	113
22.2	Mission n° 2 : transfert du DG de l'ISS vers MIR.....	116
22.3	Mission n° 3 : Désorbitation depuis MIR.....	117
<b>23</b>	<b>AIDES VISUELLES.....</b>	<b>119</b>
23.1	Mode planétarium.....	119
23.2	Vecteurs de force.....	120
23.3	Axes de coordonnées.....	122
<b>24</b>	<b>MODE DÉMONSTRATION.....</b>	<b>123</b>
<b>25</b>	<b>LES RACCOURCIS CLAVIERS DES MFD.....</b>	<b>124</b>
<b>26</b>	<b>SYSTÈME SOLAIRE: CONSTANTES ET PARAMÈTRES.....</b>	<b>128</b>
26.1	Constantes et paramètres Astrophysiques ( <i>non traduit</i> ) .....	128
26.2	Paramètres des orbites ( <i>non traduit</i> ) .....	129
26.3	Éléments orbitaux des planètes ( <i>non traduit</i> ) .....	129
26.4	Planètes: quelques paramètres physiques ( <i>non traduit</i> ) .....	129
26.5	Éléments de rotation ( <i>non traduit</i> ) .....	130
26.6	Paramètres atmosphériques ( <i>non traduit</i> ) .....	130
<b>27</b>	<b>CALCUL DES ÉLÉMENTS ORBITAUX.....</b>	<b>131</b>
27.1	Calcul des éléments à partir du vecteur d'état.....	131
<b>28</b>	<b>CONDITIONS GÉNÉRALES D'UTILISATION .....</b>	<b>133</b>
28.1	Orbiter : licence Gratuite.....	133
28.2	Exclusion de garantie.....	133
<b>29</b>	<b>APOLOGUE, PÉRILOGUE ? NON, ÉPILOGUE !.. (<i>rajout perso</i>).....</b>	<b>134</b>

\***Script** = Ensemble de commandes capables d'automatiser certaines tâches d'un programme.

# 1 Introduction



## Bienvenue à l'édition 2016 d'ORBITER !

Orbiter 2016 est le dernier opus de la saga du Simulateur Spatial Orbiter.

L'amélioration la plus remarquable par rapport à l'édition 2010 consiste en l'ajout d'une gestion d'élévation du sol des corps planétaires, une meilleure résolution des textures de sol et des nuages, ainsi qu'une modélisation très élaborée de la collision avec le sol ou la surface.

Des packs de textures en haute résolution sont disponibles pour la Terre, la Lune et Mars <sup>(1)</sup>.

En fait, il y a maintenant tellement de textures et de données d'élévation disponibles que vous pourriez avoir besoin de libérer un peu d'espace sur votre disque pour installer le tout... et j'espère que vous serez d'accord avec moi sur le fait que le résultat en vaut bien la peine.

En outre, certains des quelques vaisseaux spatiaux inclus dans la distribution standard voient leur cockpit et leur modèle de vol améliorés. Le moteur logiciel de simulation a été largement remanié pour une meilleure stabilité.

Si le moteur graphique intégré ne vous suffit pas, l'interface d'Orbiter pour le soutien de clients graphiques externes a été étendu. Essayez l'excellent client D3D9 <sup>(2)</sup> de Jarmo Nikkanen pour avoir des fonctions visuelles avancées et une amélioration de la fréquence d'images.

Comme d'habitude, cette nouvelle version corrige de nombreux bugs et apporte de nombreuses améliorations. Maintenant à vous de l'essayer !

**Martin Schweiger**



(1) ici : <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/download.html>

(2) ici : <http://d3d9client.codeplex.com/>

## 1.1 A propos d'Orbiter

Laissez-nous envisager l'impensable, Laissez nous faire l'infaisable. Préparons-nous à nous débattre avec l'inexprimable lui-même, et voyez si après tout cela nous pouvons le faire.

*Douglas Adams - Dirk Gentle, détective de l'Agence Holistique.*

Orbiter est un simulateur de vols spatiaux basé sur la mécanique newtonienne. Son champ d'action consiste en notre système solaire, avec la plupart de ses constituants : le soleil, les planètes et leurs satellites naturels. Vous allez prendre le contrôle d'un vaisseau spatial soit historique, soit hypothétiques, ou encore purement de science-fiction.

Orbiter est, contrairement à la plupart des jeux d'ordinateur commerciaux avec pour thème l'espace : il n'y a pas de missions prédéfinies à remplir (sauf celles dont vous déciderez vous-même), aucun extraterrestre à détruire et au commerce de marchandise . Au lieu de cela, vous aurez une idée assez précise de ce qui participe aux vols spatiaux réels : la façon de planifier une montée et une mise en orbite, la façon de réaliser un rendez-vous avec une station spatiale, ou comment voler à destination d'une autre planète. C'est plus difficile, mais aussi plus qu'un défi. Certaines personnes s'y accrocheront, d'autres s'ennuieront. Vous pourrez facilement vous en rendre compte : faites un essai, tout simplement. Orbiter est gratuit, vous n'avez donc pas besoin d'investir plus qu'un peu de votre temps libre.

Orbiter est un programme communautaire. Le noyau d'Orbiter n'est que l'ossature définissant les règles du monde simulé (le modèle physique). Le système solaire de base et certains engins spatiaux (réels et fictifs) sont inclus, mais on peut en trouver beaucoup d'autres, certains avec des modules complémentaires intégrés, développés par d'autres passionnés de la communauté d'Orbiter. Il existe des add-ons pour presque tous les engins spatiaux qui ont volé (et même pour bon nombre d'engins qui n'ont jamais dépassé le stade de la table à dessin), de nombreux autres corps célestes pour le système solaire (ou de nouveaux systèmes planétaires fictifs), des instruments améliorés ou plus élaborés, et bien plus encore . Le site web d'Orbiter contient des liens vers de nombreux sites d'hébergement d'add-ons pour Orbiter .

## 1.2 Au sujet de ce manuel

Ce document est le fichier d'aide principal, fourni avec la diffusion de base d'Orbiter. Il s'agit d'un guide d'utilisation du logiciel Orbiter, ce qui veut dire qu'il constitue une introduction sur la manière d'utiliser Orbiter, mais sans vraiment rentrer dans les détails. En suivant ces instructions, vous apprendrez comment utiliser les moteurs de votre vaisseau spatial, la manière d'utiliser les instruments, et comment réaliser des missions les plus communes.

Mais la plus grande partie de l'attrait d'Orbiter est de pouvoir découvrir le *pourquoi* : pourquoi les vaisseaux spatiaux en orbite se comportent comme ils le font, en quoi consiste un survol en assistance gravitationnelle, pourquoi certaines fusées ont plusieurs étages, pourquoi est-ce délicat de pouvoir s'aligner avec une station spatiale pour s'amarrer avec elle, qu'est-ce que veulent réellement dire les chiffres qui s'affichent dans les différents instruments... ?

C'est ici que la physique entre en jeu... Si vous voulez conquérir l'ultime limite, vous aurez à un certain stade besoin de comprendre quelques-uns des concepts fondamentaux de la physique qui constituent la base de l'astrodynamique et du vol spatial. Heureusement, la plupart de ceux-ci ne sont pas trop compliqués. Si vous en apprenez un peu au sujet des forces et de la gravité (*la mécanique newtonienne*) et de leurs relations par rapport au mouvement des planètes et des engins spatiaux en orbite (*les lois de Kepler*), vous aurez déjà acquis une bonne expérience. Bien sûr, il existe toujours des occasions pour aller plus loin dans les détails, afin que vos étapes suivantes pourraient être de vous informer sur les effets des perturbations en orbite, sur le contrôle d'attitude, sur l'optimisation de trajectoire, sur la planification de missions, sur la conception des instruments... pour n'en citer que quelques-uns.

Ne perdez pas patience si vous ne réussissez pas immédiatement : ce n'est seulement que de la *science* adaptée aux fusées. Lisez bien la documentation, et essayez quelques-uns des nombreux didacticiels pour Orbiter disponibles sur Internet, et vous vous retrouverez bientôt en orbite comme un pro.

Par la suite, vous pourrez éventuellement commencer à développer vos propres add-ons pour améliorer orbiter, écrire des tutoriels et des fichiers d'aide pour les nouveaux arrivants, ou encore participer activement dans le développement d'Orbiter sur les forums en identifiant et en discutant des défauts ou des omissions du modèle physique d'Orbiter (et il y en a encore de nombreux!).

## 1.3 Orbiter sur Internet

Le site officiel pour Orbiter se trouve à l'adresse suivante : [orbit.medphys.ucl.ac.uk/](http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/). Il s'agit votre portail vers les actualités pour Orbiter, des téléchargements, un forum, des sites pour trouver des add-ons, et d'autres sites relatifs à Orbiter.

Le forum officiel pour Orbiter se trouve à l'adresse suivante : [www.orbiter-forum.com/](http://www.orbiter-forum.com/). C'est un lieu convivial de rencontre pour la communauté active d'utilisateurs nouveaux ou chevronnés, ainsi que pour les développeurs. Il s'agit d'un bon endroit qui vous permettra de trouver toutes les réponses aux différents problèmes que vous pourrez rencontrer, ou tout simplement pour passer du temps avec des *Orbinautes*. Suggestions, rapports de bugs (et éloges ou compliments bien sûr !) sont toujours les bienvenus. Des liens vers des autres sites de forums (comme le forum francophone <http://orbiter.dansteph.com/forum/index.php>) peuvent être trouvés sur le site d'Orbiter.

En plus du forum, vous trouverez le site principal d'hébergement d'add-ons pour Orbiter à l'adresse suivante : <http://www.orbithangar.com/>. Vous pourrez y trouver un nombre considérable d'engins spatiaux créés par des utilisateurs, de nouveaux instruments, des textures, et plus encore. Et une fois que vous aurez commencé à écrire vos propres add-ons, vous pourrez les mettre en ligne sur ce site afin de pouvoir les faire partager avec les autres *Orbinautes*.

Le site *Wiki-Orbiter*, ( [www.orbiterwiki.org/wiki/Main\\_Page](http://www.orbiterwiki.org/wiki/Main_Page) ), est un site maintenu par toute une communauté qui contient des informations pratiques et utiles pour les tous les utilisateurs et développeurs.

Pour des informations générales sur Orbiter, consultez la rubrique "*Orbiter*" sur le site Wikipédia à l'adresse suivante: [en.wikipedia.org/wiki/Orbiter\\_\(sim\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Orbiter_(sim)).

Un site dédié au développement de graphismes pour Orbiter est le projet suivant: *Orbiter Visualisation Project* sur [sourceforge.net/projects/orbitervis/](http://sourceforge.net/projects/orbitervis/).

## 1.4 Trouver d'avantage d'aide

Les fichiers d'aide qui accompagnent le paquetage principal d'Orbiter se trouvent dans le sous-dossier **Doc**, lui-même situé dans le **dossier principal** de votre Orbiter. De nombreux add-ons iront placer leurs propres fichiers d'aide dans ce même dossier après leur installation. Le dossier *Doc\Technotes* contient des documents avec des fiche technique et des informations générales pour les lecteurs qui seraient intéressés. Ils ne sont pas nécessaires à l'utilisation d'Orbiter.

De nombreuses personnes ont écrit de la documentation et des tutoriels portant sur certains aspects particuliers d'Orbiter. Des liens relatifs à ces sites peuvent être trouvés sur la page d'accueil du site d'Orbiter.

Vous avez une très bonne présentation de l'utilisation et de la compréhension d'Orbiter pour les débutants (et une révision utile pour les anciens) avec le livre en ligne de Bruce Irving *Go Play In Space (Allez Jouer dans l'Espace)*, qui peut être trouvé via un lien depuis la page des *Manuels* du site Internet d'Orbiter.

Le cadre scientifique et technique du vol dans l'espace est décrit dans de nombreux manuels et sites en ligne. Une bonne introduction en est représentée par [Basics of Space Flight](#) (*Bases pour les vols dans l'Espace*) de JPL, ou [Rocket & Space Technology](#) de R. Braeunig. Parmi les nombreuses ressources en ligne concernant les mathématiques et la physique générale des vols spatiaux, vous pourriez trouver le site *Scienceworld* très utile, à l'adresse [scienceworld.wolfram.com](http://scienceworld.wolfram.com).

## 1.5 Prise en main

Si vous êtes un utilisateur débutant, il serait probablement judicieux de jeter un œil à ce présent manuel pour que vous puissiez décoller rapidement. Le mieux, c'est de l'utiliser en même temps que le simulateur. Si vous ne voulez pas l'imprimer, lancez Orbiter en mode fenêtré (voir section n° 4.5) et ouvrez le manuel dans une autre fenêtre.

Pour l'aide à l'installation, reportez-vous à la section 3. La première fois que vous exécutez Orbiter, vous allez devoir configurer les options vidéo (section 4.5). Ensuite, vous serez prêt à continuer. Reportez-vous à la section 4.1 sur la manière de sélectionner un scénario et de lancer la simulation.

Pour avoir une bonne idée d'Orbiter, vous pouvez exécuter certains des vols préenregistrés et tutoriels. Il s'agit des scénarios que vous trouverez dans le dossier *Tutorials* (didacticiels) et dans le dossier *Playback* (lecture). Ils ne nécessitent pas d'intervention de l'utilisateur, vous pouvez donc vous relaxer tranquillement et profiter pleinement du spectacle.

Une fois que vous êtes prêt à prendre le contrôle, jetez un œil au chapitre *Démarrage rapide* (section 5). Il décrit étape par étape les instructions pour le décollage, le vol et l'atterrissage avec le futuriste Delta-Glider.

Quelques autres missions plus complexes, y compris un vol depuis le Centre Spatial Kennedy (ou Cap Canaveral) vers la Station Spatiale Internationale (ISS), peuvent être trouvées dans le dossier *Checklists* (listes de vérification de vol). Voir section 21.

Pour une description des commandes de base des vaisseaux, reportez-vous à la section n°15. Vous pourrez trouver la liste détaillée des commandes du clavier dans la section n°7.

Et une fois que vous aurez fait vos premiers pas sur orbite, vous aurez probablement envie de consulter le reste de ce manuel, afin de pouvoir en apprendre plus sur certains détails avancés d'Orbiter.



## 2 Quelles sont les nouveautés dans Orbiter 2016 ?

### Gestion du relief et de l'élévation du terrain

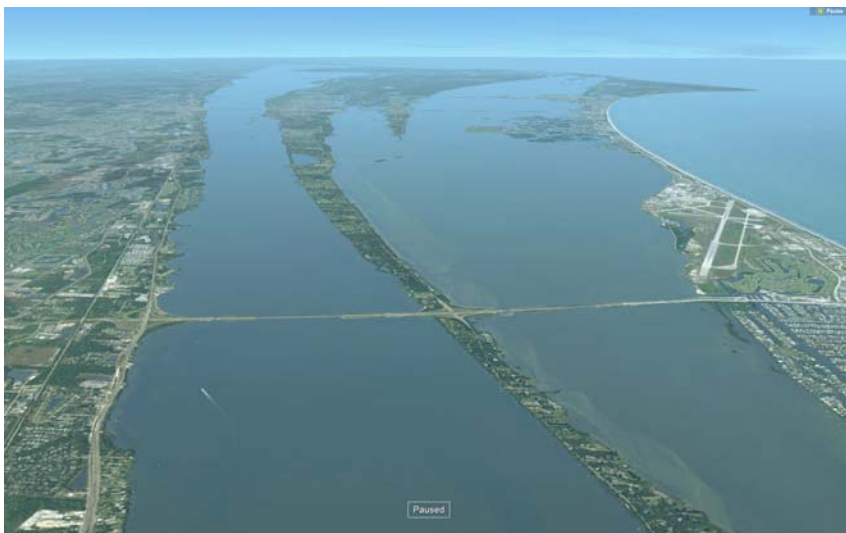
Orbiter prend désormais en charge l'élévation du terrain (relief) pour les corps planétaires. Les planètes ne sont plus des sphères parfaites - les chaînes de montagnes et les canyons sont maintenant modélisés correctement. Des données d'élévation pour la Terre, la Lune, Mars et quelques petits corps célestes sont livrés avec l'installation par défaut d'Orbiter.



*Les Alpes dans Orbiter2016:  
gestion du relief avec les  
données SRTM-90 DEM.*

### Support de texture de surface en haute résolution support de texture de surface

En plus du nouveau support d'élévation, maintenant Orbiter fournit également un nouveau format de texture qui peut afficher les surfaces planétaires et les couches de nuages à une résolution beaucoup plus élevée qu'auparavant (~ 1 pixel/m pour la Terre). Les textures de la Terre ont été générées à partir de scènes Landsat-7 avec un traitement poussé pour la correction des couleurs, des jonctions et des nuages, et le tracé des côtes. Pour la Floride et le Centre Spatial Kennedy, des textures de résolution encore plus grande ont été générées à partir d'images aériennes. La Lune, Mars et plusieurs autres corps planétaires prennent également en charge ce nouveau format de texture dans l'installation par défaut.



*Textures de haute résolution :  
Vue du Centre Spatial  
Kennedy depuis le sud.  
Patrick AFB (Air Force  
Base) est visible à droite de  
l'image.*

Les packages de texture sont désormais trop grands pour être inclus avec l'installation de base d'Orbiter. Le package d'Orbiter par défaut contient les versions en basse résolution de tous les corps célestes. Vous pouvez télécharger et installer les versions en haute résolution depuis le site officiel de téléchargement : <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/download.html>

## Amélioration du modèle de collision du terrain

L'impact des vaisseaux sur les surfaces planétaires sont maintenant modélisés de façon plus réaliste, en utilisant un modèle de compression dynamique. On peut désormais définir pour les vaisseaux un ensemble de points d'impact enveloppant afin d'avoir des paramètres d'interaction de surface à tout autour du vaisseau, quelque soit son attitude. Les "coques" d'impact applicables aux vaisseaux amarrés (*dockés*) sont maintenant automatiquement fusionnés, ce qui permet d'avoir des assemblages sur le sol.

## Nouveaux modèles de cockpit pour les vaisseaux par défaut

Les vaisseaux spatiaux Delta-glider et Shuttle-A inclus dans l'installation de base Orbiter sont maintenant pourvus de cockpit virtuel et d'instruments du tableau de bord 2D améliorés. Le Delta-glider a quelques nouvelles fonctionnalités intéressantes comme le mode d'orientation automatique de ses moteurs, un contrôle d'attitude pour ses moteurs de sustentation (hovers), et un module de contrôle de la pression dans le panneau supérieur.



*Vue du cockpit virtuel du Delta-glider.*

## Une physique améliorée

Orbiter 2016 contient un moteur physique retravaillé, amélioré et plus précis. Orbiter réalise maintenant automatiquement une réactualisation des sous-échantillons de trame lorsque que c'est nécessaire. L'échantillonnage revêt une importance particulière durant les événements d'impact, où de grandes forces sont actives pendant des intervalles de temps très courts.

## Et bien plus encore

Un grand nombre de fonctionnalités supplémentaires ainsi que de nombreuses des corrections de bugs sont inclus dans cette nouvelle version afin d'améliorer la stabilité globale du programme et l'expérience de l'utilisateur. Et bien sûr, le développement continue, avec des corrections supplémentaires qui seront incluses dans un patch chaque fois que cela sera nécessaire.

## 3 Installation

Cette section répertorie la configuration matérielle requise pour faire fonctionner Orbiter, et comporte les instructions de téléchargement et d'installation.

### 3.1 Configuration matérielle requise

Orbiter fonctionne sur la plupart des PC équipés de Windows avec 4 Go de mémoire ou plus, avec comme version Windows XP ou ultérieure. Une carte graphique à haute performance est recommandée pour une meilleure performance.

L'installation de base nécessite environ 2 Go d'espace sur le disque. L'installation des packs de textures en haute résolution augmentent considérablement les besoins en espace. Une installation complète de tous les packs de textures actuellement disponibles exige environ 100 Go d'espace.

Orbiter prend en charge un joystick optionnel.

Les dispositifs de Réalité Virtuelle peuvent être pris en charge par l'intermédiaire d'un plug-in inclus dans l'installation de base.

### 3.2 Téléchargement

La distribution d'Orbiter peut être obtenue auprès de l'un des sites miroirs pour Orbiter sur Internet. Vous pourrez trouver des liens vers ces sites-miroirs à la page *Téléchargement (Download)* du site officiel d'Orbiter, à l'adresse <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/>. La distribution d'Orbiter est composée de packages sous forme de fichiers compressés (fichiers.zip). Le package de *base* contient le système de base pour Orbiter et est le seul package requis. Tous les autres packages sont des extensions optionnelles au système de base.

Tous les noms de package contiennent un numéro à 6 chiffres (AAMMJJ) permettant d'identifier la date de modification du package en question. Par exemple : *orbiter060504\_base.zip* comprend le package de base construit le 4 mai 2006. Notez que tous les packages actuels peuvent ne pas avoir la même date. En particulier, les packages de textures en haute résolution de planètes sont rarement mis à jour, et peuvent avoir une date plus ancienne. Consultez les pages de téléchargement pour trouver les dernières versions de tous les packages.

### 3.3 Installation

- ▶ Le package d'installation de Orbiter est disponible en deux formats : une version MSI (Microsoft installation) , et une version ZIP (archive).
- ▶ Le package MSI permet d'installer Orbiter comme un package standard de logiciel sous Windows. Il assiste et guide l'utilisateur à travers le processus d'installation avec assistant sous forme de boîte de dialogue, et fournit une icône de bureau ainsi qu'une option de désinstallation. Cette méthode est recommandée pour tous les utilisateurs.
- ▶ Le package ZIP nécessite l'extraction manuelle de son contenu dans un nouveau dossier. Cette méthode permet l'installation de plusieurs installations d'Orbiter, et est non-intrusive. (Elle ne modifie pas le registre et n'installe rien d'autre en dehors du répertoire Orbiter. Toutefois, l'utilisateur est chargé de fournir l'environnement d'exécution, notamment des bibliothèques requises par le système. Cette méthode n'est recommandée que pour les utilisateurs confirmés.

► Pour l'installation de la version ZIP :

- Créez un nouveau dossier pour l'installation de votre nouveau Orbiter, par exemple c:\Orbiter2016 ou %NOM\_UTILISATEUR%\Orbiter2016. Notez que la création d'un dossier Orbiter dans le dossier "Program files" ou "Program files (x86)" n'est pas recommandée, car Windows impose certaines restrictions à ces dossiers.
  - Si une version précédente d'Orbiter est déjà installée sur votre ordinateur, vous ne devez pas installer cette nouvelle version dans le même dossier, car cela pourrait entraîner des conflits de fichiers. Vous pouvez conserver votre ancienne installation jusqu'à ce que vous soyez assuré que la dernière version fonctionne sans problème. Plusieurs installations d'Orbiter peuvent exister sur le même ordinateur.
  - Décompressez le package ZIP d'installation d'Orbiter dans votre nouveau dossier, en utilisant soit la fonction unzip par défaut de Windows, soit un autre logiciel comme 7-zip ou WinZip. Important : Prenez soin de conserver l'arborescence d'origine (par exemple, dans WinZip, cela nécessite d'activer l'option "*Utiliser noms de dossier*" - ou "*Use Folder Names*").
  - Après avoir décompressé le package, assurez-vous que votre dossier Orbiter comprend le fichier exécutable (Orbiter.exe) et, parmi les autres fichiers, les sous-dossiers Config, Meshes, Scenarios (situations) et Textures.
- Exécutez orbiter.exe. Ceci ouvrira la fenêtre de dialogue "*Launchpad*", d'où vous pourrez sélectionner les options vidéo et les paramètres du simulateur.
- Vous êtes maintenant prêt à démarrer Orbiter. Sélectionnez un scénario à partir de la fenêtre "Launchpad", et cliquez sur le bouton "*Launch Orbiter*" (Lancer Orbiter) !



Si Orbiter ne montre aucun scénario dans l'onglet *Scenario*, ou si des planètes apparaissent de couleur blanche sans aucune textures lors de l'exécution de la simulation, la cause la plus probable est que le package n'a pas été correctement décompressé. Assurez-vous que votre *dossier Orbiter* comporte bien des *sous-dossiers* comme indiqué ci-dessus. Si besoin répétez le processus d'installation.

## 3.4 Désinstallation

Si vous avez installé le package MSI, il suffit d'utiliser la méthode standard qu'utilise Windows pour désinstaller un logiciel. Notez que cela va supprimer uniquement les fichiers de l'installation d'origine. Les packs de textures et les add ons installés plus tard auront besoin d'être supprimés manuellement du dossier Orbiter.

Si vous avez installé le package ZIP, il vous suffit de supprimer le dossier Orbiter avec tous son contenu ainsi que ses sous-dossiers. Cela supprimera complètement Orbiter de votre disque dur.



## 4 Avant de commencer : Le "Launchpad"

Exécutez Orbiter.exe. Cela entraîne l'affichage de la boîte de dialogue *Orbiter Launchpad*. Cette fenêtre est votre porte d'entrée vers Orbiter. De là, vous pourrez :

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



Boîte de dialogue au lancement d'Orbiter :  
Démarrer un scénario du simulateur, éditer certains paramètres et options vidéo, activer des modules.



*Vous pouvez agrandir cette fenêtre avec votre souris pointée sur un des bords de la fenêtre : cela sera plus lisible (et joli) !*

En cliquant le long du bord gauche de la boîte de dialogue sur l'un des boutons de sélection d'onglet, cela ouvrira la page de configuration correspondante.

Important : avant de lancer Orbiter pour la première fois, assurez vous bien que les paramètres de simulation (surtout les options vidéo) soient correctement réglés.

Lorsque vous êtes prêt, sélectionnez un scénario, et appuyez sur le bouton "*Launch Orbiter*" (*Lancer Orbiter*) pour vous retrouver dans la simulation.

### 4.1 Onglet scénarios

L'*onglet Scénarios* vous permet de gérer et de parcourir les différents scénarios disponibles de démarrage de simulation. Un "scénario" définit le paramétrage initial d'une session de simulation (date, positions des vaisseaux spatiaux, vitesses et autres paramètres).

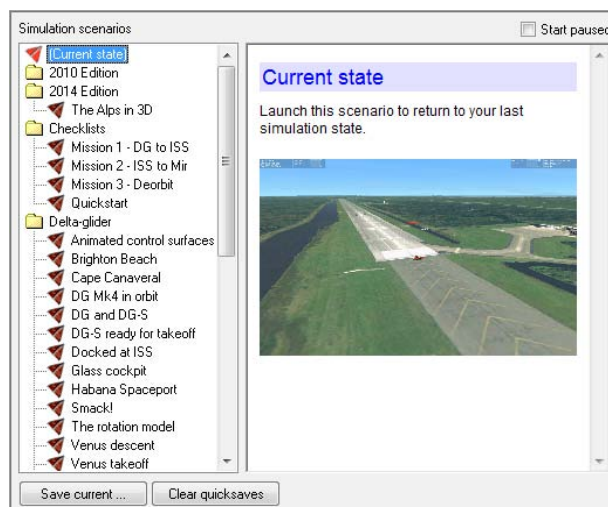


Cette liste de scénarios contient tous les scénarios stockés (y compris tous ceux que vous avez vous-même créés) dans une structure de dossiers avec hiérarchie. Double-cliquez sur un dossier pour ouvrir son contenu. Double-cliquez sur un scénario (marqué par une icône rouge représentant un Delta-Glider) pour le lancer.

La sélection d'un scénario ou d'un dossier fait apparaître sur la droite de la fenêtre de dialogue une brève description. Cela peut être l'objectif de la mission, des captures d'images, et d'autres informations.

Certains scénarios et dossiers présentent certaines particularités :

- ▶ Le scénario "**Current state**" (état actuel) est généré automatiquement lorsque vous quittez le simulateur. Utilisez-le plus tard pour reprendre votre mission au même stade que lorsque vous avez quitté Orbiter..
- ▶ Le dossier "**Tutorials**" (*tutoriels*) contient des vols préenregistrés avec des annotations s'affichant sur l'écran et qui expliquent les différents aspects et étapes des missions spatiales.
- ▶ Le dossier "**Playback**" (*relecture*) contient les vols que vous avez enregistrés avec un enregistreur de vol intégré à Orbiter. Le lancement de l'un de ces scénarios fera débiter un *replay* (*relecture*).
- ▶ 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, alors n'oubliez donc pas de recopier dans un autre dossier les scénarios que vous souhaitez conserver !
- ▶ Le dossier "**Demo**" (*démonstration*) peut être rempli par des scénarios qui sont automatiquement chargés en mode *kioske-demo* (voir chapitre 22.2). Il permet de mettre ensemble des scénarios qui peuvent être exécutés sans surveillance, c'est ce que l'on appelle une démonstration.



#### Pour démarrer en pause la simulation en pause:

Cochez l'option "*Start paused*" pour mettre en pause la simulation au démarrage. Vous pouvez reprendre la simulation en tapant **Ctrl P**.

#### Pour sauver vos propres scénarios :

Après avoir quitté une séance de simulation, cliquez sur le bouton **Save current** (*enregistrer courant*) pour sauvegarder votre mission en cours dans un nouveau fichier scénario. Pour créer des scénarios personnalisés, voir également le Manuel de l'Éditeur de Scénario (ScenarioEditor.pdf).

#### Pour supprimer les sauvegardes rapides du dossier Quicksave:

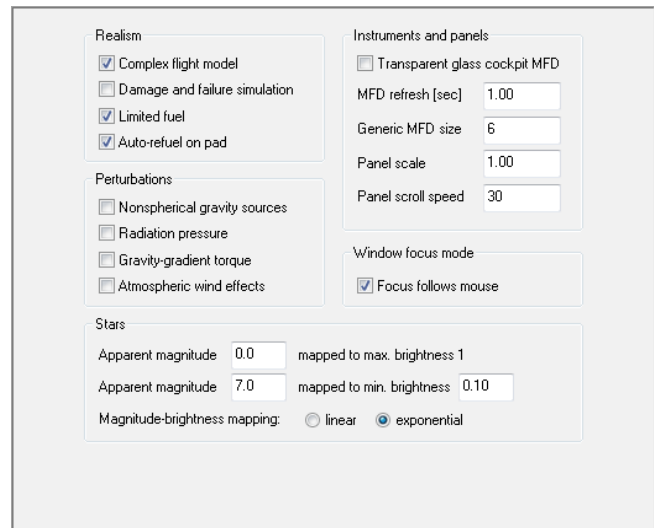
Cliquez sur le bouton **Clear quicksaves** (*Supprimer les sauvegardes rapides*) pour effacer tous les scénarios stockés dans le dossier *Quicksave*.

## 4.2 Onglet paramètres

L'onglet Paramètres contient diverses options pour personnaliser le comportement de la simulation, y compris les réglages du réalisme et du degré de difficulté, le rendu des étoiles en arrière-plan, les paramètres d'affichage des instruments, et la façon d'activer les boîtes de dialogue.

### **Realism (Réalisme)**

- ▶ **Complex flight model (modèle de vol complexe)** : Sélectionne un meilleur réalisme du modèle de vol du vaisseau spatial. Cochez cette option pour activer les paramètres de vol les plus réalistes disponibles pour tous les types de vaisseaux. La désactivation de cette option peut donner des paramètres de vol simplifiés qui rendent le contrôle plus facile pour les nouveaux venus. Certains types de vaisseaux peuvent ne pas accepter cette option.
- ▶ **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 la structure du vaisseau sont dépassées. Tous les vaisseaux peuvent ne pas accepter cette option.
- ▶ **Limited fuel (carburant limité)** : Décochez cette case pour ignorer la consommation de carburant de votre vaisseau spatial.



Certains vaisseaux parmi les plus réalistes, comme la Navette Spatiale, peuvent ne pas avoir un comportement correct si la case "Limited fuel" n'est pas cochée, 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 mode de 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 de certains instruments ne prendraient pas en compte cet effet. Pour qu'une planète puisse utiliser cette option, son fichier de configuration doit contenir la valeur JCoeff. Pour plus d'information et de détails techniques, veuillez consulter la Note Technique d'Orbiter suivante: [Doc/Technotes/Gravity](#).
- ▶ **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. Pour plus d'information et de détails techniques, veuillez consulter la Note Technique d'Orbiter suivante: [Doc/Technotes/Distmass](#).

### **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)

Les paramètres de ce groupe sont permettant de définir le nombre et la luminosité des étoiles de fond affichées sur la voûte céleste. Orbiter utilise le *catalogue des étoiles d'Hipparcos* avec plus de  $10^5$  entrées.

La "magnitude apparente" est une échelle logarithmique décrivant la luminosité d'un astre vu de la Terre. L'étoile la plus brillante (sauf le soleil), Sirius, a une magnitude apparente de  $m_v = -1,5$ . Les plus faibles étoiles visibles sans instruments ont une magnitude apparente d'environ  $m_v = 6$ .

Utiliser une valeur de magnitude plus grande pour le réglage de la luminosité *maximale* rendra les étoiles plus brillantes. Utiliser une plus grande valeur de magnitude pour le réglage *minimal* de la luminosité va augmenter le nombre d'étoiles faibles visibles. Augmenter le niveau minimum de la luminosité fera que les étoiles les plus faibles sembleront plus brillantes.

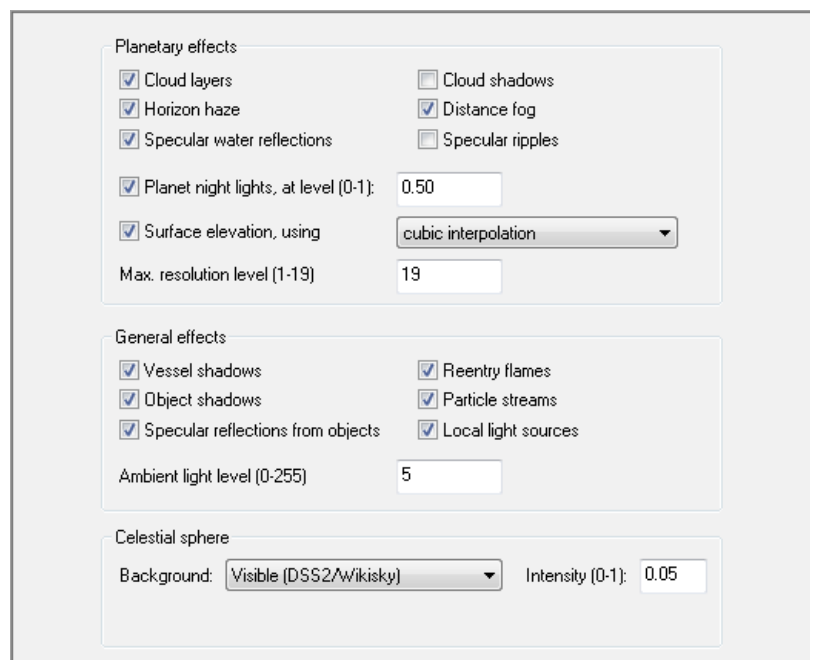
L'utilisation du mappage logarithmique augmente le contraste entre les étoiles brillantes et celle de luminosité plus faible à un niveau plus réaliste.

## 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 de l'échelle pour le 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.

## 4.3 Onglet effets visuels (visual effects)

L'onglet Effets visuels propose des options de réglage des paramètres de rendu et des détails graphiques. Ces options améliorent l'apparence et le réalisme de la simulation, mais la plupart d'entre elles peuvent dégrader 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 particulier sur les ordinateurs moins puissants. En cas de bug avec Orbiter, il est judicieux de commencer par désactiver tous les effets visuels.



Notez que certaines options de rendu avancé peut également être trouvés dans l'onglet supplémentaire, sous les paramètres de visualisation. Cela inclut les options de MIP mapping et de filtrage anisotrope ainsi que les réglages de préférence des paramètres de résolution de texture et d'élévation.

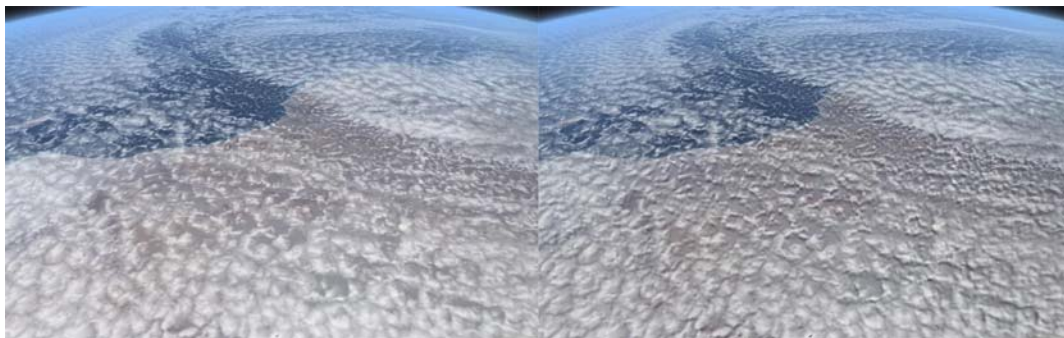
### **Planetary effects (Effets planétaires)**

- ▶ **Cloud layers (couches de nuages)** : Rend les nuages comme une couche séparée de type «mesh» pour les planètes appropriées.



*Option  
Cloud layers  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).*

- ▶ **Cloud shadows (ombrage des nuages)**: Rendu l'ombre des nuages projetés sur la surface des planètes. Seules les planètes dont le fichier de configuration contient la valeur *CloudShadowDepth*<1 sont concernées.



*Option  
Cloud shadows  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).*

- ▶ **Horizon haze (brume d'horizon)** : Rend un horizon d'intensité lumineuse progressive ("rougeoyant") pour les planètes avec atmosphère.



*Option  
Horizon Haze  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).*



- ▶ **Distance fog (effet de brouillard) :** Applique une brume atmosphérique et des effets de brouillard pour des objets éloignés, quand ils sont observés à travers les atmosphères des planètes.



Option  
Distance fog  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).

- ▶ **Specular water reflections (Effet de miroir sur la surface de l'eau) :** Rendu des surfaces d'eau sur les planètes avec des effets de réflexion de lumière comme un miroir.



Option  
Specular water  
reflections  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).

- ▶ **Specular ripples (Ondulations spéculaires) :** Produit un effet "d'ondulation" au niveau de la surface des océans pour améliorer l'apparence de la surface de l'eau.



Option  
Specular ripples  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).

- ▶ **Planet night lights (lumières nocturnes au sol) :** Rendu des lumières des villes sur la partie non éclairée des planètes quand il en existe.



Option  
Planet night  
lights désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).

- ▶ **Night light level (Brillance des lumières nocturnes):** Définit la luminosité des lumières des villes. Les valeurs acceptées vont de 0 à 1. (Ce paramètre sera ignoré si l'option "planet night lights" (éclairage nocturne des planètes) est désactivée).

**NOUVEAU!**

- ▶ **Surface elevation (élévation de la surface) :** Active ou désactive la modélisation de l'élévation du sol de la planète . Si activée, on peut choisir entre interpolation linéaire ou cubique (plus lisse) des données d'élévation.





Option  
Planet surface  
elevation  
désactivée  
(à gauche)  
et activée  
(à droite).

- ▶ **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 19. Des valeurs élevées fournissent la meilleure apparence visuelle des planètes qui supportent des textures de haute résolution, mais augmentent aussi de façon significative les demandes de ressources (processeur graphique et mémoire). Veuillez noter que le niveau actuel de résolution supporté par n'importe quel corps planétaire peut être inférieure à cette valeur, en fonction des textures disponibles. Des textures de haute résolution pour de nombreux astres peuvent être téléchargés sur le site d'Orbiter ou sur des sites d'hébergements d'add-ons pour Orbiter. Le niveau maximum de résolution n'est généralement pris en charge que dans certaines zones choisies (par exemple autour des bases spatiales).



Si vous utilisez de nombreuses textures en haute résolution, il est important d'activer la fonction "load-on-demand" (*chargement sur demande*), afin d'éviter un temps excessif de chargement et de fermeture pour Orbiter. Cette fonction peut être activée dans l'onglet "extra" (*supplément*) du Launchpad d'Orbiter : Sélectionnez :

*Visualisation parameters* → *Planet rendering options* → *Load on demand*

Visualisation des paramètres → Options de rendu des planètes → Chargement à la demande



Scène de Floride  
en résolution de  
niveau 10  
(à gauche)  
et en résolution  
de niveau 14  
(à droite).

### **General effects (effets généraux)**

- ▶ **Vessel shadows (ombres des vaisseaux)** : Active l'ombre des vaisseaux sur la surface des planètes.
- ▶ **Object shadows (ombres des objets)** : Active l'ombre dynamique des objets sur le sol tels que les immeubles.
- ▶ **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 réentrée)** : Rendu de l'enveloppe de plasma devenant rouge-lumineux, du 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.
- ▶ **Local light sources (sources locales de lumière)** : Active des sources lumineuses locales, par exemple émises par des moteurs, des feux d'atterrissage, des projecteurs, etc... Cette option peut avoir une influence significative sur le taux de fréquence d'images.



- **Ambient light level (niveau de lumière ambiant)** : Définit la luminosité de la face non éclairée des planètes et des 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.

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

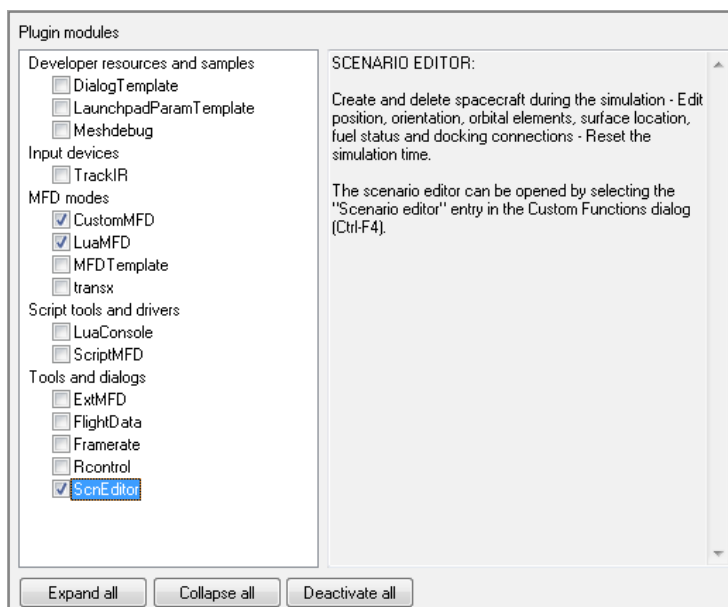
### **Celestial sphere (voûte céleste)**

- **Background (arrière fond)** : Sélectionnez une image *bitmap* pour couvrir le fond de la sphère céleste. Plusieurs exemples sont disponibles dans la version d'Orbiter par défaut, y compris des études du ciel à partir de différents projets cartographiques selon des longueurs d'onde différentes. D'autres cartes peuvent être disponibles en tant que add-ons.
- **Intensity (intensité)** : Luminosité de l'image d'arrière fond (valeurs de 0 à 1). Pour un réglage réaliste, essayez la carte visible (*visible map*) avec un réglage d'intensité très faible (par exemple 0.05).

## **4.4 Onglet modules**

L'onglet Modules permet l'activation et la désactivation de modules externes pour Orbiter qui peuvent étendre ses fonctionnalités de base. Ces modules externes peuvent contenir d'autres instruments, des dialogues, des interfaces vers des programmes externes, etc. Assurez-vous d'activer seulement les modules que vous voulez utiliser, parce que ces modules peuvent ralentir le programme même si elles s'exécutent en arrière-plan, et donc affecter les performances d'Orbiter.

Pour activer un module, cochez la case qui se trouve juste à gauche de son nom dans la liste. En cliquant sur le nom lui-même, de nombreux modules vous donneront dans le volet à droite une courte description sur leur fonction et sur leur interface utilisateur. Les noms des modules sont regroupés par catégories. Vous pouvez développer ou réduire ces catégories en double-cliquant sur le nom de la catégorie. Les boutons situés au bas de l'onglet permettent de développer ou de réduire toutes les listes en même temps, et de désactiver rapidement tous les modules.



Les modules fournis avec la distribution de base d'Orbiter sont des modèles de démonstration réalisés avec le SDK (kit de développement du logiciel) d'Orbiter, et sont disponibles avec leur source-code complet. Une grande variété de modules supplémentaires réalisés par des développeurs de génie peuvent être téléchargés sur internet à partir des sites d'hébergement d'add-ons pour Orbiter.

### **Voici quelques-uns des modules standards 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 le chapitre 21.1 pour plus de détails.

**ExtMFD** : (*Ecrans d'affichage multifonction 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 seuls deux écrans MFD intégrés du vaisseau, ou si vous voulez observer les données du vol en vue externe.

**CustomMFD :** (*Ecrans d'affichage multifonction personnalisés*) Ce module ajoute un cadran « affichage du profil d'ascension ». Il peut-être activé par **Maj F1** ou **Maj P**.

**Rcontrol :** (*contrôle à distance*) Contrôle à distance des moteurs 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 Personnalisées (Custom Functions)* par **Ctrl F4**.

**FlightData :** (*informations de vol*) Informations télémétriques en temps réel pour les vols atmosphériques. Si ce module est actif, la fenêtre des données du vol peut être ouverte dans la liste des *Fonctions Personnalisées (Custom Functions)* par **Ctrl F4**.

**Framerate :** (*taux de trames = nombre d'images par seconde*) 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 Personnalisées (Custom Functions)* par **Ctrl F4**.

**LuaConsole :** Fournit une fenêtre-console pour le traitement interactif des commandes de script depuis la liste des fonctions personnalisées.

**LuaMFD :** Ajoute un nouveau MFD pour la saisie de script via une console MFD.

## 4.5 Onglet vidéo

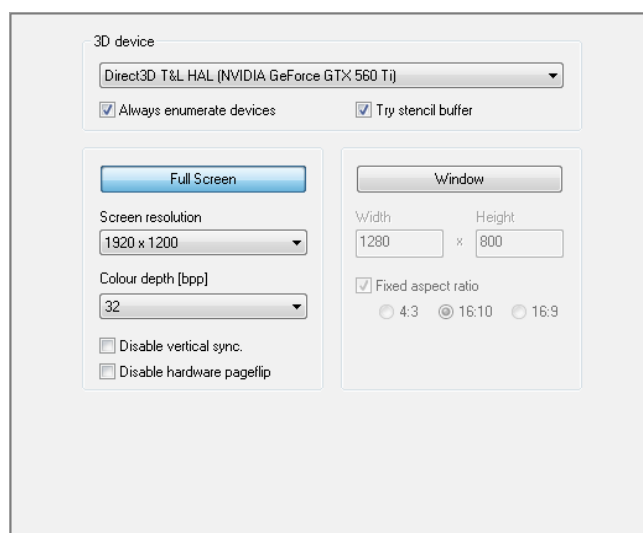
L'onglet Vidéo propose certaines options pour sélectionner le périphérique de rendu graphique, de basculer entre le mode plein écran et le mode fenêtre, et de régler la résolution, la taille de la fenêtre et le nombre de couleurs.

**3D Device (carte 3D) :** Liste le matériel et logiciel disponibles pour le rendu en 3D. Quand cela est possible, sélectionnez un périphérique matériel avec des capacités de transformation et d'éclairage, comme *Direct3D T&L HAL* ou similaire. (Sur certains systèmes, les périphériques matériels peuvent être listés avec le nom de votre carte graphique). Les dispositifs logiciels tels que *RGB Emulation* fourniront une performance médiocre. A noter que certaines cartes vidéos ne supportent pas le mode fenêtre.

### ***Always enumerate devices***

**(toujours lister le matériel) :** 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 peuvent avoir une légère influence sur le taux d'images par seconde. 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 d'écran et le nombre de couleur depuis les listes proposées. Seuls les modes supportés par votre matériel 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 image sans attendre le signal de synchronisation du moniteur, ce qui peut augmenter le taux d'images par seconde, mais aussi conduire à des artefacts visuels (déchirements).

Sur certains systèmes, le passage en mémoire tampon matérielle de trame peut provoquer l'écran des flashes blanc occasionels. Utilisez "*Disable hardware pageflip*" pour résoudre ce problème. Le fait de désactiver cette option entrainera également la désactivation de la synchronisation verticale.

**Window : (fenêtre) :** Choisissez cette option pour faire fonctionner Orbiter en mode fenêtré. Vous pouvez choisir la résolution de votre écran dans la liste proposée. En sélectionnant l'une des options d'aspects fixes de résolution disponibles (4:3 normal, 16:10 ou 16:9 écran large) cela ajustera automatiquement la largeur de la fenêtre ou sa hauteur afin de maintenir le bon ratio. De grandes tailles de fenêtres peuvent réduire les performances d'Orbiter. Notez que certains anciens pilotes graphiques peuvent ne pas permettre aux applications en 3-D de fonctionner en mode fenêtré.

## 4.6 Onglet Manette de jeux (joystick)

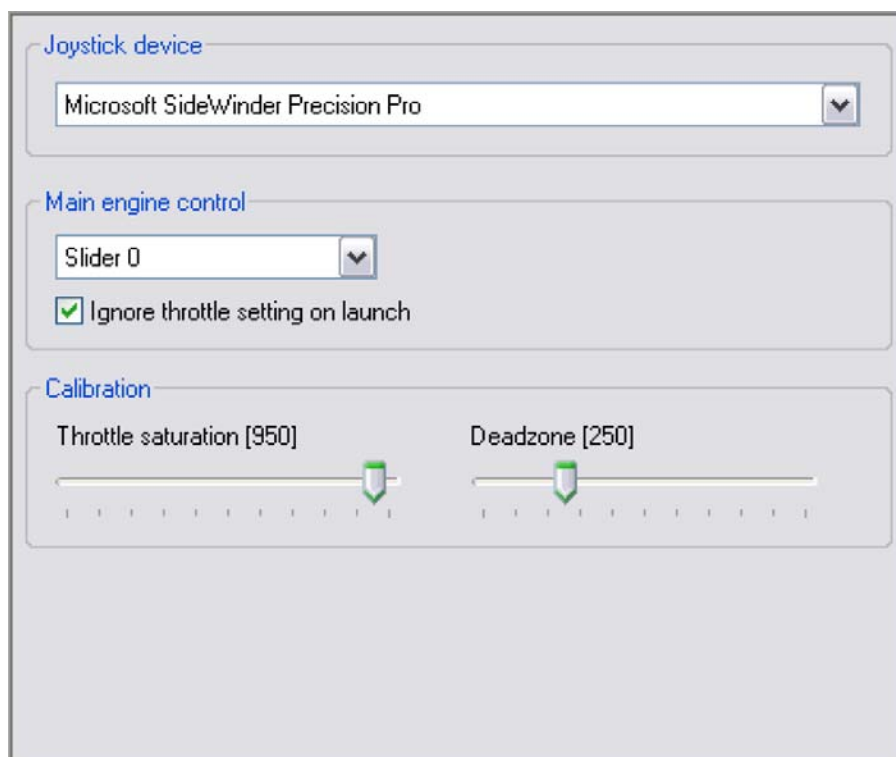
L'onglet Joystick permet de sélectionner et de configurer votre joystick, si présent.

**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 moteurs 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.

**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.



**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.



## 4.7 Onglet Suppléments (*Extra Tab*)

L'onglet *suppléments* (*Extra Tab*) contient une liste de réglages avancés et spécialisés ainsi que des paramètres de configuration, incluant certains détails dynamiques d'Orbiter, de configuration de vaisseaux ainsi qu'une option de "débogage" (*recherche et correction de bugs*). Des *add-ons* ou *plugins* (*modules externes*) peuvent y avoir leur propre possibilité supplémentaire de configuration à cet endroit s'ils sont activés.

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 pour Orbiter à cet endroit.

Cliquez sur une rubrique (ligne) pour voir une courte description 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.

### Options de configuration disponibles :

#### **Time propagation**

##### **(propagation du temps) :**

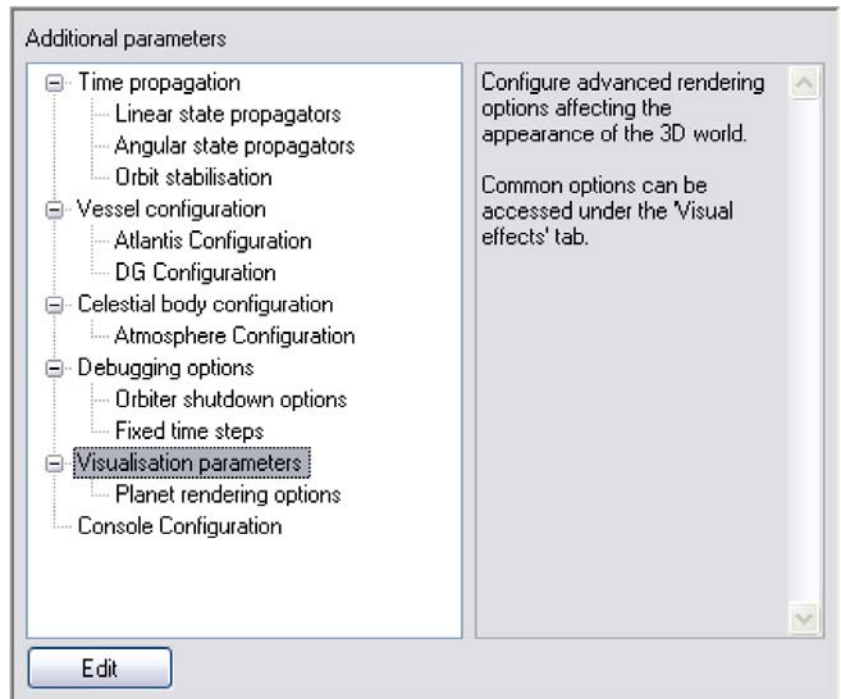
Définit les paramètres de mise à jour dynamiques de l'état linéaire (position et vitesse) et angulaire (orientation, vitesse angulaire) des vaisseaux. Les utilisateurs peuvent choisir les méthodes d'intégration en fonction de l'intervalle entre chaque stade. L'entrée "*Orbit stabilisation*" (*stabilisation de l'Orbite*) permet de configurer les conditions par lesquelles Orbiter passe d'une orbite dynamique simple à une orbite soumise à des perturbations extérieures. Pour plus de détails techniques sur les systèmes de propagation dynamique disponibles dans Orbiter, se reporter aux Notes Techniques pour Orbiter [Doc/Technotes/Dynamics](#).

**Vessel configuration (configuration de vaisseaux) :** Certains types de vaisseaux spatiaux particuliers peuvent offrir dans cette section des options supplémentaires pour définir leur comportement visuel et physique.

**Celestial body configuration (configuration de corps célestes) :** Paramètres pour définir les caractéristiques particulières de certains corps planétaires. Actuellement, cette section contient des options de configuration pour certains modèles de planètes pourvues d'atmosphère .

**Debugging options (options de débogage) :** Divers réglages, y compris la façon dont Orbiter ferme une session de simulation, et la possibilité d'imposer une durée fixe pour un stade, ceci pouvant s'avérer fort utile pour le débogage ou la génération de trajectoires.

**Visual parameters (paramètres visuels) :** Cette section contient des options avancées pour le chargement de textures et de leur rendu pour les corps planétaires.





## 4.8 Onglet "à propos" d'Orbiter (*about*)

L'onglet *About Orbiter tab* (à propos d'Orbiter) comporte le numéro de la version d'Orbiter, des informations sur son élaboration, ainsi que des liens vers les Conditions d'Utilisation, les remerciements, et la page d'accueil du site officiel d'Orbiter et de son forum.



## 5 Démarrage rapide

Ce chapitre vous explique comment décoller et atterrir avec l'un des vaisseaux livrés avec Orbiter, le fameux DeltaGlider. Si vous utilisez Orbiter pour la première fois, cela vous aidera à vous familiariser avec les commandes de bases de ce vaisseau, ainsi que du contrôle des différents points de vue (ou "*caméra*"). Vous devriez aussi lire le restant de ce manuel, en particulier les chapitres 6 et 8 au sujet du clavier et du joystick, le chapitre 14 qui traite des différents instruments, le chapitre 15 sur le contrôle et les commandes des vaisseaux, et le chapitre 17 sur les manœuvres de base en vol.

Assurez vous que vous avez bien configuré Orbiter avant de lancer votre première session de simulation, en particulier les paramètres vidéo et du ceux du joystick (voir chapitre 4). Une fois que vous aurez démarré le scénario *Quickstart*, vous pourrez toujours obtenir des explications sur votre écran en ouvrant la fenêtre d'*Aide* avec les touches **Alt F1**.

### Démarrage:

- Sélectionnez le scénario *Checklist* => *Quickstart* (voir chapitre 4.1 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 maintenant aux commandes du DeltaGlider, un puissant et très 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 State)". Vous pourrez 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 faire 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 cette 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 **↵**.
- Pour en savoir plus sur les modes caméra et les vues, jetez un coup d'œil au chapitre 12.



### 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 DeltaGlider, avec un genre de pare-brise affichant des données devant vous (HUD), 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 de vue-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 multifonction. Un second appui sur cette touche ouvrira le mode cockpit 2D.



Mode cockpit standard



Mode cockpit 2D



Mode cockpit 3D

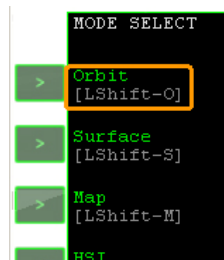
- On peut faire défiler le tableau de bord en appuyant sur une touche flèche (↑ ↓ ← →) du clavier. Pour faire disparaître progressivement vers le bas le tableau de bord, appuyez sur ↑. Vous êtes maintenant en mesure de voir la piste qui s'étend devant vous. Faire défiler le tableau de bord un peu vers le bas peut être utile si vous voulez voir plus de détails à l'extérieur. De plus, si le tableau de bord est plus grand que la fenêtre de votre écran, vous pourrez faire défiler ses différentes parties dans l'écran de votre ordinateur.
- Si la taille du tableau de bord est supérieure à celle de votre écran, vous pouvez utiliser la roulette de votre souris pour agrandir ou réduire la vue. (cette fonction peut ne pas être pris en charge par tous les types vaisseaux spatiaux).
- Certains vaisseaux ont plusieurs tableaux de bord qui peuvent être visualisés en maintenant appuyé la touche **Ctrl**, en combinaison avec une des touche flèche (↑ ↓ ← →). Si vous appuyez sur **Ctrl** ↑, vous ferez apparaître le panneau supérieur du vaisseau, qui possède certaines commandes supplémentaires. Si maintenant vous appuyez deux fois sur **Ctrl** ↓, cela fera apparaître le panneau inférieur, avec les commandes et les 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 ne supportent pas forcément le mode cockpit-virtuel en 2D et/ou en 3D, mais seulement le mode *générique*, qui lui, est toujours disponible.



## 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 de la dimension d'un carré, avec des boutons sur les cotés droit et gauche, ainsi que dans sa partie inférieure.

- Les MFD peuvent être utilisés et réglés de plusieurs façons : avec la souris, cliquez avec le bouton gauche sur le bouton **SEL** qui se trouve sur le bord inférieur de l'un des MFDs. 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 des différent MFD-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*.
- Si vous voulez sélectionner un mode en utilisant le clavier, appuyez sur **Maj F1** + **Maj lettre**, où **lettre** correspond à la touche du clavier indiquée en gris sous le nom du mode MFD de la page de sélection.



MFD = Multi Foncton Dysplay = Affichage Multifonction  
HUD = Head Up Dysplay = Affichage Tête Haute

- La plupart des MFDs possèdent des réglages qui peuvent être contrôlés par des boutons. Le nom de ces boutons change selon les indications de leurs différentes fonctions. Par exemple, le mode *Orbite* possède un bouton nommé **TGT**, utilisé pour visualiser l'orbite d'un objet cible. Cliquez sur ce bouton, et vous verrez apparaître une boîte de dialogue qui vous permettra de sélectionner un objet cible. Appuyez sur la touche **Entrée** puis tapez "iss" dans la boîte de texte, et appuyez de nouveau sur la touche **Entrée**. Cela fera apparaître les paramètres orbitaux de la Station Spatiale Internationale sur l'écran du MFD.
- Pour avoir une brève description des différents MFDs disponibles, cliquez sur le bouton **MNU** situé en bas du MFD (vous pouvez également utiliser les touches **Maj** + **2**).
- Une description de tous les MFDs standards livrés avec Orbiter se trouve au chapitre 14. D'autres MFDs (add-on) peuvent également être rajoutés, et vous pourrez donc dans ce cas voir ces nouveaux MFDs supplémentaires dans la liste affichée avec le bouton **SEL**.

A présent, changez le MFD gauche en mode *Surface*, et le MFD droit en mode *HSI*.

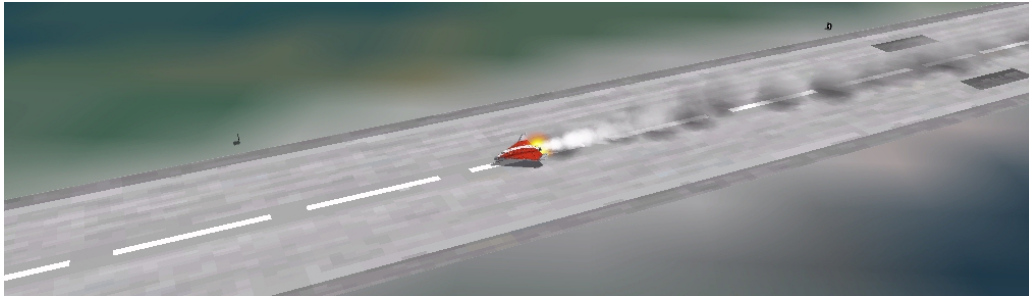


## Décollage :

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 de l'atmosphère est suffisante pour fournir une portance aérodynamique).

- Pour décoller, mettez les moteurs principaux en poussée maximum. Vous pouvez le faire soit 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), soit 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 à la place des touches de contrôle du moteur.
- Votre vaisseau va commencer à rouler. Vous pouvez contrôler la vitesse (affichée en mètres/seconde) dans l'indicateur **AIRSPD GS m/s** (air-speed=vitesse dans l'air) du MFD-Surface, ou sur le **HUD** (affichage tête haute) sous la forme d'un rectangle vert affichant cette valeur, situé en haut et à gauche de votre écran.





- Quand la vitesse atteint 100 m/s, tirez en arrière le joystick pour lever le nez de l'appareil afin de décoller, ou appuyez et maintenez enfoncée la touche **2 Pavé numérique**.
- Une fois en l'air, appuyez sur la touche **G** pour rentrer le train d'atterrissage.



Quand l'atmosphère est trop ténue pour assurer une portance suffisante permettant de décoller (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 "aéroglisser" ou "sustentateurs" (*hover*) disponibles sur le DeltaGlider, pour vous aider à décoller.

- Manœuvrez la manette **Hover** (sustentation) se trouvant à gauche du tableau de bord avec votre 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.



*Les hovers du DeltaGlider en action*

- Dès que vous aurez pris suffisamment de vitesse, vous pourrez réduire progressivement la puissance des moteurs de sustentation verticale avec la touche **Suppr pavé numérique**.



## 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 et de sentir sa manœuvrabilité à différentes altitudes. Si vous n'avez pas de 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 ne pourra pas atteindre une vitesse supersonique).


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

## Atterrissage :

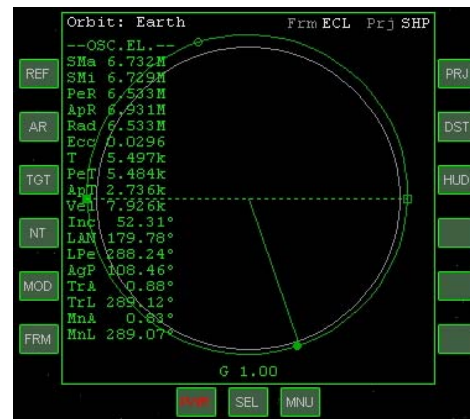
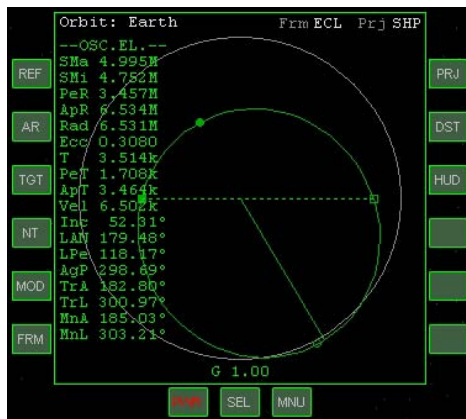
- Faites le tour de la piste 33 du SLF et commencez une approche par le sud de cette piste. Alignez vous avec la piste. Votre instrument HSI vous aidera à maintenir une approche correcte en étant bien aligné sur les deux plans d'approche et de descente. Un des deux écrans devrait déjà être réglé sur la fréquence du système ILS de la piste. Le HSI possède un repère de direction, de déviation et un indicateur du couloir d'approche (*glideslope*). Il travaille comme un instrument classique d'avion, et vous devez probablement être déjà familiarisé avec son utilisation. Si ce n'est pas le cas, reportez vous au chapitre 15.4 pour plus de détails.
- En approchant de la piste, vous allez voir les aides lumineuses d'atterrissage PAPI et VASI situées en bout et sur le côté de la piste (voir chapitre 17.6). Le PAPI est d'une utilisation limitée ici, car il est optimisé pour la trajectoire de descente de la Navette Spatiale qui est de 20°.
- Réduisez la puissance du réacteur et activez les aérofreins avec **Ctrl B** pour réduire la vitesse. Sortez le train d'atterrissage avec la touche **G**.
- Juste après le contact avec le sol, enclenchez les freins des roues gauches et droites avec les touches **;** et **;** jusqu'à l'arrêt complet de l'appareil.

## Vol dans l'espace :

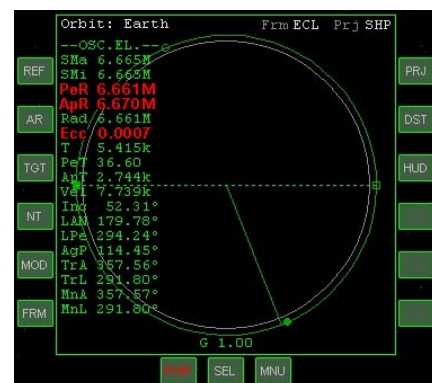
Jusqu'à maintenant, nous avons appris à piloter le DeltaGlider comme un avion conventionnel. Maintenant, il est temps d'aller voir un peu plus haut ...

- Décollez comme précédemment. Faites un virage en direction de l'est (utilisez le compas situé sur le bord haut du HUD, ou celui du MFD-Surface), et mettez-vous en montée en suivant un angle de 50°.
- Au fur et à mesure que vous gagnerez 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 en 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 consiste en la diminution puis la perte d'efficacité des 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 d'essayer de le remonter. Maintenant, activez les RCS (Reaction Control System = *Système de Contrôle par Réaction*) en cliquant (bouton droit) sur le sélecteur **RCS Mode** (partie droite et haute du tableau de bord) ou en appuyant sur la touche **Ctrl /** **Pavé numérique**. Vous contrôlez maintenant votre appareil grâce à ses réacteurs d'attitude.
- Réduisez l'inclinaison votre vaisseau vers une valeur proche de 20°. Après avoir quitté les couches denses de l'atmosphère, vous aurez besoin d'atteindre une certaine vitesse tangentielle pour achever votre mise en orbite. Votre indicateur de direction de vol doit rester au dessus de la valeur de 0°.
- Maintenant, c'est le moment de commuter l'un de vos MFD en mode *Orbite*. Il va vous montrer la forme et la position de votre orbite actuelle (la courbe verte) par rapport à la surface de la planète (le cercle gris), ainsi que sur le coté gauche de cet affichage une liste de différents paramètres orbitaux. Vous pouvez basculer l'écran en mode projection "plan orbital actuel" (*current orbital plane*), en cliquant sur le bouton **PRJ** jusqu'à avoir **Prj = SHP** affiché en haut et à droite de l'écran. Choisissez également les indications de l'altitude en cliquant sur le bouton **DST** pour que les lignes **PeR** et **ApR** situées dans la colonne des données changent respectivement en **PeA** et **ApA** (altitude du périégée et de l'apogée).

- A cet instant, votre orbite sera plutôt elliptique, dont la plus grande partie sera **sous** la surface de la Terre. (voir ci-dessous). 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 de plus en plus. Une fois que la courbe verte se trouve en totalité au dessus de 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 affiché par le MFD-Orbite est la vitesse **Vel** (**Velocity**) et l'altitude de l'apogée **ApA** (**Apoapsis Altitude**). 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 s'éloigner rapidement de la surface de la Terre. En même temps, l'altitude de l'apogée (le plus haut point de l'orbite) va commencer à augmenter. Gardez vos moteurs allumés jusqu'à ce que **ApA** arrive à une valeur d'environ 300 km minimum. Maintenant, coupez les moteurs (touche **\* pavé numérique**).



- Vous êtes maintenant presque en orbite. Tout ce qu'il vous reste à faire, c'est d'élever le périégée (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 commuter le **HUD** du mode *surface* au 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" qui vous indique 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 approcherez du point de l'apogée, faites pivoter votre vaisseau pour le mettre en position *prograde*. Vous pouvez savoir à quelle distance vous vous trouvez de l'apogée en surveillant la valeur **ApT** (**Temps avant Apogée** ou **Apogée Time**) dans le MFD-Orbite. Si cela vous paraît trop long, appuyez sur la touche **T** pour accélérer le temps, et **R** pour le ralentir. Pour faire pivoter votre vaisseau en position *prograde* (le nez du vaisseau dans le sens de la direction son déplacement), vous pouvez le faire manuellement avec le RCS, mais il est plus facile de le laisser faire par le contrôle automatique de positionnement, en utilisant tout simplement le bouton **Pro Grade** situé sur la droite du tableau de bord, ou alors avec la touche **↵** du 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 l'altitude du périégée **PeA**. La valeur de l'excentricité doit diminuer, indiquant que l'orbite se circularise de plus en plus, alors que l'altitude du *périégée* approche celle de l'*apogée* **ApA**. Une fois que l'excentricité atteint une valeur minimum (presque nulle), coupez les moteurs. (voir ci-contre). Vous pouvez aussi désactiver le mode de positionnement automatique en *prograde* en cliquant à nouveau sur **Pro Grade** ou en utilisant la touche **↵**.



- Félicitation ! Vous avez réussi à vous mettre en orbite !

## 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 (**PeA** < 0) 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 important vous transformera en une étoile filante. En clair, vous allez cramer !.. Pour le moment, nous ne chercherons pas une telle précision...
- Mettez-vous de nouveau en position *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).
- Dès que les surfaces aérodynamiques de contrôle de votre appareil retrouvent leur efficacité, vous pouvez couper le système de contrôle RCS. Votre DeltaGlider est maintenant redevenu un avion.
- Vous aurez 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 du point de départ de la manœuvre de désorbitation ainsi que du plan 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 !

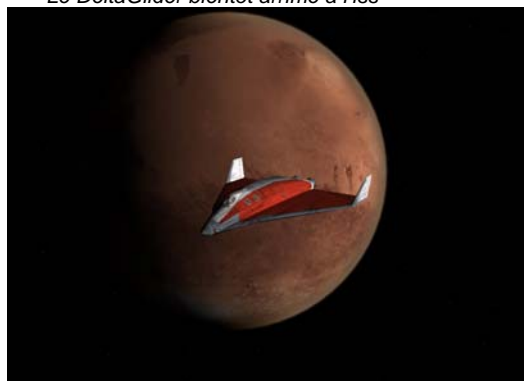
Vous êtes maintenant prêt pour passer à des missions plus compliquées. Essayez le vol "Launch to docking with the ISS" (*lancement pour un arrimage avec l'ISS*) décrit au chapitre 21.1. Mais avant cela, vous aurez probablement besoin d'en apprendre un peu plus sur les procédures de manœuvres orbitales et d'arrimage (voir chapitre 17). 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...



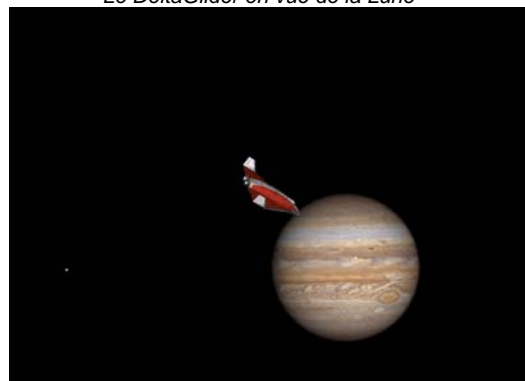
Le DeltaGlider bientôt arrimé à l'ISS



Le DeltaGlider en vue de la Lune



Mars enfin nous voici !...



Quelle Odyssée, mon cher Karl !...

## 6 Le menu principal

Le menu principal est affiché en haut et au centre de la fenêtre de simulation. Il permet l'accès à différentes fonctions et contrôles. A gauche et à droite de cette barre de menu, des informations complémentaires peuvent être affichées.

Si la barre de menu n'est pas visible, déplacez le pointeur de la souris vers le bord supérieur de la fenêtre de votre écran pour la faire apparaître. Vous pouvez également appuyer sur **F4** pour afficher ou masquer cette barre de menu.

La configuration de la barre de menu et des petites fenêtres d'informations peut être définie via une fenêtre de dialogue que vous pouvez ouvrir par un clic droit sur la barre de menu. (*Voir page suivante*).



Barre de menus et panneaux d'information

### Menu options:

- ▶ **ship** (*Vaisseau*) : Ouvre la fenêtre de dialogue de sélection du vaisseau qui permet de changer la vue caméra vers un autre engin spatial si défini dans le fichier scénario lancé.
- ▶ **camera**: Ouvre la fenêtre de dialogue de la caméra qui permet de configurer la caméra d'observation comprenant la sélection de sa cible, de son positionnement, de l'angle du champ de vision, et du mode de vue externe.
- ▶ **speed** (*Vitesse*) : Ouvre la fenêtre de dialogue de la vitesse de simulation qui permet de modifier le réglage du facteur d'accélération.
- ▶ **pause**: Permet de mettre la session de simulation en pause ou de la reprendre.
- ▶ **info**: Ouvre une fenêtre de dialogue avec des informations sur tous les objets disponibles.
- ▶ **function** (*fonction*) : Ouvre la fenêtre de dialogue de fonctions personnalisées qui liste toutes les fonctions accessibles fournies le cas échéant par des modules externes actifs.
- ▶ **display** (*affichage*) : Ouvre une fenêtre de dialogue d'aides visuelles qui permet de configurer un affichage supplémentaire de certains éléments tels que les dessins de constellations, des grilles de coordonnées célestes et des marqueurs de surfaces planétaires.
- ▶ **map** (*carte*) : Ouvre une fenêtre de dialogue contenant les carte des corps planétaires, y compris l'affichage de la zone indiquant le jour ou la nuit, la trace au sol des plans orbitaux, et les marqueurs de surface.
- ▶ **record** (*enregistrement*) : Ouvre une fenêtre de dialogue d'enregistrement/lecture qui permet d'enregistrer une session de simulation, ou bien de configurer les paramètres de lecture lors d'une rediffusion.
- ▶ **help** (*aide*) : Ouvre la fenêtre de l'aide en ligne.
- ▶ **save** (*sauvegarde*) : Permet de sauvegarder votre session de stimulation en cours.
- ▶ **exit** (*quitter*) : Permet de quitter la session en cours et de retourner dans la fenêtre du *Launchpad*.

### Zones d'affichage d'informations complémentaires :

- ▶ La zone d'affichage située dans le coin supérieur gauche de votre écran contient le nom de la cible de la caméra (TGT pour *TarGeT*), le mode caméra (Cam) et l'angle du champ de vision (FOV pour *field of view*).



- La zone d'affichage située dans le coin supérieur droit de votre écran contient la date dans le format "temps des éphémérides" (ET) ainsi que dans le format "Jour Julien modifié" (MJD pour *Modified Julian Day*), le temps écoulé de simulation (Sim) en secondes, ainsi que des indicateurs de pause, d'accélération du temps et d'enregistrement/lecture le cas échéant.



Le temps des éphémérides (TE) est une échelle de temps aujourd'hui révolue (elle a été en vigueur seulement de 1960 à 1967).

Le jour julien est la base d'un système de datation consistant à compter le nombre de jours et de fractions de jour écoulés depuis une date conventionnelle fixée au 1<sup>er</sup> janvier -4712 à 12 heures.

Notez que Orbiter fournit un utilitaire de conversion de date (date.exe) situé dans le sous-dossier *Utils*. L'éditeur de scénario (voir section 21.1) permet de modifier la date d'un session en cours d'exécution.

- En option, deux panneaux supplémentaires d'info peuvent être affichés en sélectionnant depuis la fenêtre de *configuration des barres de menu*, comprenant un affichage de la fréquence d'image, un affichage d'une courbe graphique montrant la charge du moteur graphique, et d'un écran d'information viewport.



(viewport définition : Partie d'une fenêtre où est affiché un contenu quelconque).

**Réglage de la barre de menu**

**Réglages des 2 fenêtres d'information droite et gauche**

**Affichage de 2 fenêtres supplémentaires d'info droite et gauche**

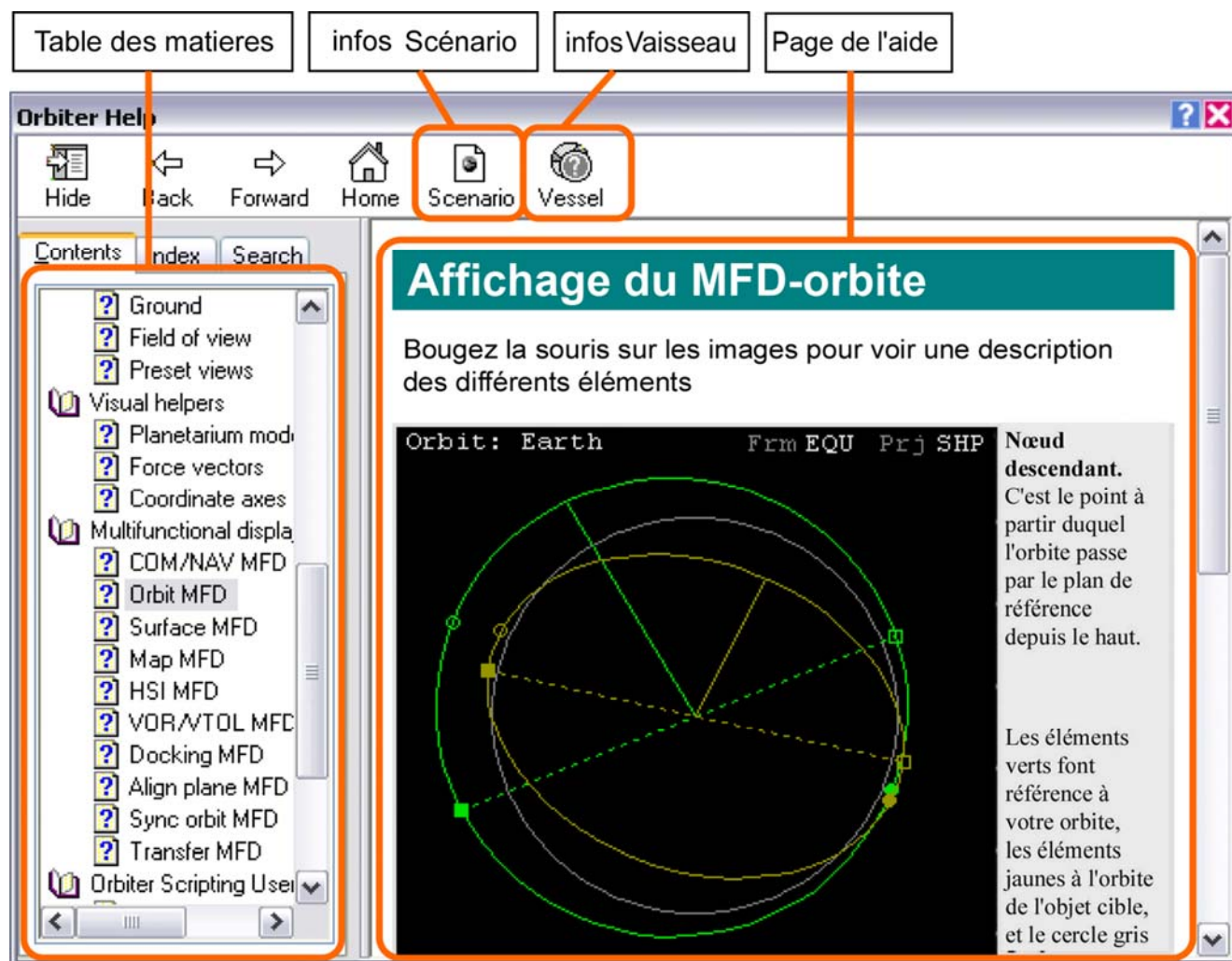
**Indicateur d'action**

## 7 Le système Aide

Vous pouvez obtenir à partir de la fenêtre de lancement d'Orbiter (*launchpad*) une description des différentes options de cette fenêtre de dialogue en appuyant sur le bouton "Aide" (*help*) qui se trouve dans le coin inférieur droit de cette fenêtre.

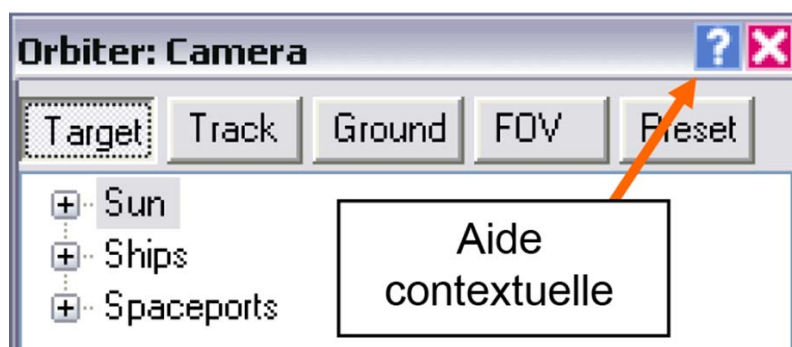
Pendant la partie de simulation, vous pouvez ouvrir la fenêtre d'aide d'Orbiter en appuyant sur **Alt F1** ou en sélectionnant l'option **Aide** dans le menu principal **F4**.

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



Il y a dans Orbiter de nombreuses boîtes de dialogue qui fournissent une aide par le menu contextuel. 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. Les scénarios et les vaisseaux ne supportent pas encore tous l'aide contextuelle. Ce système peut être développé et amélioré par l'ajout de nouvelles pages d'aides relatives aux scénarios et aux vaisseaux, et les développeurs d'add-ons sont encouragés à utiliser ce système d'aide pour fournir des informations conviviales sur leurs vaisseaux, ou alors d'inclure des scénarios d'apprentissage documentés qui illustrent les caractéristiques de leurs plugins.



## 8 L'interface clavier

Ce chapitre décrit les fonctions par défaut de chacune des touches du clavier pour Orbiter. Il est à remarquer que 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, cela dépend de vous et de vos habitudes.



### Note du traducteur :



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

Vous trouverez ci-dessous un modèle des deux claviers pour vous aider : l'AZERTY français et le QWERTY anglais. Vous pourrez vous y référer pour chercher la correspondance des touches. Peu de touches changent mais il faut les connaître...elles sont de couleur grise sur le dessin dessous.

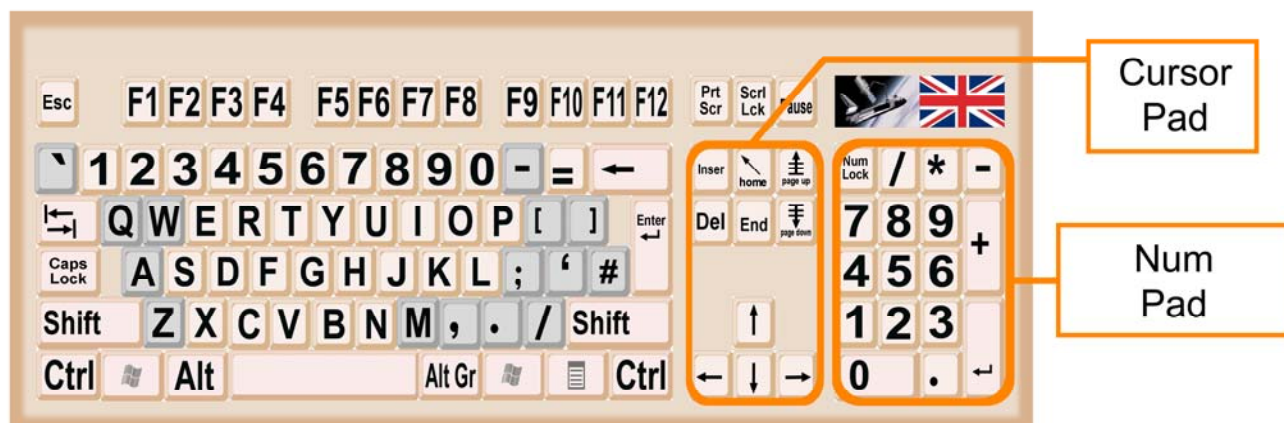
Les touches du pavé numérique seront précisées par : **pavé numérique**.

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



*Clavier Français AZERTY*



*Clavier Anglais QWERTY*



## 8.1 Commandes générales du Simulateur

<b>F</b>	Affiche / cache le taux d'images par seconde (FPS)
<b>I</b>	Affiche / cache les Information sur l'objet actuel et sur le mode caméra
<b>R</b>	Diminution de la vitesse de simulation par x10. (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 x10 (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 X</b>	Zoom arrière : augmente légèrement le champ de vision (de 10° en 10°)
<b>Ctrl W</b>	Zoom avant : diminue légèrement le champ de vision (de 10° en 10°)
<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 en cours
<b>Ctrl A</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>	Bascule entre vue Externe / Interne du vaisseau utilisé
<b>Ctrl F1</b>	Ouvre la boîte de dialogue <i>caméra</i> pour sélectionner les cibles, les différentes vues, et le champ de vision
<b>Alt F1</b>	Ouvre la fenêtre d'aide en ligne
<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 la boîte de 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 personnalisées</i> . Contient une liste des fonctions définies dans un module plugin, si disponible
<b>Ctrl F5</b>	Ouvre la boîte de dialogue de l' <i>enregistreur / lecture</i> du vol. Contient les options d'enregistrement et de lecture.
<b>Ctrl I</b>	Ouvre la boîte de dialogue <i>Info objet</i> . pour les données spécifiques des objets telles que les fréquences ILS etc...
<b>Ctrl ,</b>	Ouvre la boîte de dialogue <i>carte</i> (ports spatiaux, pos. des navaïd, etc.)
<b>Ctrl N</b>	Ouvre la boîte de dialogue <i>info Navaïd</i> contenant une liste des fréquences radio des balises de navigation
<b>Ctrl F9</b>	Ouvre la boîte de dialogue <i>option du planétarium</i> . Permet de visualiser des grilles et des repères
<b>F9</b>	Mode planétarium : visualisation des constellations et des astres

## 8.2 Le Contrôle et les commandes des vaisseaux

Ces touches permettent le contrôle manuel du pilotage de votre vaisseau. Voir aussi le chapitre contrôle à l'aide du joystick. A noter que certains vaisseaux ne disposent pas forcément de tous ces contrôles des moteurs.



## Contrôle des moteurs principaux et des retro fusées :

<b>Ctrl</b> <b>+</b> pavé num	Augmente progressivement le moteur principal ou diminue les retro fusées
<b>Ctrl</b> <b>-</b> pavé num	Diminue progressivement le moteur principal ou augmente les retro fusées
<b>*</b> pavé numérique	Stoppe le moteur principal et / ou les retro fusées
<b>+</b> pavé numérique	Moteur principal à 100% de puissance quand la touche est enfoncée
<b>-</b> pavé numérique	Moteur retro à 100% de puissance quand la touche est enfoncée

## Contrôle des moteurs de sustentation "hover" (si disponibles) :

<b>0</b> pavé num	Augmente progressivement le moteur de sustentation
<b>• Suppr</b> pavé num	Diminue progressivement le moteur de sustentation

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

<b>4 6</b> pavé num	Rotation selon l'axe longitudinal (Roulis)
<b>2 8</b> pavé num	Rotation selon l'axe transversal (Tangage)
<b>1 3</b> pavé num	Rotation selon l'axe vertical (Lacet)
<b>5</b> pavé num	Arrêt de la rotation

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

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

<b>2 8</b> pavé num	Impulsion moteurs d'attitude pour une translation vers le haut / le bas
<b>1 3</b> pavé num	Impulsion moteurs d'attitude pour une translation vers la gauche / la droite
<b>6 9</b> pavé num	Impulsion moteurs d'attitude pour une translation vers l'avant / l'arrière

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

## Autres contrôles des vaisseaux :







<b>/</b> pavé numérique	Passer du mode contrôle moteur <b>rotation</b> à <b>translation</b> , ou inversement.
<b>Ctrl</b> <b>/</b> pavé num	Activation / désactivation du système de contrôle à réaction (RCS). Le RCS (si disponible) sert à régler les petits moteurs de manœuvre.
<b>Alt</b> <b>/</b> pavé num	Activation / désactivation du contrôle manuel des surfaces mobiles aérodynamiques (dérive, volets, ailerons) si disponibles.
<b>Q</b>	Active le mode de maintien d'altitude «Hold altitude». Maintien l'altitude par rapport à la surface de l'astre au moyen des moteurs de sustentation. Cela échouera si les moteurs de sustentation ne peuvent compenser la gravitation, et aussi si l'angle d'attaque est trop important. Combiner ce mode avec le mode «H-level» est assez utile.
<b>L</b>	Active le mode «H-level». Ce mode maintient la position du vaisseau à l'horizontale en engageant les moteurs de manœuvre d'attitude.
<b>☹</b>	Active le mode «Turn prograde». Ce mode place le vaisseau dans le sens de son vecteur vitesse (vers l'avant).
<b>\$</b>	Active le mode «Turn retrograde». Ce mode place le vaisseau dans le sens inverse de son vecteur vitesse (vers l'arrière).
<b>M</b>	Active le mode «Turn orbit-normal». Tourne le vaisseau dans le sens de son plan orbital (dans la direction de $R \times V$ ).
<b>%</b>	Active le mode «Turn orbit-antinormal». Tourne le vaisseau dans le sens inverse de son plan orbital (dans la direction de $-R \times V$ ).
<b>Inser</b> ou <b>Suppr</b> pav curs	Contrôle du compensateur de profondeur (trim). (uniquement sur un vaisseau possédant des surfaces aérodynamiques).
<b>;</b>	Active les freins coté gauche (si disponible)
<b>:</b>	Active les freins coté droit (si disponible)

## 8.3 Les 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...

	Éloigne la caméra de l'objet cible. ( <i>Dé-zoome</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** +     : déplacent la position de l'observateur

 et  : changent l'altitude de l'observateur

    : font tourner la vue de l'observateur  
(à moins que le verrouillage sur l'objet cible soit activé).

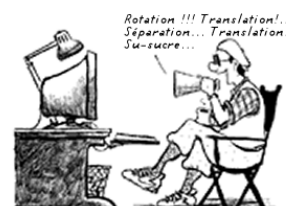















## 8.4 Les vues internes (ou vues cockpit)

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>	Bascule le tableau de bord successivement 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 direction de la vue.
	Retour à la position de vue par défaut.
   	Déplacement du tableau de bord (en vue cockpit 2D).
<b>Ctrl</b>    	Bascule sur le tableau de bord voisin, si disponible (vue tableau de bord 2D uniquement).
<b>Ctrl</b> <b>H</b>	Allume / éteint l'affichage du HUD (on / off)
<b>Alt</b> <b>H</b>	Change la couleur de l'affichage du HUD
<b>H</b>	Choix du mode du HUD (mode-surface, mode-orbite, mode-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.

## 8.5 Touches de contrôle des MFD

Les commandes des MFDs se font généralement avec la touche **Maj** + **touche de commande**. Celle de gauche renvoie au MFD de gauche et celle de droite au MFD de droite.






<b>Maj</b> 	Active ou éteint le MFD (gauche ou droit selon la touche <b>Maj</b> utilisée)
<b>Maj</b> <b>F1</b>	Ouvre un menu pour la sélection du mode des MFD (gauche ou droit...)
<b>Maj</b> <b>2</b>	Ouvre ou ferme une page expliquant les fonction spécifiques des boutons droites et gauches du MFD actif.
<b>Maj</b> <b>[mode]</b>	En mode sélection-MFD, <b>Maj</b> en combinaison avec une autre touche, sélectionne un mode spécifique défini. (voir chapitre 14)
<b>Maj</b> <b>[fonction]</b>	En mode affichage standard, <b>Maj</b> en combinaison avec une touche spécifique pour une fonction, active cette fonction. (voir chapitre 14)

Pour le contrôle spécifique de chacun des affichages multifonctions (MFD), voir le chapitre 15 ou bien le résumé des raccourcis se trouvant au chapitre 25.

## 8.6 Sélection des menus

Cette fenêtre s'affiche selon les MFD pour entrer par exemple la « référence » (ex : *earth* pour le MFD-Carte) ou bien 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*. Il est souvent plus simple de parcourir la liste, 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 "parent" depuis une sous-liste.
<b>Entrée</b>	Sélection du choix actuel et fermeture de la liste.
	Liste ignorée et/ou fermeture de la boîte de dialogue.



exemple 1 (MFD-Orbite)



exemple 2 (MFD-Orbite)  
sélection "racine" ↑

sous-sélection →



## 9 Joystick



Un joystick peut être utilisé pour contrôler manuellement l'attitude du vaisseau spatial et pour faire fonctionner ses moteurs principaux.

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 ou vers l'arrière	Fait pivoter le vaisseau autour de son axe transversal (tangage)
Pivoter le manche <b>ou</b> l'actionner de gauche à droite avec son bouton n° 2 appuyé	Fait pivoter le vaisseau autour de son axe vertical (lacet)
Action sur la manette des gaz (accélérateur)	Réglage de la poussée des moteurs principaux. Similaire à <b>Ctrl</b> <b>+</b> <i>Pav num</i> et <b>Ctrl</b> <b>-</b> <i>Pav num</i> 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> )



## 10 Souris

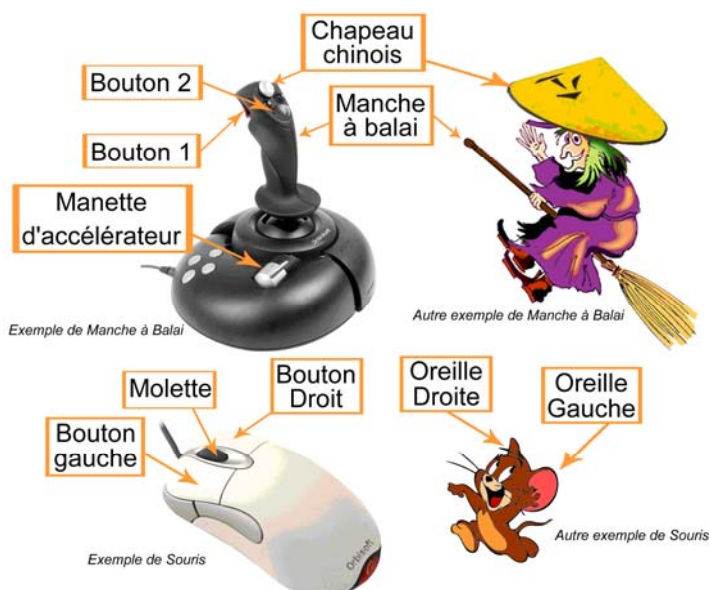
Les tableaux de bord des vaisseaux peuvent être contrôlés par la souris. La plupart des boutons, interrupteurs, et cadrans, sont activés en cliquant dessus avec le bouton gauche de la souris. Certains éléments (comme des interrupteurs) peuvent utiliser à la fois le bouton gauche et le bouton droit de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

En vue interne du panel en 2D, la roulette de votre souris peut être utilisée pour agrandir ou réduire sa taille, si celui-ci est plus grand que la fenêtre d'Orbiter. (Ceci n'est pas forcément pris en charge pour tous les tableaux de bord).

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.



## 11 Les Vaisseaux livrés avec Orbiter

Les vaisseaux, stations orbitales et satellites artificiels décrits dans ce chapitre sont disponibles dans la distribution standard d'Orbiter. Beaucoup d'autres engins peuvent être rajoutés en téléchargeant des add-ons. Allez regarder sur le site Internet d'Orbiter pour trouver des listes de sites proposant le téléchargement de différents add-ons disponibles.

### 11.1 Delta-glider

Le Delta-glider (DG) est le vaisseau idéal pour le pilote débutant qui désire aller dans l'espace. La conception de son design futuriste, la forte puissance de ses moteurs 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. La forme de ses ailes lui donne dans la basse atmosphère la même capacité de contrôle qu'un avion, et ses moteurs de sustentations 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'aéroports. 



*Le modèle 3D et les textures du Delta-Glider sont de Roger "Frying Tiger" Long. Les tableaux de bord et instruments 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 surpuissants, qui peuvent être utilisés pour des vol atmosphériques supersoniques. Ces statoréacteurs ont une vitesse opérationnelle de fonctionnement qui va de Mach 3 jusqu'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.

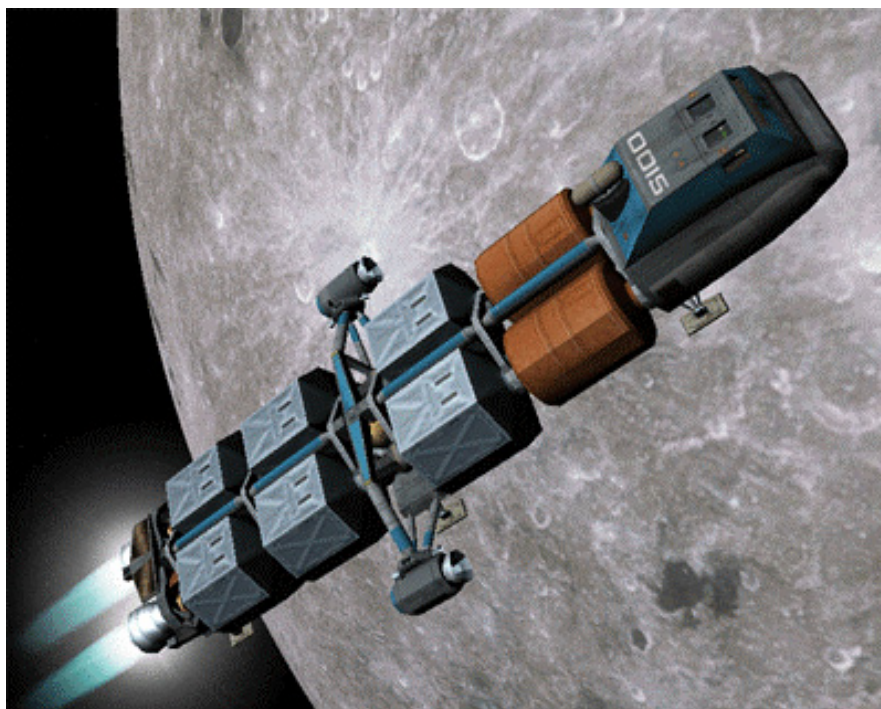
Le DG possède un train d'atterrissage animé, un port d'arrimage situé au niveau du nez, un sas, un radiateur déployable et des contrôles de surface aérodynamique animés. Il supporte l'effet de fumée par particules.

Les détails sur son instrumentation, ses commandes, ses modes caméra, ainsi que ses spécifications techniques se trouvent dans un document à part [Doc\DeltaGlider.pdf](#).

### 11.2 Navette-A (Shuttle-A)

Le Shuttle-A, conçu par Roger "Frying Tiger" Long, est un vaisseau de transport de fret de taille moyenne, conçu principalement pour un environnement à faible gravité et à faible densité. Sa conception actuelle permet de parvenir en LEO (orbite basse) depuis la surface de la Terre, mais vous devez planifier votre montée avec prudence pour ne pas vous retrouver à cours de carburant.

Ce vaisseau possède deux moteurs principaux et deux moteurs de sustentation, avec en plus deux autres moteurs auxiliaires qui peuvent être pivotés sur 180°, leur permettant de devenir des moteurs accessoires pouvant donner une poussée dans toutes les directions.



Conception du modèle :  
Roger Long.

Tableau de bord  
et code du module :  
Martin Schweiger.

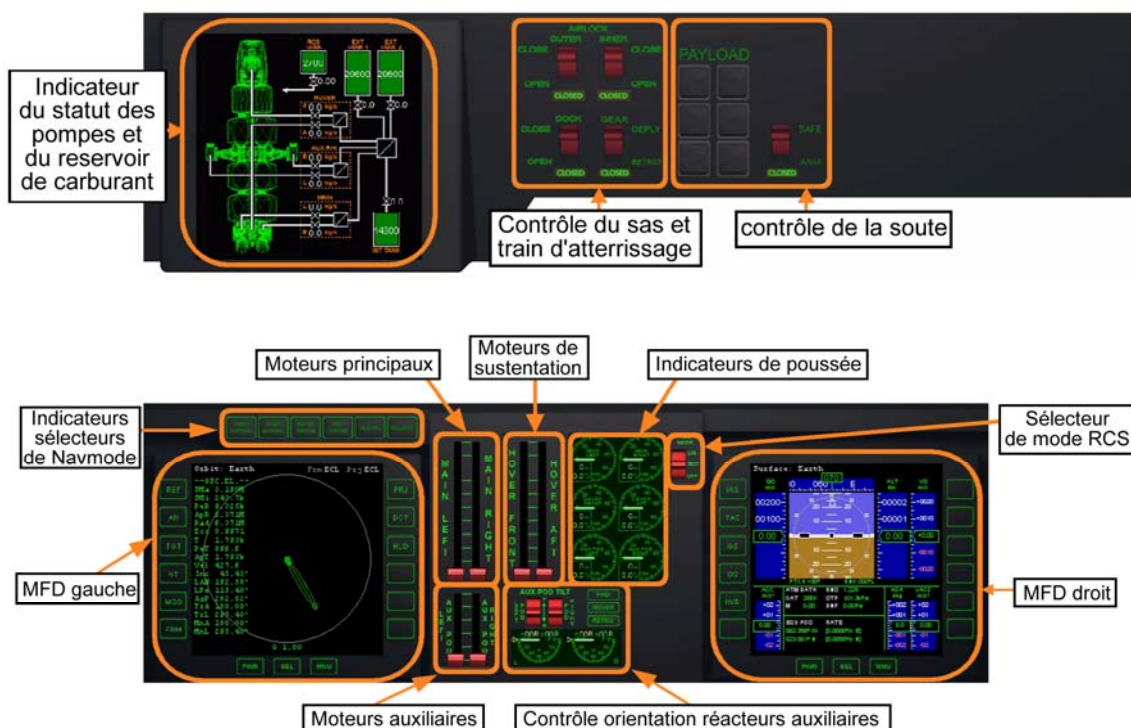
Cockpit virtuel,  
équipements de  
gestion des  
chargements :  
Radu Poenaru

Cette Navette-A est livrée avec des tableaux de bord équipés de nombreux instruments. Pour plus de détails sur leur fonctionnement et sur les caractéristiques techniques, voir son Manuel Technique à part.

Cette dernière version de la Navette-A est dotée d'un cockpit virtuel, d'une cargaison de containers détachables, et d'un train d'atterrissage animé, le tout élaboré par Radu Poenaru.

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

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

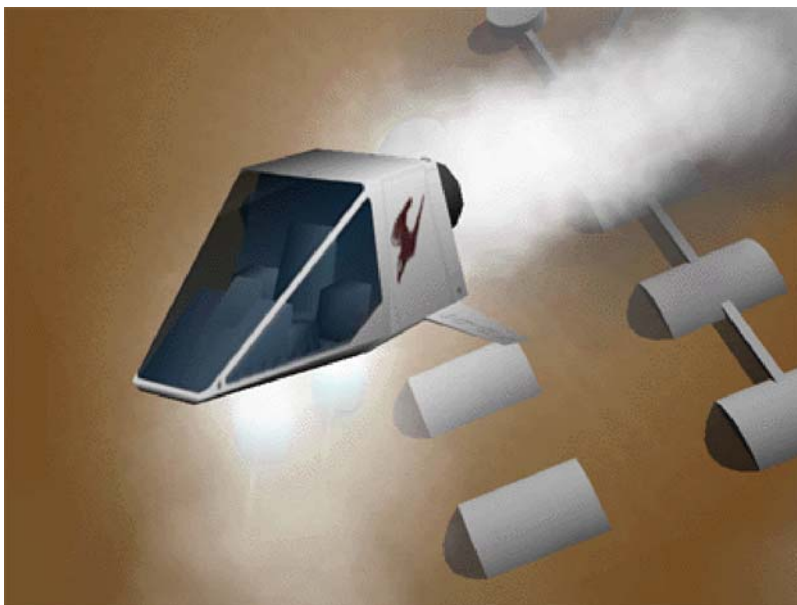


## Touches de contrôle spécifiques de ce vaisseau :

<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

### 11.3 Navette-PB (*Shuttle-PB* ou *PTV*)

Le PB est un monoplace très maniable. Il bénéficie d'une légère portance en vol atmosphérique, et dépend de ses moteurs de sustentation pour pouvoir décoller et atterrir. Les contrôles de surface atmosphériques (ailerons et dérive) ne sont pas supportés dans cette version. Le contrôle d'attitude ou de position se fait par ses micro moteurs RCS (System de Contrôle à Réaction).



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

#### Caractéristiques techniques:

<b>Masse</b>	Poids à vide	500 kg
	Capacité en carburant	750 kg
	Poids total	1 250 kg
<b>Longueur</b>		7 mètres
<b>Puissance</b>	Moteur principal	$3,0 \times 10^4$ N
	Moteur de sustentation	$2 \times 0,75 \times 10^4$ N
<b>Isp</b>	impulsion spécifique dans le vide	$5,0 \times 10^4$ m/s

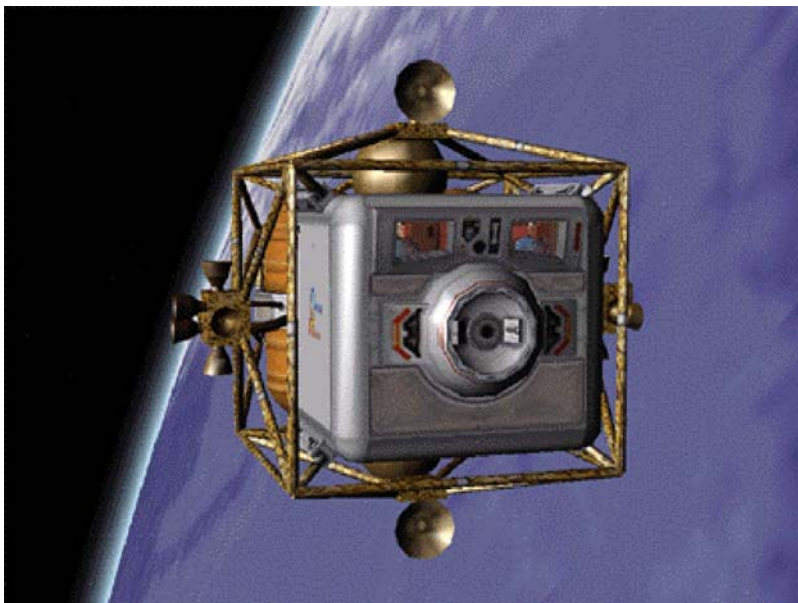
### 11.4 Dragonfly (= Libellule)

Le Dragonfly est un remorqueur spatial destiné à déplacer et manipuler des charges déjà mises en orbite. Il peut être utilisé pour transporter un satellite depuis la navette spatiale jusqu'à une orbite plus haute, 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 (System de Contrôle à Réaction).

LE DRAGONFLY N'EST PAS CONÇU POUR UNE RENTRÉE ATMOSPHÉRIQUE OU UN ATTERRISSAGE !





*Conception du Dragonfly :  
Martin Schweiger.*

*Amélioration du modèle 3D  
et des textures :  
Roger Long.*

*Simulation des systèmes  
Et instruments du tableau de  
bord :  
Radu Poenaru.*

Le Dragonfly est le premier engin à être modélisé avec une telle simulation de systèmes environnementaux et électriques détaillés, grâce à la contribution de Radu Poenaru. Pour des informations plus détaillées, veuillez lire son manuel spécifique [Doc\Dragonfly.pdf](#).


Masse	7 tonnes	à vide
	11 tonnes	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)	au total 16 micro moteurs	
Taux de poussée	1,0 kN	par moteur
Isp	4,00 x 10 <sup>4</sup> m/s	dans le vide

## 11.5 Navette Spatiale Atlantis

La Navette Spatiale Atlantis représente le seul vaisseau spatial "réel" présent dans la version de base d'Orbiter. (Mais il y en a beaucoup disponibles en tant qu'add-ons). Ses caractéristiques de vol sont moins indulgentes que les modèles fictifs comme le Delta-glider, et le simple fait d'effectuer une mise en orbite est déjà un vrai défi.

La navette Atlantis d'Orbiter dispose d'une soute avec un bras manipulateur ("Canadarm"), de sorte que vous pouvez simuler le déploiement ou même la récupération de satellites, ou bien encore une mission de ravitaillement pour la Station Spatiale Internationale.

Le modèle actuel dispose maintenant d'une cabine virtuelle de pilotage, avec des instruments MFD et HUD fonctionnels, une soute utilisable, un bras manipulateur pouvant être commandé à distance, ainsi que le support d'un MMU.

 *MMU = Manned Maneuvering Unit. Système de propulsion développé par la NASA pour permettre aux astronautes de se déplacer de manière autonome dans le vide au cours de leurs sorties extravéhiculaires.*

Les procédures de fonctionnement et d'utilisation sont expliquées plus en détail dans deux documents distincts: [Doc\Atlantis.pdf](#) et [Atlantis MMU Sat\\_30.pdf](#).

Voici quelques listes de contrôles (checklist) simplifiées pour le lancement, l'amarrage et la gestion des charges utiles.



*Modèle 3D et textures :  
Michael Grosberg,  
Don Gallagher (orbiter)  
et Damir Gulesich (ET+SRB).*

*Code original du module :  
Martin Schweiger.*

*Bras manipulateur et système  
d'accrochage original,  
extensions RMS et MMU:  
Robert Conley.*

*Code des modules  
des extension :  
David Hopkins  
et Douglas Beachy.*



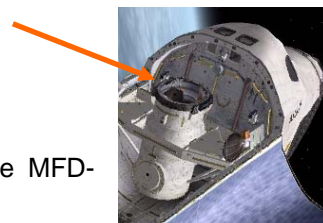
*Le cockpit virtuel vu depuis le  
siège du commandant de  
bord.*

## Décollage :

- ▶ Allumer les moteurs de la Navette à 100% de leur puissance.
- ▶ Les SRBs (*boosters*) s'allument automatiquement quand les moteurs principaux atteignent 95% de leur puissance. Les SRBs ne sont pas contrôlés manuellement. Une fois allumés, ils ne peuvent plus être éteints.
- ▶ Durant le lancement, l'attitude est contrôlée par le vecteur de poussée des SRB. Faites pivoter la Navette par un mouvement de rotation afin d'obtenir le bon cap, puis diminuez progressivement son assiette pendant l'ascension pour obtenir l'insertion sur l'orbite prévue.
- ▶ Les SRBs se séparent automatiquement de la Navette à T + 2 mn 06 sec. En cas d'urgence, les SRBs peuvent être éjectés manuellement avec la touche **J**.
- ▶ La montée continue avec les moteurs principaux de la Navette. Diminuez progressivement leur puissance afin d'obtenir une accélération maximum de 3G.
- ▶ La séparation du réservoir à lieu une fois vide, à T+ 8 mn 58 sec (altitude = 110 km), ou bien manuellement avec la touche **J**.
- ▶ Après la séparation de ce réservoir, la Navette passe sur ses deux moteurs OMS (Système de Manœuvre en Orbite) qui utilisent des réservoirs internes, pour l'insertion finale en orbite. Les moteurs d'attitude (RCS ou Reaction Control System) sont activés.

## Arrimage :

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



## Manipulation du bras RMS et accrochage:

- ▶ La navette est équipée d'un bras manipulateur mécanique dans sa soute qui peut être utilisé pour déposer ou capturer des satellites, contrôler un MMU, etc.



*RMS = Remote Manipulator System. C'est le bras robotique de la Navette Spatiale américaine.*

- ▶ Ce 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 du RMS, presser **Ctrl** +   (barre espace).
- ▶ 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.
- ▶ Pour saisir 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, ce bouton est renommé **Release**.
- ▶ Pour faciliter l'identification 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 capturer un satellite dérivant si vous amenez l'extrémité du bras RMS à un point d'accrochage de ce satellite.
- ▶ Pour ramener un satellite vers la Terre, il doit être stocké dans la soute. Utilisez le bras RMS pour amener le satellite dans la soute et le positionner correctement sur un point de fixation. Quand le bouton de la boîte de contrôle du RMS passe sur **Arrest**, le satellite peut être fixé dans la soute en cliquant sur ce bouton. 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 attachée 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 qu'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</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>	Ouvre la fenêtre de contrôle du bras RMS.



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



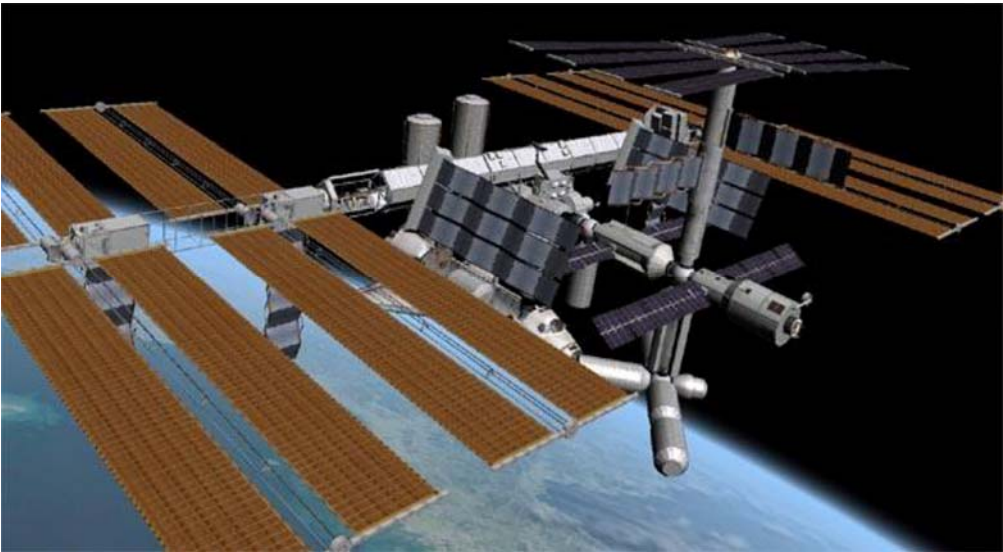


La bande Ku vient du terme "Kurtz-under" : en d'autres termes, c'est la bande de fréquences venant directement au-dessous de la bande courte. La bande Ku (prononcez «ka-you») est une portion du spectre électromagnétique dans une gamme de fréquences micro-ondes allant à peu près de 10 à 18 GHz. Cette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

## 11.6 Station Spatiale Internationale (ISS)

La station spatiale internationale est une plate-forme orbitale scientifique multinationale qui a mis beaucoup de temps avant d'être terminée (et que son avenir avait bien failli être remis en question après le drame de Columbia).

L'ISS dans Orbiter est en configuration terminale. L'ISS est une bonne cible pour des missions d'exercice de rendez-vous et d'arrimage avec la Navette spatiale ou tout autre engin spatial.



Modèle 3D  
et textures :  
Projet alpha  
par  
Andrew

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, chaque port est équipé 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 le chapitre 17.7.



## 11.7 Station Spatiale MIR

Dans Orbiter, la station russe MIR est toujours en orbite autour de la Terre et peut être utilisée pour une approche et un arrimage. En outre, contrairement à la réalité, la station Mir dans **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 3D  
et textures par  
Jason Benson.*

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

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

Port 1	135.00
Port 2	135.10
Port 3	135.20

## 11.8 Station Spatiale « Roue Lunaire »

Il s'agit d'une grande station spatiale fictive située en orbite autour de la lune. Elle se compose d'une roue attachée à un hub central par deux bras faisant office de rayons. La roue a un diamètre de 500 mètres et tourne à la fréquence d'un tour complet 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 pour l'arrimage se fait sur son 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 17.7.

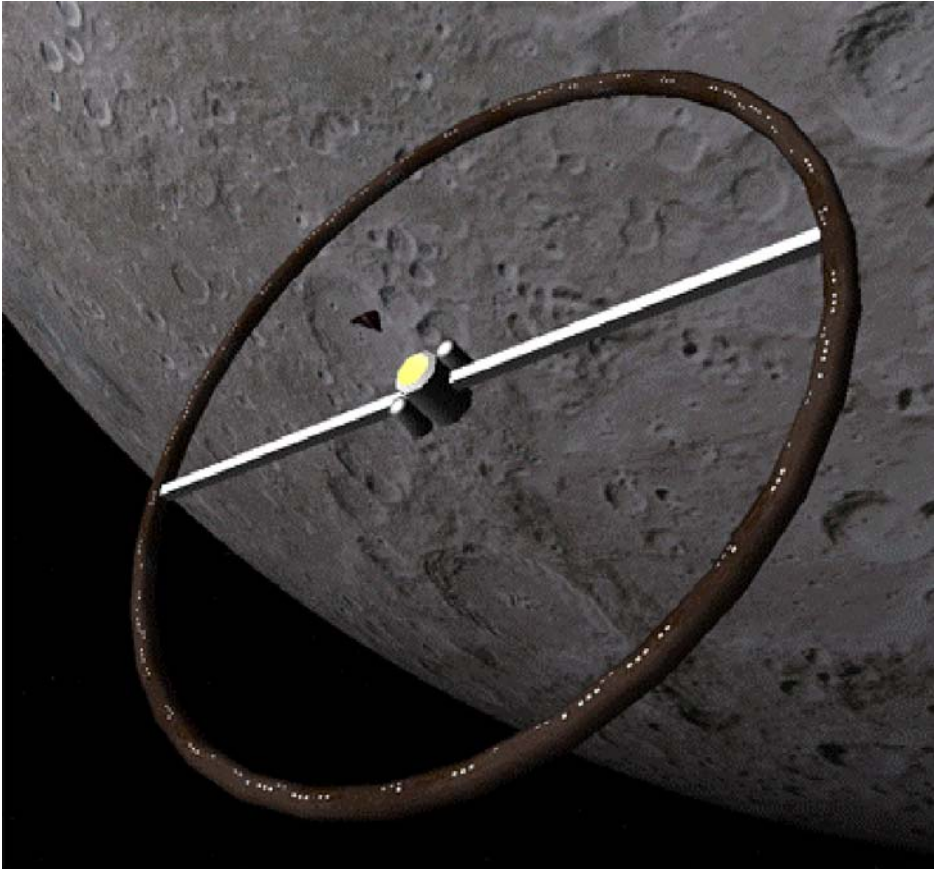


Actuellement, les instruments d'amarrage (MFD-docking) d'Orbiter ne fonctionnent sur des cibles d'amarrage en rotation que si le port d'amarrage du vaisseau est aligné avec l'axe longitudinal de la rotation de la Station. Cette manœuvre est possible avec le Shuttle-A, le Dragonfly et le Delta-glider, 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 les suivants :

Port 1	: 136.00
Port 2	: 136.20



*Modèle 3D  
et textures par  
Martin Schweiger*

## 11.9 Télescope Spatial Hubble

Le Télescope Spatial Hubble (HST) est l'élément du programme Grandes Observations Astronomiques dans le visible, l'ultraviolet et le proche infrarouge. Ce télescope fournit une meilleure résolution et magnitude par rapport aux télescopes situés sur le sol. Les objectifs du HST sont les suivants: (1) étudier 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) étudier l'histoire et l'évolution de l'univers; et (4) fournir une plateforme d'observation astronomique optique basée dans l'espace pour le 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 qui ne permettait pas d'avoir des images nettes comme prévu. 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.



*Modèle 3D  
et textures par  
Don Gallagher*

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 améliorés. (Ainsi que le remplacement d'autres composants du satellite). Une seconde mission de maintenance en Mars 1997 a permis l'installation de deux nouveaux instruments pour l'observatoire Spatial.

Orbiter fournit plusieurs scénarios de mission pour la Navette Spatiale pour des missions de déploiement et des missions de récupération de ce satellite. Pour la manipulation et le chargement dans la Navette, voir le chapitre précédent 10.5.

### Touches de contrôle spécifiques au HST:

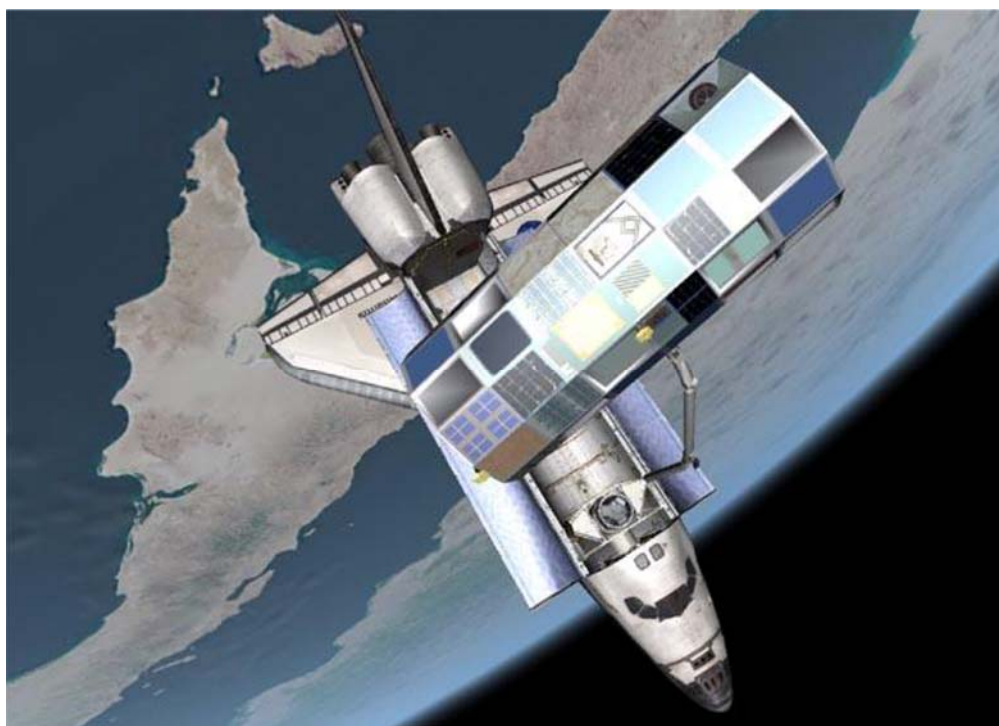
<b>Ctrl 1</b>	Déploie ou rétracte l'antenne à gain élevé
<b>Ctrl 2</b>	Ouvre ou ferme l'écouille du télescope
<b>Ctrl 3</b>	Déploie ou replie les panneaux solaires

## 11.10 Satellite LDEF

LDEF = Long Duration Exposure Facility (en anglais) = Équipement d'Exposition de Longue Durée (en français)

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

Le LDEF constitue un bon support pour l'entraînement aux missions de déploiement et de récupération de satellites dans Orbiter.



*Meshe du LDEF  
Par  
Don Gallagher.*



## 12 Informations sur les objets


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

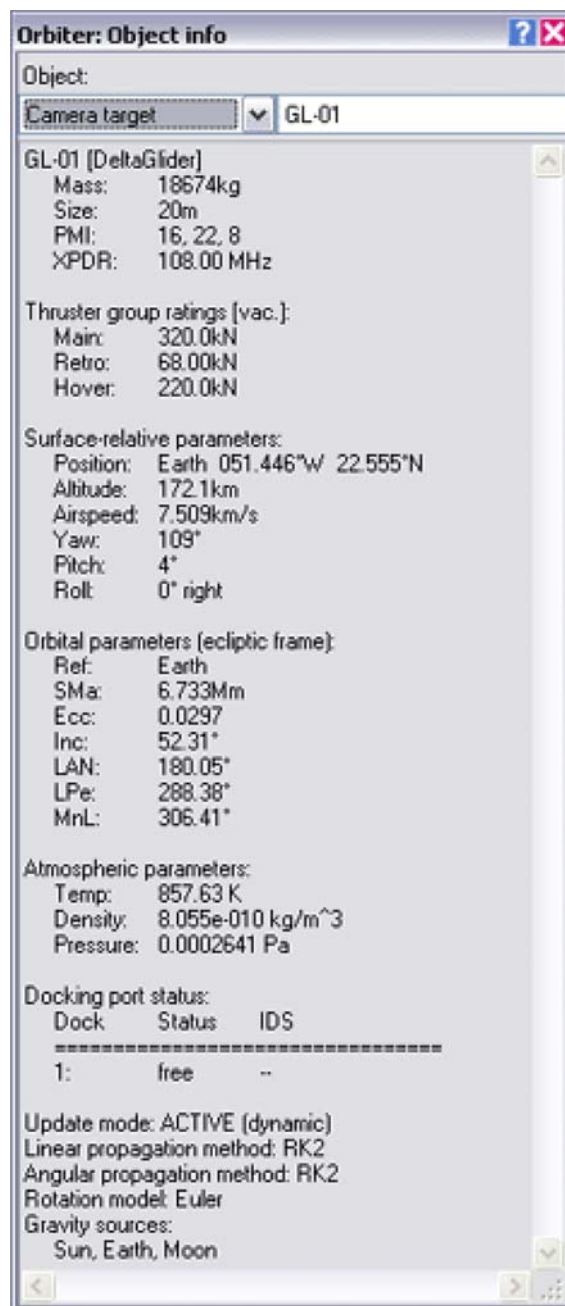
- L'objet cible en cours (Sélectionnez *Objet* → *Camera target*)
- Le ou les vaisseaux (Sélectionnez *Objet* → *Vessel*)
- Les bases spatiales de lancement (Sélectionnez *Objet* → *Spaceport*)
- Les objets célestes (soleil, planètes, satellites) (Sélectionnez *Objet* → *celestial body*)

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**.

### 12.1 Informations sur les vaisseaux

Sélectionnez comme objet " Vessel ", et choisissez un des vaisseaux spatiaux de la session en cours dans la liste. La fenêtre d'information des vaisseaux et des stations spatiales contient les éléments suivants :

- Masse actuelle et taille.
- Moment d'inertie principal (PMI).
- Fréquence du transpondeur.
- Estimations des valeurs de poussée-moteur dans le vide.
- Position équatoriale (longitude et latitude) par rapport à la planète autour de laquelle on est en orbite, altitude et vitesse.
- Position par rapport à l'horizon (angles de roulis, de tangage, et de 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).
- Température, densité et pression de l'atmosphère.
- Statut du port d'arrimage, si applicable (libre / vaisseau arrimé, fréquence du transmetteur du système d'arrimage. (  [IDS] = *Instrument Docking System* = *Système d'Instrumentation pour l'Amarrage*).
- mode de propagation du temps (en vol, posé, mises à jour dynamique ou stable de l'intervalle de temps) et sources actuelles de champ de gravitation.

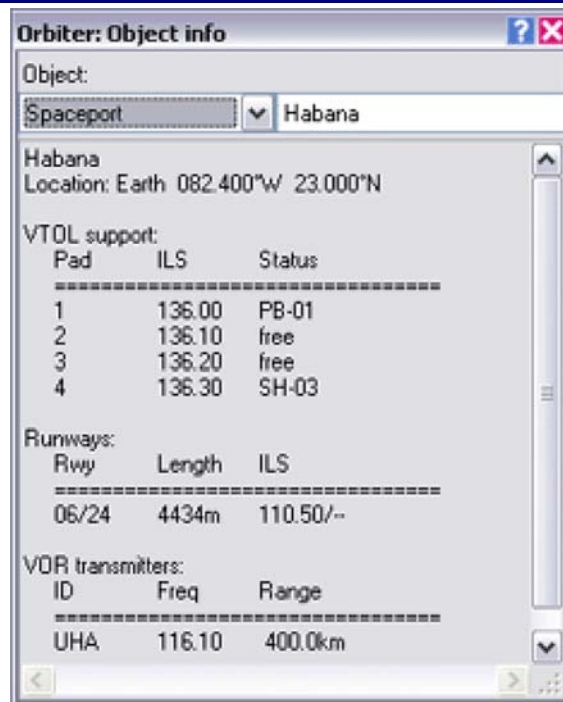




## 12.2 Informations sur les ports spatiaux

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

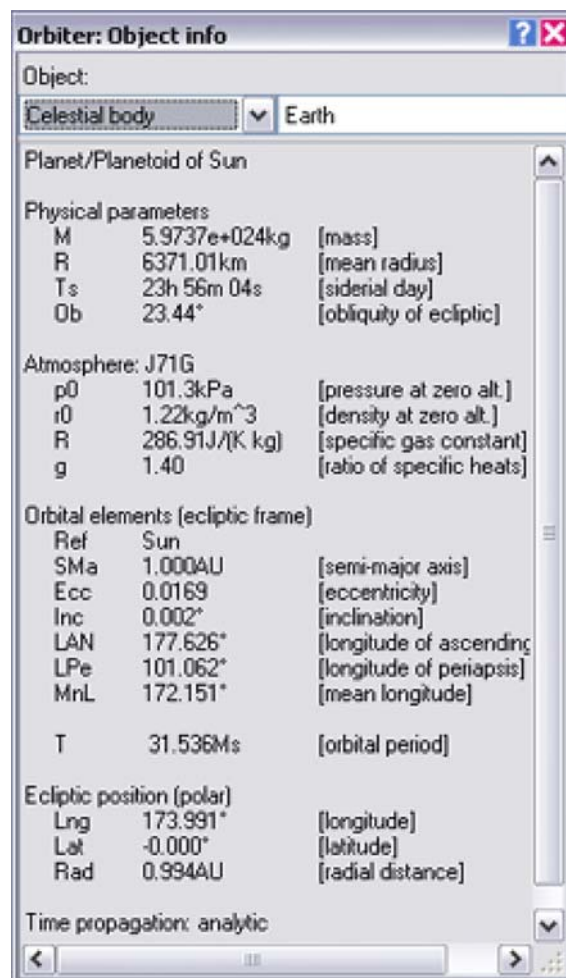
- ▶ Planète, satellite, et coordonnées de sa position équatoriale (longitude et latitude)
- ▶ Statut du site ou Pad d'atterrissage ( libre, occupé par un vaisseau, et fréquence des l'émetteur du signal d'approche de piste [ILS] )
- ▶ Information sur la ou les pistes (orientation, longueur, et fréquence de l'émetteur ILS)
- ▶ Fréquence et distance de portée pour tout émetteur VOR (*Very high frequency Omnidirectional Radio*) du centre spatial.



## 12.3 Informations sur les corps célestes

Sélectionnez comme 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 de l'atmosphère (si applicable)
  - Pression atmosphérique au sol (p0)
  - Densité atmosphérique au sol (r0)
  - Constante spécifique du gaz (R)
  - Taux de chaleur spécifique cp/cv (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 actuelle sur l'écliptique en coordonnées polaires (longitude, latitude et rayon) relative au corps céleste actuel.
- ▶ Position céleste géocentrique (ascension droite et déclinaison)



## 13 Les différents modes caméra

Le système solaire dans Orbiter contient une grande variété d'objets, incluant les planètes et leur(s) satellite(s), des vaisseaux spatiaux, et des sites de lancement (ou bases spatiales). Vous pouvez jeter un œil à tous ces éléments en sélectionnant et en ajustant un mode caméra. Pour ouvrir la boîte de dialogue des différents modes de caméra, appuyez sur **Ctrl F1**. Vous pouvez maintenant faire les actions suivantes:

- ▶ Orienter la vue caméra vers une nouvelle cible, en sélectionnant un objet dans la liste, puis en cliquant sur le bouton **Apply** (*Appliquer*).
- ▶ Aller vers l'objet actif actuel en vue externe ou en vue cockpit, en cliquant sur le bouton **Focus Cockpit** ou sur le bouton **Focus Externe**. (Raccourcis : **F1**)
- ▶ Sélectionner le mode de vue extérieur ou le mode de vue caméra au sol en cliquant sur l'onglet **Track** (Raccourci **F2**) ou sur l'onglet **Ground**.
- ▶ Changer la taille du champ de vision de la caméra (FOV) en cliquant sur l'onglet **FOV** (Raccourci : **W** et **X**) pour un zoom en continu, et **Ctrl W** et **Ctrl X** pour un zoom pas-à-pas.
- ▶ Sauver ou rappeler un mode caméra dans une liste de présélections en cliquant sur l'onglet **Preset**.



### 13.1 Vue interne

En vue interne (*cockpit*), vous êtes placé à l'intérieur du cockpit de votre vaisseau spatial et vous regardez vers l'avant de l'appareil. Le tableau de bord (*panel*), l'affichage tête haute (HUD) et les écrans d'affichage multifonctions (MFD) ne sont visibles qu'en vue interne. Pour revenir au cockpit depuis n'importe quelle vue externe, appuyez sur **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. Appuyez sur **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 vue par défaut, Appuyez sur la touche **Defaut** du clavier curseur (située au dessus de la touche **Fin**).



Les tableaux de bord 2D peuvent être déplacés avec les touches **↑** **↓** **→** **←**. C'est très utile si le panel est plus grand que votre fenêtre de Windows, ou pour faire défiler le panel afin de pouvoir voir la partie se trouvant en dehors de la fenêtre.

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



Pour de plus amples détails sur le HUD et les différents MFDs, voir les chapitres 14 et 15.

## 13.2 Vue externes (ou extérieures)



Les vues externes (ou à l'extérieur du vaisseau) permettent de voir tous les objets présent dans la simulation du système solaire d'Orbiter : le Soleil, les planètes avec leurs satellites respectifs, ainsi que les vaisseaux spatiaux, les stations orbitales et les bases spatiales.

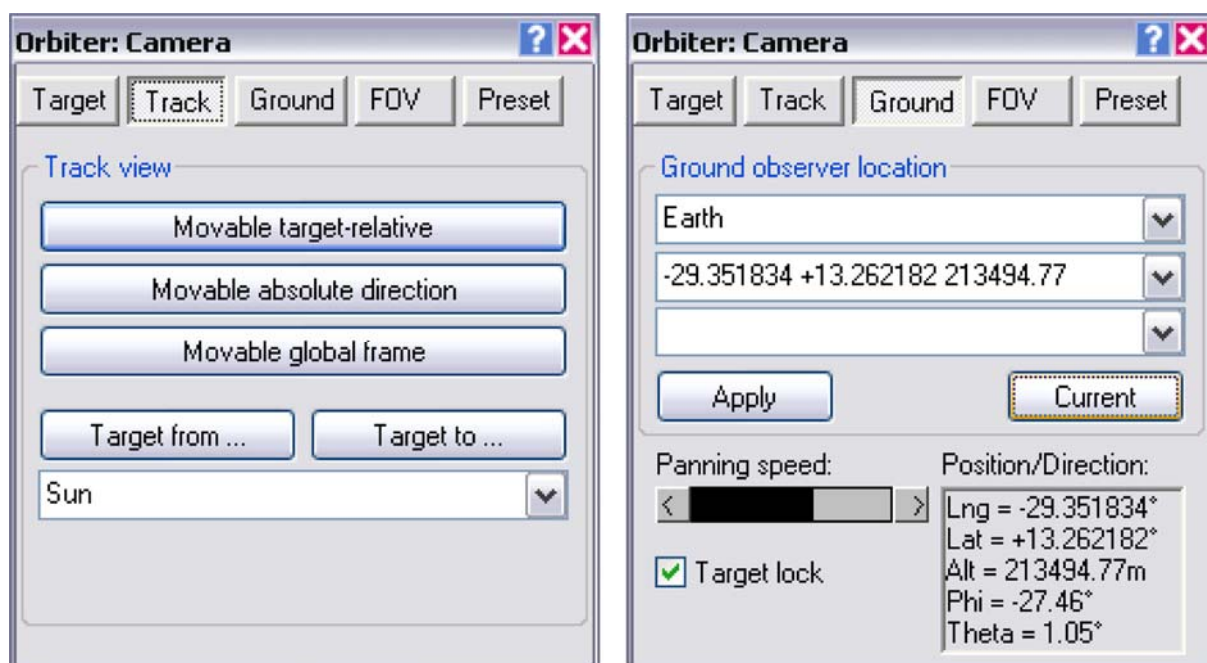
Depuis la vue cockpit, une vue externe du vaisseau actuel peut être sélectionnée en appuyant sur la touche **F1**. D'autres objets peuvent être sélectionnés à partir de la liste des objets cibles dans la boîte de dialogue *Camera* (**Ctrl F1**).

Deux types de modes caméra externe sont disponibles :

**Track view** (*vue de poursuite*) suit l'objet. La caméra peut tourner autour de l'objet cible en utilisant les touches **Ctrl** ↑ ↓ → ←. Les touches  et  éloignent ou rapprochent la caméra de sa cible. Différents modes de poursuite caméra pour les vues externes peuvent être sélectionnés par **F2** ou via l'onglet **Track** dans la boîte de dialogue *Caméra* :

- ▶ **Target-relative** (*relatif à la cible*) : La caméra est fixe dans le plan de rotation local de la cible. Par exemple, en regardant une planète dans ce mode, la caméra pivotera autour de la planète selon uns des axes de rotation de cette planète. **Ctrl** ↑ ↓ → ← vont faire pivoter la caméra autour des axes 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*) : On peut considérer ce mode comme un mélange des deux 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 de la cible.
- ▶ **Target to...** (*cible vers...*) : Position de la caméra telle que l'objet spécifié se trouvera derrière la cible.
- ▶ **Target from...** (*cible depuis...*) : Position de la caméra telle que l'objet spécifié se trouvera derrière la caméra.

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






*Caméra : Sélection d'un mode de suivi (à gauche) ou depuis une vue au sol (à droite).*


**Ground-based views** (*vues depuis le sol*) place la caméra à un point fixe sur la surface de la planète. C'est un bon moyen pour suivre le lancement d'une fusée exactement comme un spectateur, ou bien l'atterrissage d'une



Navette Spatiale comme si observé depuis la tour de contrôle. Pour choisir une vue fixe au sol, sélectionnez l'onglet **Ground** (sol) de la boîte de dialogue Caméra. Vous pouvez maintenant sélectionner une des positions d'observation prédéfinies dans la liste, par exemple "Earth" + "KSC" + "Pad 39 Tower". D'une autre manière, vous pouvez simplement définir la planète, et entrer la position de la caméra manuellement, en indiquant 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 actuelle de la caméra en mode observateur au sol, en cliquant sur **Current**. La longitude, la latitude et l'altitude sont alors entrées automatiquement.

Vous pouvez déplacer la localisation du point d'observation par **Ctrl** , et son altitude par  et . La vitesse à laquelle l'observateur se déplace peut être ajustée avec le curseur **Panning Speed** de la boîte de dialogue, avec des valeurs pouvant aller de 0,1 à 10<sup>4</sup> m/s.

Il y a deux façon de sélectionner l'orientation de la caméra : si la case **Target lock** (cible verrouillée) dans 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 Planètes (Planets) dans la doc [OrbiterConfig.pdf](#) pour voir comment rajouter de nouveaux sites d'observation dans un fichier de configuration d'une planète.

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

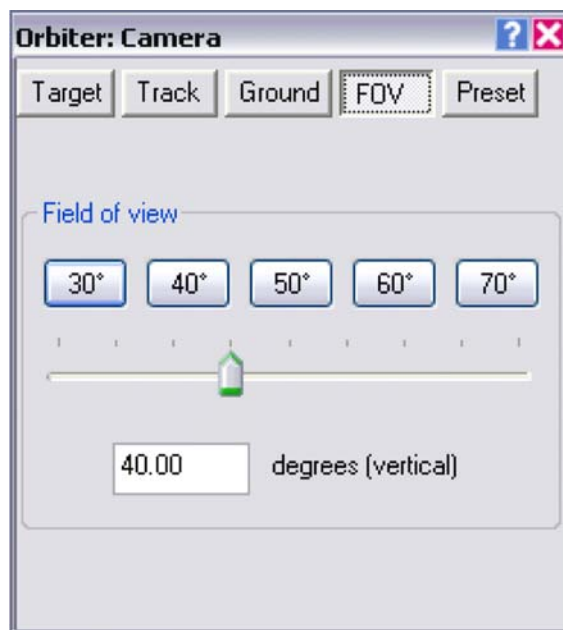
## 13.3 Sélection du champ de vision (FOV)

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

L'angle d'ouverture de la caméra définit la taille du champ de vision (FOV). Il peut être ajusté comme la fonction de zoom d'une caméra.

Pour régler cet angle d'ouverture de la caméra, sélectionnez 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 cet écran. Les valeurs habituelles vont de 40° à 60°, le champ de vision d'un œil humain étant d'environ 49°.

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



Caméra : Sélection du champ de vision

Les touches de raccourcis sont **W** et **X** pour diminuer ou augmenter le FOV de façon progressive, ou **Ctrl W** et **Ctrl X** pour diminuer ou augmenter le FOV par palier. La valeur courante du champ de vision **FoV** est indiquée dans l'affichage du *Statut*, qui se situe au niveau de l'angle supérieur droit de la fenêtre de simulation.





## 13.4 Sauver et récupérer des modes caméra

Orbiter fournit un moyen facile pour sauver et récupérer 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** (*rappeler*).

Pour sauvegarder le mode caméra en cours comme un nouveau préréglage dans la liste, cliquez simplement sur **Add** (*ajouter*). Cela créera une nouvelle ligne avec une courte description.

Pour supprimer un mode, cliquez sur **Delete** (*supprimer*), ou sur **Clear** (*effacer*) pour supprimer la liste complète. (*effacer*).

Chaque entrée mémorise le mode caméra, sa position, sa cible et son ouverture. La liste des positions prédéfinies de caméra est un bon moyen pour préparer un ensemble de prises de vues à l'avance (par exemple pour suivre un lancement) pour ensuite les activer rapidement sans devoir régler les positions manuellement. La liste des positions prédéfinies de caméra peut-être enregistrée avec l'état de la simulation dans un fichier scénario de sorte que ces positions peuvent être partagées ou récupérées par l'intermédiaire d'un fichier scénario.



Caméra : La liste de présélections de mode.

## 14 La vue du cockpit *générique* et ses Affichages

Le mode *vue depuis le 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 personnalisés sous la forme de panels 2D ou de cockpits virtuels en 3D. Dans ce cas, la touche **F8** permet de basculer entre tous ces modes disponibles.

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

Le HUD est allumé ou éteint avec les touches **Ctrl H**. Les différents modes du HUD peuvent être sélectionnés avec la touche **H**.

Les trois modes suivants sont disponibles :

- ▶ **Surface** : Affiche un horizon artificiel et des lignes (repères de tangage), un compas sous la forme d'un ruban, l'altitude et la vitesse-air.
- ▶ **Orbit** : Affiche le plan orbital sous la forme de lignes-repère de tangage, et des repères de vitesse vers l'avant (*prograde*) et vers l'arrière (*rétrograde*).
- ▶ **Docking** : Affiche la distance avec la cible choisie, et des repères de vitesse relative.

Tous les modes du HUD affichent le statut du moteur et du carburant en haut et à gauche de l'écran, ainsi que des informations générales en haut et à droite de l'écran (date actuelle, temps écoulé depuis le début de la session de simulation, vitesse de défilement du temps, valeur du champ de vision).

Deux écrans d'affichage multifonction (MFD) peuvent être affichés indépendamment du mode HUD (voir chapitre 14). Chaque MFD peut avoir jusqu'à 12 boutons de fonction qui se trouvent à la gauche et à la droite du mini écran, et 3 boutons standards sous son bord inférieur.

Les boutons standard sont les suivants :

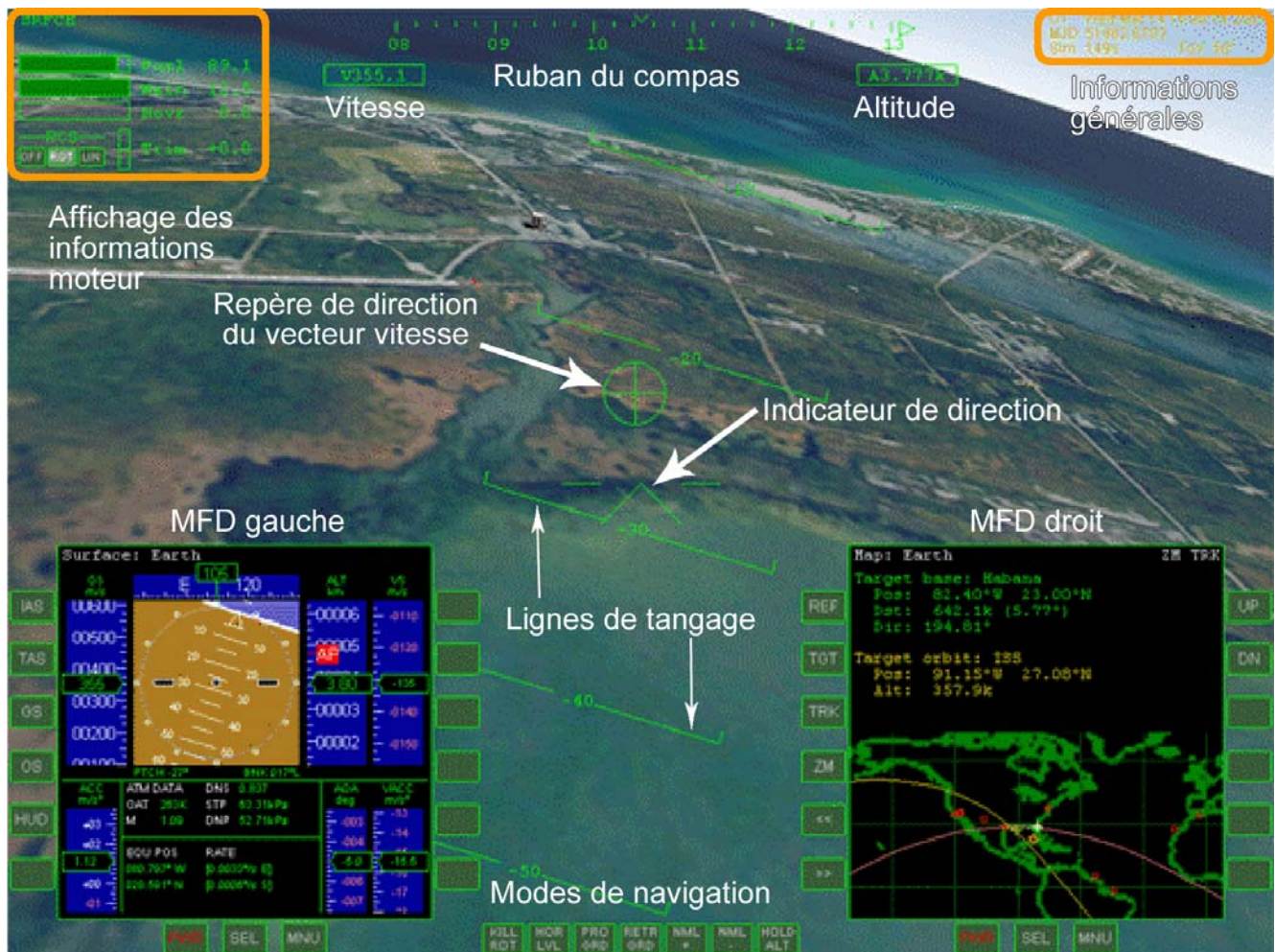
- ▶ **PWR** (*power* = mise sous tension) : allume ou éteint l'affichage du MFD en fonction. Ce bouton est toujours disponible, même si le HUD est mis hors circuit.
- ▶ **SEL** (*select* = sélection) : Affiche l'écran de sélection des différents modes de MFD. Cela permet de choisir le MFD désiré parmi tous ceux qui sont disponibles. Si plus de 12 MFDs différents sont proposés, appuyez sur le bouton **SEL** à plusieurs reprises afin d'afficher page par page la liste de tous les MFD.
- ▶ **MNU** (*menu*) : Affiche un menu sur l'écran expliquant les fonction des différents boutons du MFD actuel, y compris les raccourcis clavier associés.

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



### Précision : 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.



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

## 14.1 Affichage des informations sur les 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.

**Statut du carburant** : La quantité de carburant restant est affichée en tant que pourcentage de tous les réservoirs pleins.

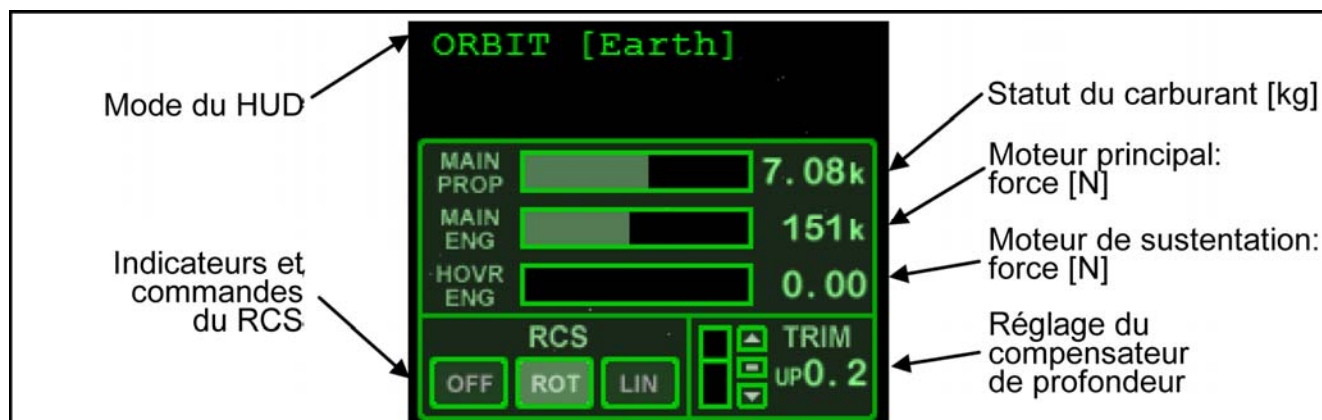
**Moteur principal** : La barre horizontale montre la poussée en cours du moteur principal (ou des rétro fusées) en pourcentage par rapport à sa poussée maximale. Cette barre est en vert pour les moteurs principaux (*prograde*), et en orange pour la poussée des rétro fusées (*rérograde*). La valeur numérique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

**Moteur de sustentation (*hover*)** : S'ils sont disponibles, les moteurs de sustentation sont situés sous le fuselage du vaisseau pour permettre d'aider un vol de surface, en particulier pour un décollage ou un atterrissage. L'affichage est similaire à celui des moteurs principaux.

**Indicateurs / commandes du RCS** : Le RCS (*Reaction Control System* = *Système de Contrôle à Réaction*) 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 du compensateur de profondeur (*trim*)** : Affiche le réglage en cours du compensateur de profondeur (si disponible). La compensation de la profondeur permet d'ajuster les caractéristiques du vol durant un vol atmosphérique.





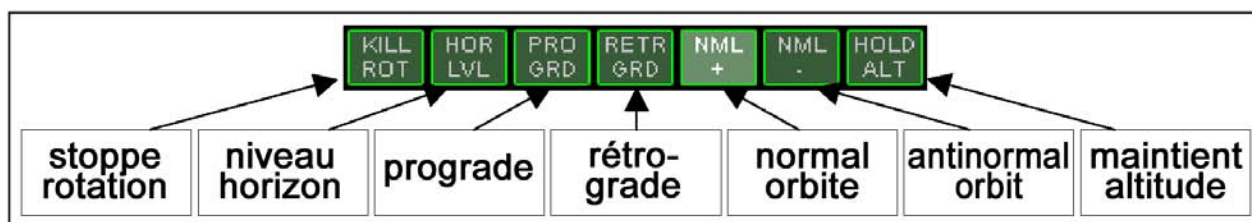
Affichage des informations et des commandes pour les moteurs et pour le carburant.

Pour plus de précisions au sujet des commandes pour les moteurs et le vaisseau, voir le chapitre 16.

## 14.2 Indicateurs et commandes des mode d'orientation

Les indicateurs de mode d'orientation sont représentés par une rangée de boutons situés en bas de l'écran, en affichage cockpit générique. Ils affichent les différents modes possibles d'orientation telles que "orientation prograde" ou bien "arrêt de la rotation". On peut cliquer sur ces boutons avec la souris pour activer ou désactiver un mode d'orientation. Il est à noter que certains types d'engins spatiaux peuvent ne pas prendre en charge tout ou partie de ces modes d'orientation.

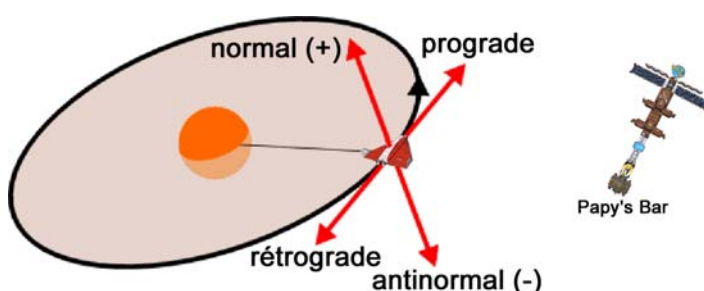
Les indicateurs de mode d'orientation ne sont pas affichés si le HUD est désactivé.



Modes	Raccourci clavier	signification	Action
KILLROT	<b>5</b> <small>clav. num.</small>	<i>Kill Rotation</i> Stoppe Rotation	Stoppe toute rotation du vaisseau (automatique)
HORLVL	<b>L</b>	<i>Horizon Level</i> Niveau Horizon	Maintient le vaisseau en position horizontale par rapport au sol de l'astre survolé
PROGRD		<i>Prograd</i> Prograde	Aligne le vaisseau dans l'axe du vecteur de vitesse, nez vers l'avant
RETRGRD		<i>Retrograd</i> Rétrograde	Aligne le vaisseau dans l'axe du vecteur de vitesse, nez vers l'arrière
NML +	<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)
NML -	<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)
HOLDALT	<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**, **LN+** et **LN-** permettent d'orienter le vaisseau dans une position en 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.


## 14.3 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 l'écran.

Ce mode affiche des lignes horizontales (de tangage) permettant d'indiquer 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 compas en forme de ruban, situé en haut et au centre de l'écran, indique le cap (la direction) de l'engin par rapport au nord géographique. Un marqueur 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 .

## 14.4 Affichage du HUD en mode Orbite





Lorsque le HUD est dans ce mode, vous le verrez indiqué par **ORBIT [ ref ]** affiché en haut et à gauche de votre écran, avec [réf] étant le nom de l'astre référence.

Ce mode affiche 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 sélectionné avec les touches **Ctrl R**.

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

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


Ce mode indique la cible choisie pour l'arrimage (p. ex : station orbitale) par un carré , et affiche son nom et sa distance. Il montre également la direction et la valeur du vecteur-vitesse du vaisseau par rapport à cette cible. 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 direction inverse (la vitesse relative du vaisseau par rapport à la cible) est indiquée par . Si ni aucune de ces deux marques n'est visible, alors la direction de la marque  est indiquée par une flèche. De même, si le repère de la cible est hors écran, sa direction sera montrée par une flèche.

La cible (station orbitale ou autre vaisseau) pour le HUD peut être sélectionnée par les touches **Ctrl R**.

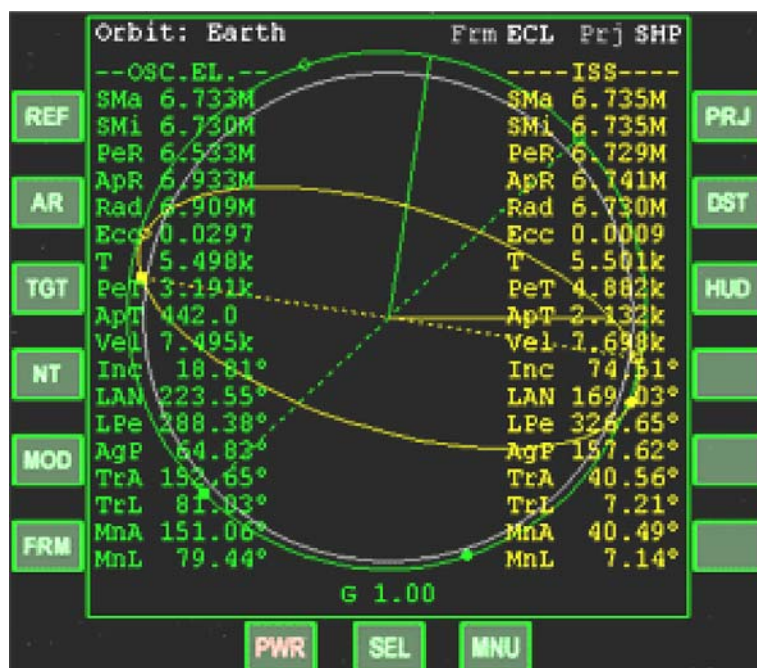
## 15 Les écrans d'affichage multifonction - Généralités

Les écrans d'affichage multifonction (ou MFDs) sont utilisés dans les cockpits de la plupart des avions modernes militaires et civils. Ils combinent la fonction de plusieurs instruments traditionnels associés à de l'avionique informatique dans un format compact, afin de présenter au pilote des données pertinentes et adaptées à la situation en cours d'une façon la plus pratique et la plus claire possible.

Lors d'un vol dans l'espace, le fait de pouvoir fournir au pilote des informations concernant ce vol est crucial, et la Navette Spatiale fait largement appel à ces MFDs. Orbiter utilise le paradigme (\*) des MFDs d'une manière large et générale pour fournir des données sur le vol en fonction du type de vaisseau utilisé.

(\*)  **Note du traducteur** : Un paradigme est une représentation du monde, une manière de voir les choses, un modèle cohérent de vision du monde, qui repose sur une base définie (matrice disciplinaire, modèle théorique ou courant de pensée). En le transposant dans l'univers informatique, un paradigme peut être comparé à un système d'exploitation (Windows, Linux, Mac). C'est en quelque sorte un rail de la pensée dont les lois ne doivent pas être confondues avec un autre paradigme.


Un MFD consiste fondamentalement en un ordinateur avec un écran de forme carré (par exemple un écran à cristaux liquides) et avec un ensemble de commandes pour entrer des données (généralement des boutons disposés tout autour de l'écran). La forme de l'affichage peut varier, mais la fonctionnalité est la même. L'image ci-contre montre un exemple de MFD affiché en mode cockpit générique, disponible pour tous les types de vaisseaux. Il est possible d'afficher deux MFDs 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 d'un HUD devant le pilote.



L'affichage des données se trouve au centre du MFD. Les 12 boutons qui se trouvent le long du bord gauche et du bord droit de l'écran ont chacun une fonction spécifique. Leurs noms peuvent changer en fonction de l'instrument utilisé. Les trois boutons situés le long du bord inférieur du MFD ne changent pas et ont toujours la même fonction, quelle que soit l'instrument en cours.

Tous les MFDs peuvent être utilisés soit en cliquant avec la souris sur un des boutons, soit avec le clavier. Les MFDs sont également contrôlés par des touches utilisées en combinaison avec une des deux touches **Maj**. 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 MFDs affichés, seulement deux d'entre eux peuvent être utilisés avec le clavier, les autres ne peuvent être contrôlés que par la souris.

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

Le bouton **PWR** active et désactive l'affichage du MFD. Le raccourci clavier est **Maj** . En mode *cockpit générique*, le fait d'éteindre le MFD cache aussi tous les boutons (sauf le bouton d'alimentation **PWR**, qui permet de le rallumer).

### Écran sélection

Le bouton **SEL** affiche le mode écran de sélection. Le raccourci clavier est **Maj** **F1**. Chaque MFD fournit des informations pour différentes sortes de modes de navigation ou d'avionique (paramètres de l'orbite, paramètres de surface, aides à l'arrimage et à l'atterrissage, etc...). Pour une liste complète des différents MFD inclus par défaut dans Orbiter, voir les chapitres qui suivent. Il existe de nombreux autres MFDs disponibles en tant que add-ons.

L'écran affiche les différents MFD disponibles en face de chaque bouton **>**. Pour sélectionner un MFD, il suffit de cliquer avec la souris 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**).

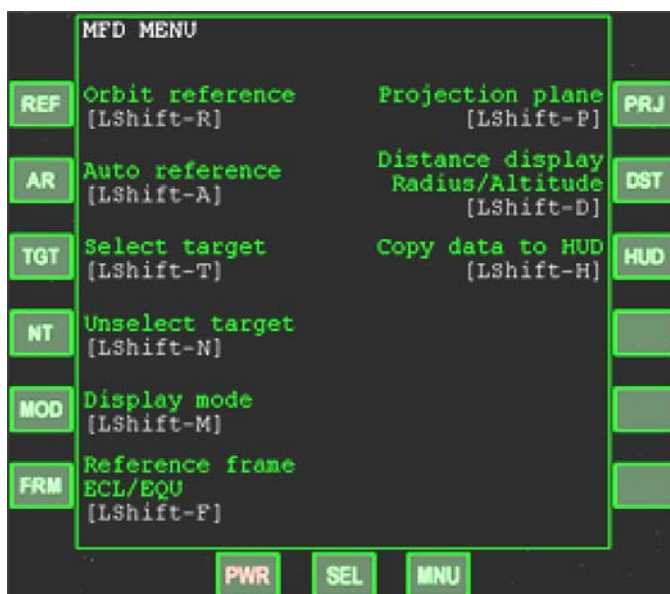
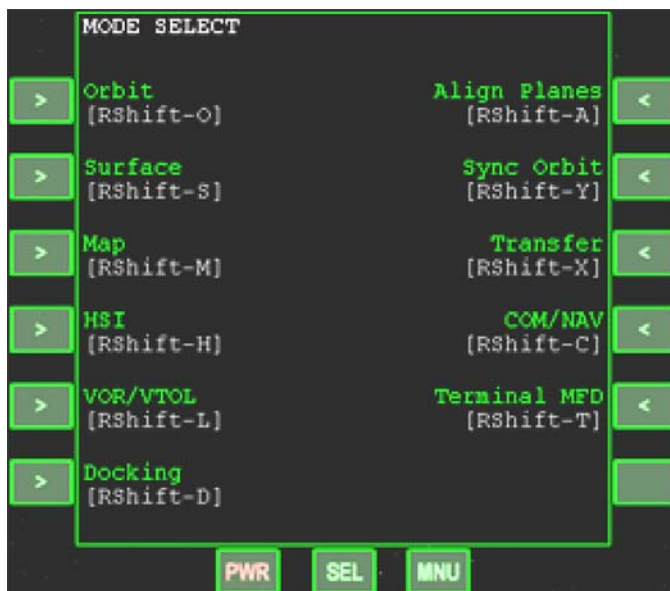
S'il a plus de MFDs que de boutons pouvant être affichés sur une seule page, en appuyant à plusieurs reprises sur **SEL** (ou sur **Maj F1**), vous pourrez voir tous les MFDs disponibles. Le fait d'appuyer sur **SEL** après la dernière page vous fera retourner au MFD précédemment sélectionné. Notez que 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 en cours.

## Les boutons de fonction

La fonction des boutons à gauche et à droite de l'écran dépend du MFD, et leurs nom sera changé en conséquence. Examinez les descriptions des différents MFDs dans les chapitres suivants pour connaître les affectations des différents boutons selon le MFD. Pour les MFDs supplémentaires (add-ons), veuillez consulter 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.

Les boutons de fonction peuvent également être activés avec touche **Maj** + "touche". En appuyant sur le bouton **MNU** situé sous le bord inférieure de l'écran, celui-ci passera en mode *menu* (le raccourci clavier est **Maj 2** touche au dessus de TAB **⇧**), où une brève description de chaque bouton de fonction est affichée, avec le raccourci clavier correspondant. En appuyant à nouveau sur le bouton **MNU** (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 MFDs disposent de 12 boutons de fonction, mais cela peut varier. Si un MFD a plus de fonctions définies que de boutons, en appuyant à plusieurs reprises sur **MNU**, de nouvelles pages seront disponibles avec d'autres boutons et donc d'autres ensembles de fonctions.



Les thèmes de couleurs par défaut pour les écrans MFD peuvent être modifiés en éditant le fichier-texte *Config/MFD/default.cfg*. Notez que certains MFD-add-on peuvent remplacer les paramètres par défaut.

Vous trouverez dans les chapitres suivants une description des MFD standards présents et inclus dans la version actuelle d'Orbiter. Voyez aussi le chapitre 25 pour un récapitulatif simplifié de leurs différentes commandes.

## 15.1 Le récepteur COM/NAV et son réglage

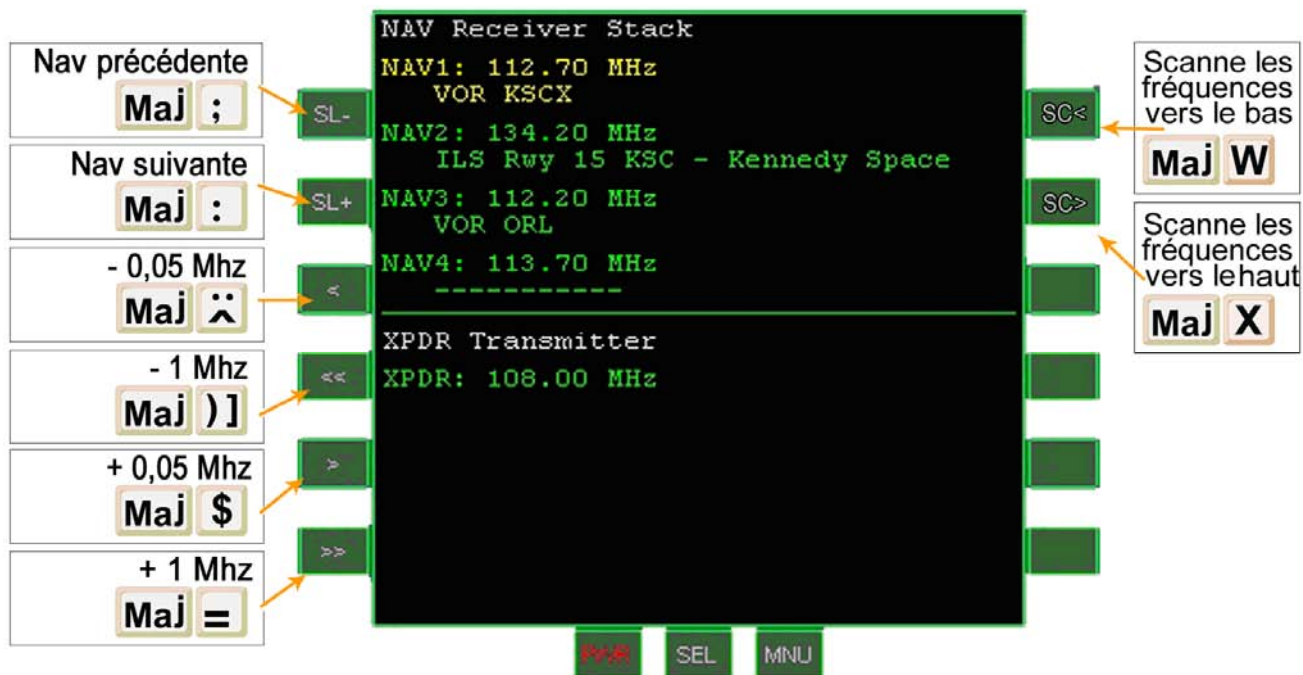
Le MFD COM/NAV est une interface de navigation radio pour le vaisseau qui fournit des données aux instruments de navigation. Il permet également de sélectionner la fréquence du transpondeur du vaisseau qui envoie un signal permettant de l'identifier. Ce mode est activé par **Maj C** ou par le menu de l'écran en mode sélection (**Maj F1**).

Ce MFD liste les fréquences et les signaux de toutes les balises radios NAV (de 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 sera affiché en surbrillance jaune (voir image ci-dessous).

### 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
<b>Maj W</b>	Scanne les fréquences en les diminuant
<b>Maj X</b>	Scanne les fréquences en les augmentant

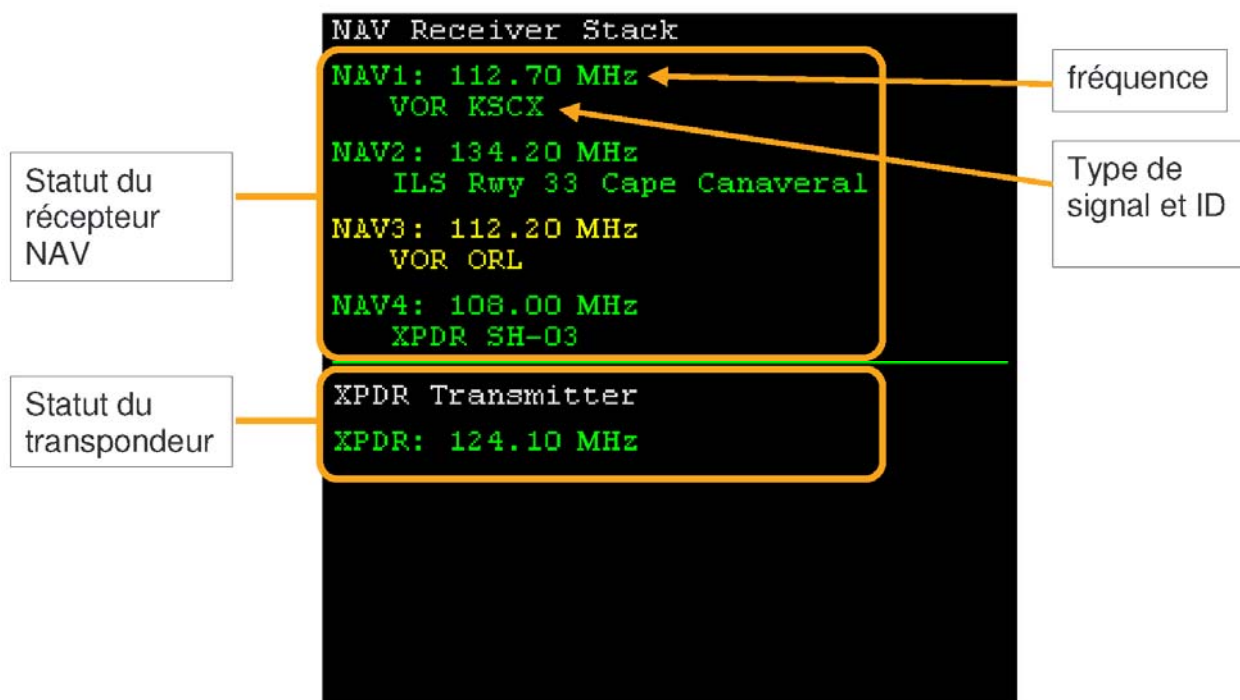
### Fonction des Boutons:





## Détails sur l'affichage de l'écran du MFD:

L'écran du MFD est divisé en 2 parties : la partie statut du récepteur NAV qui affiche la liste des fréquences disponibles pouvant être reçues par le récepteur du vaisseau, et la partie statut du transpondeur (XPDR) montrant la fréquence émise par le transpondeur du vaisseau courant.

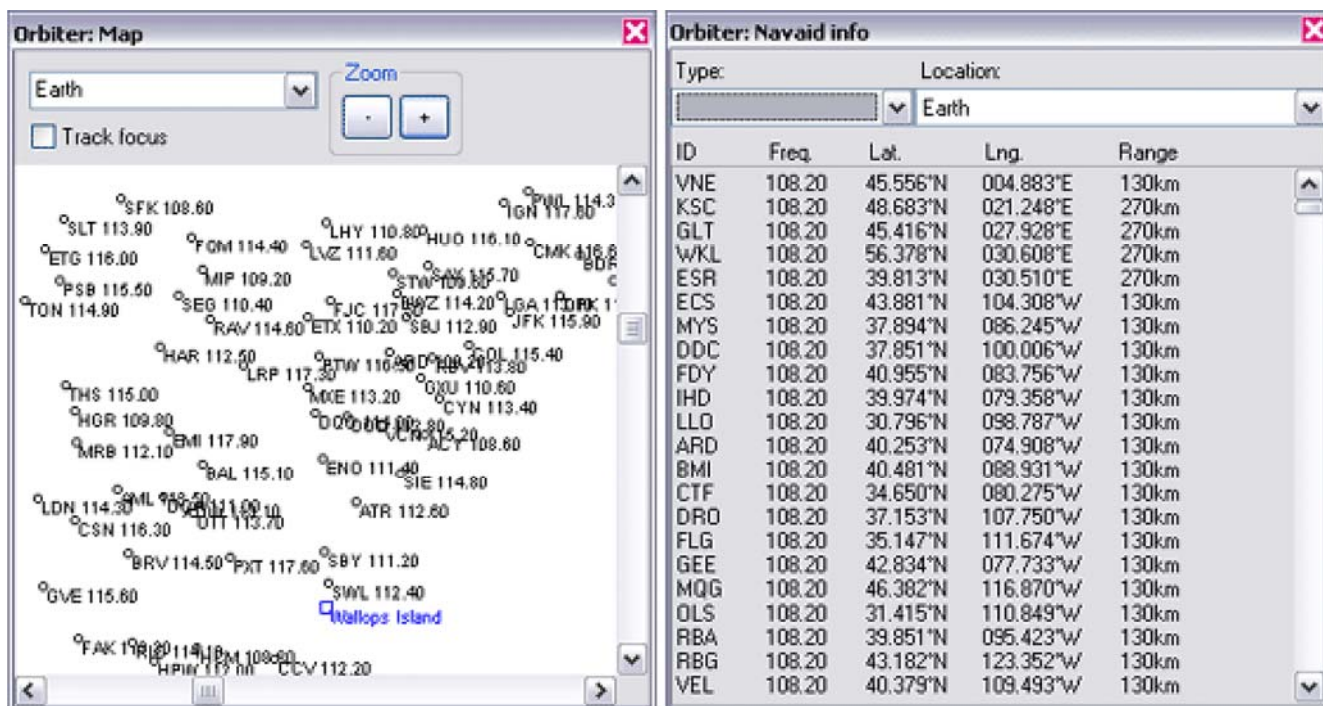


Les fréquences des émetteurs sélectionnés sont ajustables par incrément de 1 MHz avec **Maj** **)]** et **Maj** **=**, et par incrément de 0,05 kHz avec **Maj** **Δ** et **Maj** **\$**, dans une plage qui va de 85,00 MHz à 140,00 MHz. Si un transmetteur NAV se trouve dans ces valeurs, l'instrument affichera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

Vous pouvez parcourir toute la plage des fréquences avec **Maj** **W** (vers les valeurs inférieures) et avec **Maj** **X** (vers les valeurs supérieures). Le balayage s'arrête dès qu'un signal a été détecté.

### Remarques :

- ▶ Certains instruments comme le MFD-*Décollage/Atterrissage* fonctionnent en liaison avec un récepteur NAV, et ne fonctionneront uniquement que si un signal approprié est disponible. Ceci diffère des précédentes versions d'Orbiter, où les données de référence étaient obtenues automatiquement.
- ▶ Les fenêtres de dialogue *Object Info* (**Ctrl** **I**, voir chapitre 11.2), *Navaid Info* (**Ctrl** **N**) et *Map* (**Ctrl** **,**) sont des outils très utiles pour obtenir les fréquences des transmetteurs de navigation (*navaid*) tel que les balise VOR et ILS, ou encore celle d'un transpondeur (émetteur) d'un vaisseau.
- ▶ Les positions et les fréquences des stations VOR situées à proximité 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**).



Fenêtres de dialogue Carte (Map) et Navaid info, avec les fréquences des VOR et des ILS.

## 15.2 Le MFD Orbite

Le MFD en mode orbite (*orbit*) affiche une liste d'éléments et de paramètres qui caractérisent l'orbite du vaisseau autour d'un astre, ainsi qu'une représentation graphique de cette orbite. De plus, un objet cible (autre vaisseau, station orbitale ou satellite) en orbite autour de ce même astre peut être sélectionné, et ses paramètres orbitaux seront également affichés. 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 engins spatiaux correspondant à l'état du vecteur-vitesse de l'instant présent pour chaque vaisseau, par rapport au corps céleste considéré. Les paramètres de l'orbite peuvent changer avec le temps en raison de l'influence de certains effets perturbateurs (sources de gravité supplémentaire, distorsions du champ gravitationnel de la planète en raison de sa forme non sphérique, freinage 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 et 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, et est utile pour une orbite basse ou des manœuvres allant de la surface de l'astre vers une mise en orbite. Utilisez **Maj F** pour basculer entre les deux plans de référence. Le mode en cours est affiché dans la ligne supérieure de l'écran **Frn.**

Le plan sur lequel les orbites sont projetées peut être sélectionné avec **Maj P**. Le plan de projection en cours est indiqué en haut et à droite de l'affichage **Prj.** **ECL** ou **EQU** entraînent la projection de ce plan respectivement sur le plan de l'écliptique ou sur le plan équatorial. **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 celles de son apogée et de son périée, peuvent être affichées de deux façons différentes :

- Distances planétocentriques (depuis le centre de l'astre), indiquées respectivement par **Rad**, **ApR**, **PeR**.
- Altitudes au dessus de la surface de l'astre, indiquées respectivement par **Alt**, **ApA**, **PeA**

Utilisez **Maj D** pour basculer d'un mode à l'autre.

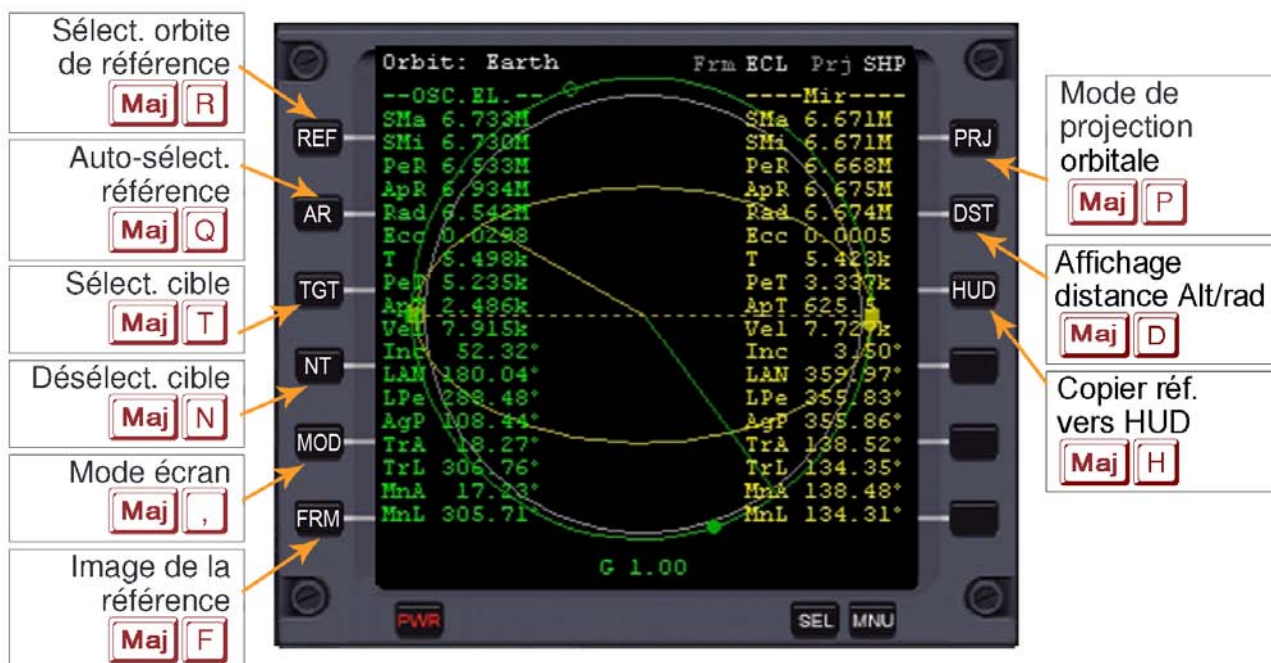
**Maj T** ouvre un menu pour pouvoir désigner un objet cible. Seules les cibles qui se trouvent en orbite autour du même astre seront acceptées. L'affichage de la cible peut être désactivé avec **Maj N**.

L'action sur les touches **Maj H** basculera le HUD du vaisseau en mode *Orbite* et va associer directement l'objet référence du MFD avec le HUD. C'est bien plus pratique que de sélectionner directement la référence du HUD avec **Ctrl R**.

## Raccourcis clavier et Boutons du MFD :

<b>Maj Q</b>	<b>AR</b>	Auto-sélection de l'objet de Référence.
<b>Maj D</b>	<b>DST</b>	Bascule la valeur du rayon, de l'apogée et du périégée entre celle de la <b>Distance</b> par rapport au <i>centre</i> de l'astre et celle de l' <b>Altitude</b> par rapport à la <i>surface</i> de l'astre.
<b>Maj F</b>	<b>FRM</b>	Bascule le plan (image ou <b>frame</b> ) de référence entre : écliptique, équateur, ou objet de référence.
<b>Maj H</b>	<b>HUD</b>	Règle le <b>HUD</b> en mode <i>Orbite</i> et intègre les <i>références</i> du MFD orbite.
<b>Maj ,</b>	<b>MOD</b>	Change le <b>mode</b> d'affichage de l'écran : (liste seule, graphiques seuls ou les deux en même temps).
<b>Maj N</b>	<b>NT</b>	Pas d'affichage d'orbite de cible. ( <b>No Target</b> )
<b>Maj P</b>	<b>PRJ</b>	change le mode de <b>projection</b> de l'orbite : (référence globale, plan orbital de la cible et du vaisseau).
<b>Maj R</b>	<b>REF</b>	Sélection d'un nouvel objet céleste de <b>référence</b> (planète ou satellite).
<b>Maj T</b>	<b>TGT</b>	Ouverture d'un menu pour la sélection d'une cible. ( <b>target</b> )

## Boutons de contrôle du MFD :



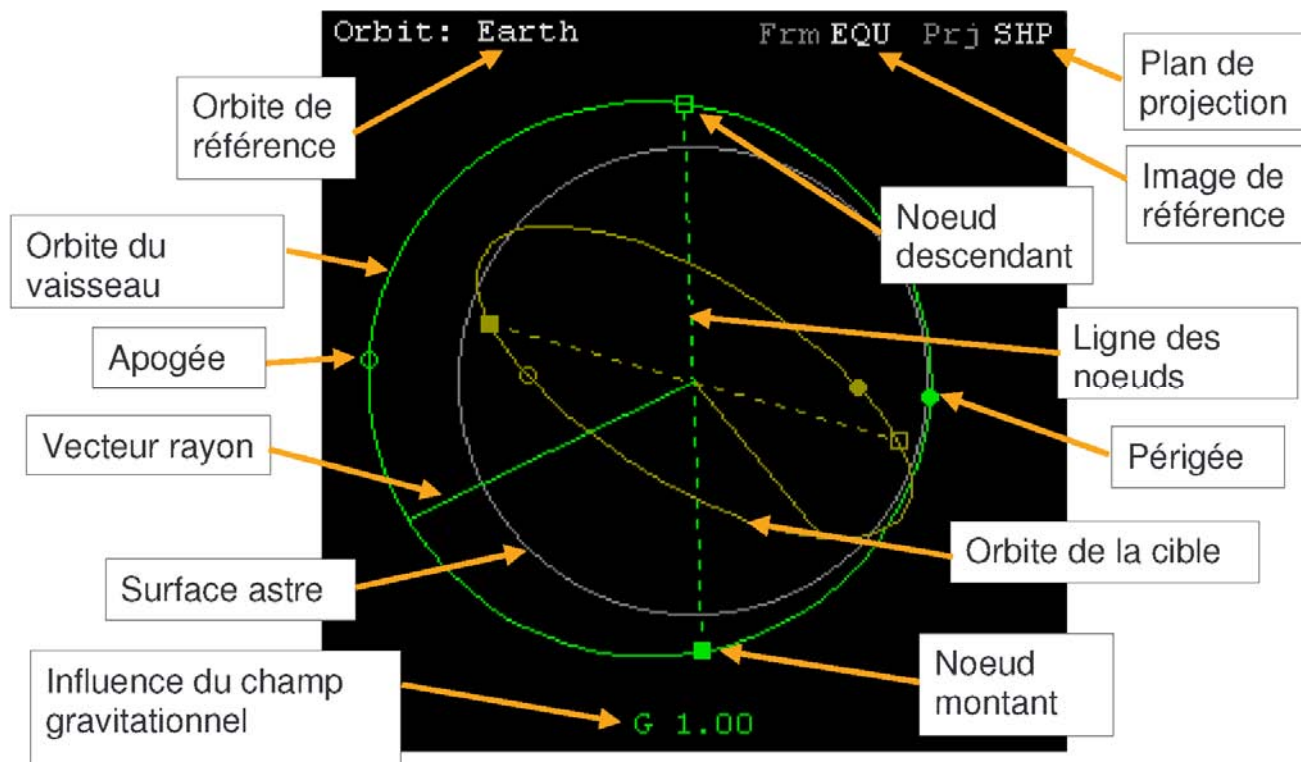
## Indications affichées sur l'écran du MFD :

### 1. Mode de visualisation graphique

En mode graphique, le MFD-orbite affiche l'orbite du vaisseau (en vert) et accessoirement l'orbite d'un objet cible (en jaune) autour de l'astre de référence (sa surface est représentée en gris). L'écran affiche aussi la position actuelle du vaisseau (vecteur rayon), le périégée (point le plus bas de l'orbite) et l'apogée (point le plus élevé de l'orbite), les nœud ascendant et descendant, par rapport au 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 dans la colonne de gauche du MFD (en vert). Si une cible est sélectionnée, les paramètres de cette cible seront affichés (en jaune) dans la colonne de droite. Les données font référence à la projection sélectionnée, et donc, par conséquent, ils changeront lorsque vous basculerez vers une projection écliptique (ECL) ou équatoriale (EQU).

	Référence orbitale	Image de référence
	Orbit: Earth	FrM EQU
	---SELF---	--TARGET--
Demi-grand axe	SMa 7.647M	SMa 6.731M
Demi-petit axe	SMi 7.551M	SMi 6.731M
Distance Périogée	PeD 6.440M	PeD 6.725M
Distance Apogée	ApD 8.855M	ApD 6.737M
Excentricité de l'orbite	Rad 8.639M	Rad 6.731M
Durée de l'orbite	Ecc 0.1579	Ecc 0.0009
Temps avant passage au périogée	T 6.655k	T 5.496k
Temps avant passage à l'apogée	PeT 2.590k	PeT 1.428k
Vitesse orbitale	ApT 5.917k	ApT 4.176k
Inclinaison du plan orbital	Vel 6.337k	Vel 7.695k
Longitude du nœud montant	Inc 31.91°	Inc 51.56°
Longitude du périogée	LAN 272.09°	LAN 166.26°
Argument du périogée	LPe 355.87°	LPe 6.74°
Anomalie vraie	AgP 83.78°	AgP 200.48°
Longitude vraie	TrA 209.89°	TrA 266.36°
Anomalie moyenne	TrL 205.76°	TrL 273.10°
Longitude moyenne	MnA 219.92°	MnA 266.46°
	MnL 215.79°	MnL 273.20°
	G 1.00	
	Eléments du vaisseau	Eléments de la cible
	Influence du champ gravitationnel	



## Légende :

- ▶ Demi grand axe (*semi-major axis*) : Le demi-diamètre (donc le rayon) le plus long d'une orbite elliptique.
- ▶ Demi petit axe (*semi-minor axis*) : Le demi-diamètre (donc le rayon) le plus court d'une orbite elliptique.
- ▶ Périastre (*periasis*) : Le point le plus bas d'une orbite. (Pour l'orbite terrestre, on l'appelle aussi périégée. Pour une orbite solaire, on l'appelle aussi périhélie).
- ▶ Apoastre (*apoapsis*) : Point le plus élevé d'une orbite. (Pour l'orbite terrestre, on l'appelle aussi apogée. Pour une orbite solaire, on l'appelle aussi aphélie).
- ▶ Nœud montant (*ascending node*) : Point où l'orbite passe par le plan de référence (plan de l'écliptique ou plan équatorial) en venant du "bas".
- ▶ Nœud descendant (*descending node*) : Point où l'orbite passe par le plan de référence (plan de l'écliptique ou plan équatorial) en venant du "haut".
- ▶ Vecteur rayon (*radius vector*) : Vecteur de la position actuelle du vaisseau, dirigé vers l'astre de référence, ou rayon par rapport au centre de l'astre.

Pour des explications supplémentaires au sujet des *éléments orbitaux*, reportez-vous au chapitre *Annexe C*.

Pour les orbites hyperboliques (c'est-à-dire non périodiques), les paramètres suivants sont interprétés d'une façon particulière :

**Sma** : demi axe (*semi axe*) réel  $a$  : distance depuis les coordonnées d'origines (définies par l'intersection des asymptotes de l'hyperbole) 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 (*time = 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 de l'hyperbole.

## Influence du champ de gravité G

La valeur **G** qui se trouve en bas de l'écran du MFD montre l'influence relative du champ de gravité de l'astre de référence actuel sur la position actuelle du vaisseau. Cette valeur peut être utilisée pour estimer la fiabilité du calcul de l'orbite Képlérienne(\*) concernant deux corps. Pour des valeurs de G proches de 1, l'approximation pour un système à deux corps est relativement précise. Pour des valeurs plus faibles, l'orbite réelle va s'écarter de l'analyse du calcul, résultant en un changement des éléments orbitaux au fil du temps.

Tel un indicateur d'alarme, l'affichage de la valeur du **G** passe au **jaune** pour une valeur inférieure à 0,8, et au **rouge** si l'objet de référence sélectionné n'est pas le principal facteur contribuant au champ de pesanteur. Dans ce cas, **Maj Q** permettra de sélectionner l'objet dominant.



### (\*) Note du Traducteur :

Képlérien(ne) : terme 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 élliptique 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 élliptiques ou circulaires.



## 15.3 VOR/VTOL



**VOR** = *Very high frequency Omnidirectional Range* = émetteur de radio navigation omnidirectionnel.

**VTOL** = *Vertical Take Off and Landing* = Décollage et atterrissage vertical.

Le MFD VOR/VTOL est un instrument de navigation utilisé pour le vol au dessous des surface des planètes, et pour les décollages et les atterrissages depuis celles-ci. En plus des indications d'altitude et de vitesse, il peut afficher un indicateur graphique de la position relative d'une balise radio émettrice VOR.

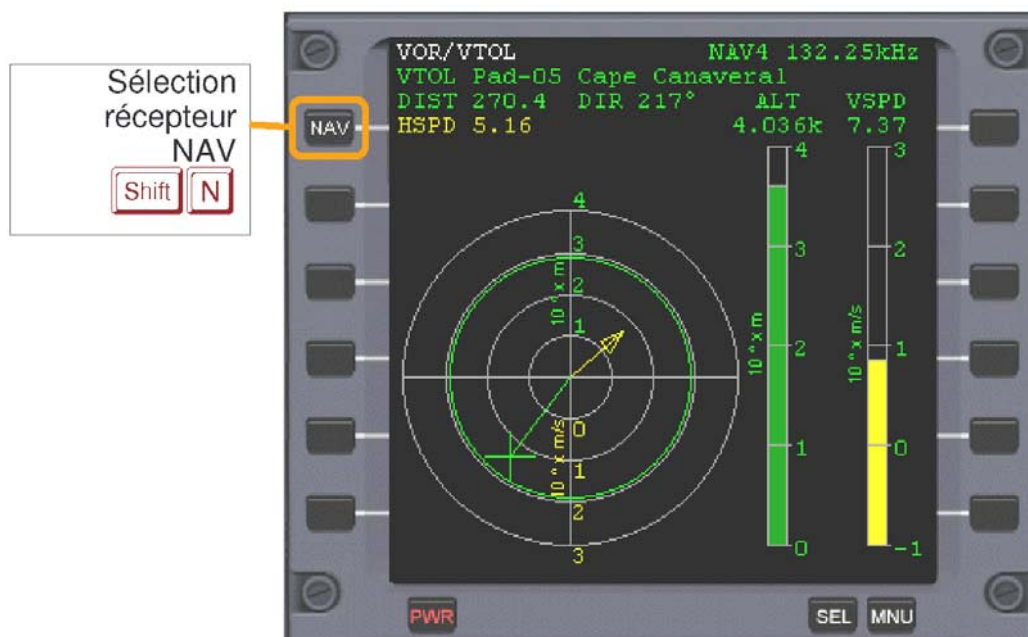
Ce MFD peut être associé à l'un des récepteur NAV d'un vaisseau. Le récepteur en cours et sa fréquence sont affichés en haut et à droite de l'écran. Si un signal est capté, l'ID (**i**dentification ou désignation) de l'émetteur est affiché sur la seconde ligne. Si le vaisseau possède plus d'un récepteur NAV, un récepteur différent peut être sélectionné par **Maj N**. Pour régler la fréquence du récepteur, utiliser le MFD COM/NAV (voir chapitre 14.1).

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.

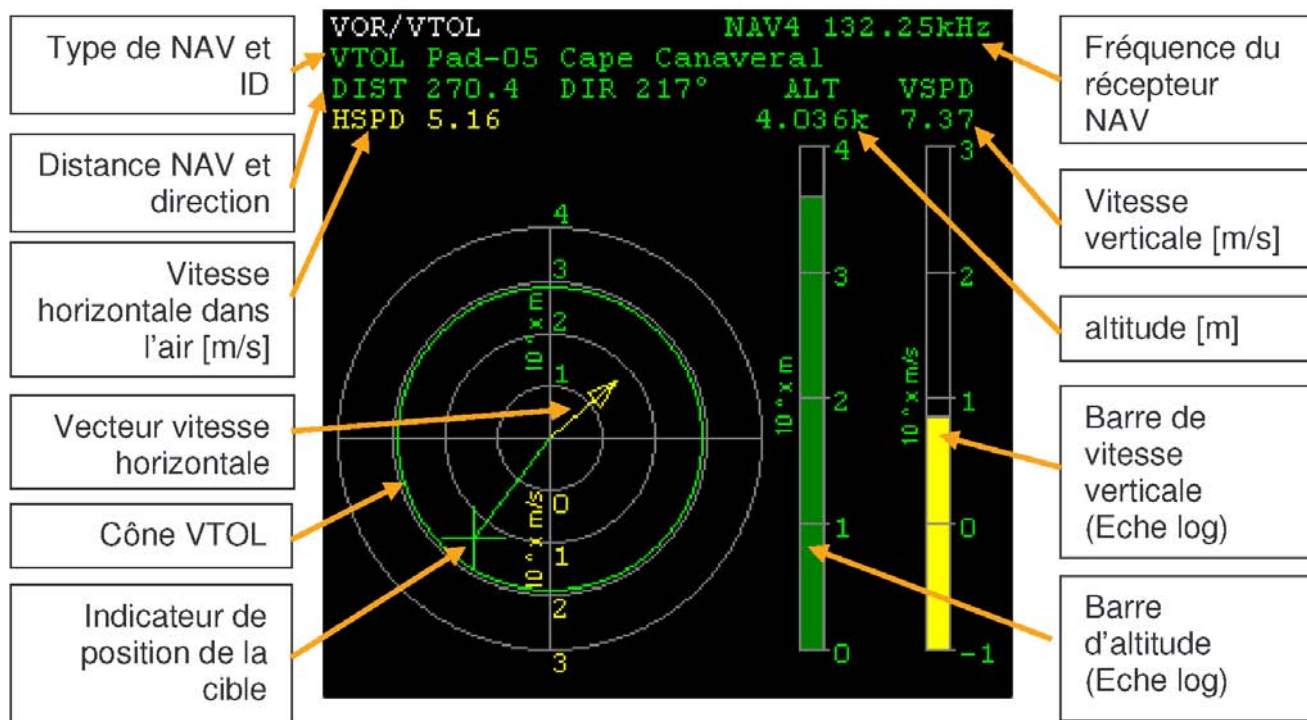
### Raccourci clavier :

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

### Disposition des commandes du MFD:





## Indications affichées sur l'écran du MFD :



- **DIST** : **distance** du transmetteur NAV [en mètres].
- **DIR** : **direction** du transmetteur NAV (par rapport au vaisseau).
- **HSPD**: vitesse-air horizontale (**horizontal speed**) [en mètres par seconde].
- **ALT** : **altitude** [en mètres]. La barre d'altitude va de 1 à  $10^4$  mètres (échelle logarithmique).
- **VSPD** : vitesse verticale dans l'air (**vertical speed**) [en mètres par seconde]. La barre de vitesse verticale va de  $\pm 0,1$  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 un avertissement d'impact imminent avec la surface).
- **Indicateur de la Cible** : Indique la position horizontale de l'émetteur NAV de la cible par rapport au vaisseau, sur une échelle logarithmique. Portée: de 1 à  $10^4$  mètres.
- **Vecteur de vitesse horizontale** : Montre le vecteur horizontal de la vitesse dans l'air (par rapport au vaisseau) sur une échelle logarithmique. Portée: de 0.1 à  $10^3$  m/s.
- **Cône VTOL** : Ce cercle indique l'écart admissible pour le contact vertical en fonction de l'altitude. Lors d'un atterrissage VTOL, l'indicateur de cible doit être à l'intérieur de ce cercle. Un cercle rouge indique que le vaisseau est hors du cône. Le cône VTOL n'est visualisable que lorsque le MFD est associé avec un transmetteur VTOL.

## 15.4 Indicateur de Situation Horizontale (MFD – HSI)

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 les VOR et les 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 de "12 heures", comme sur un cadran d'horloge. La flèche jaune située au centre de l'instrument est la *Flèche Directive*, ou *Sélecteur de Cap*, appelé OBS (*O*mnibearing *B*earing *S*elector), pointant la balise radio sélectionnée. Quand le NAV est réglé sur un transmetteur VOR, l'OBS peut être ajusté avec le bouton **OB -** (**Maj** ) ou **OB +** (**Maj** ). Pour les émetteurs ILS, l'OBS est automatiquement réglé sur la direction d'approche (cap de la piste).



**I** La section centrale de la *flèche directive* est l'*indicateur de déviation* (CDI = *C*ourse *D*eviation *I*ndicator). Il peut dévier vers la gauche ou vers 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.

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

Lorsque vous le réglez sur un émetteur ILS (cône radio d'approche d'une piste), l'instrument montre une barre additionnelle horizontale (*glide = couloir d'approche*) pour un guidage de descente vers la piste. Si la barre est au centre de l'indicateur, 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 en dessous de votre position, et votre approche est trop haute.

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

### Raccourcis clavier :

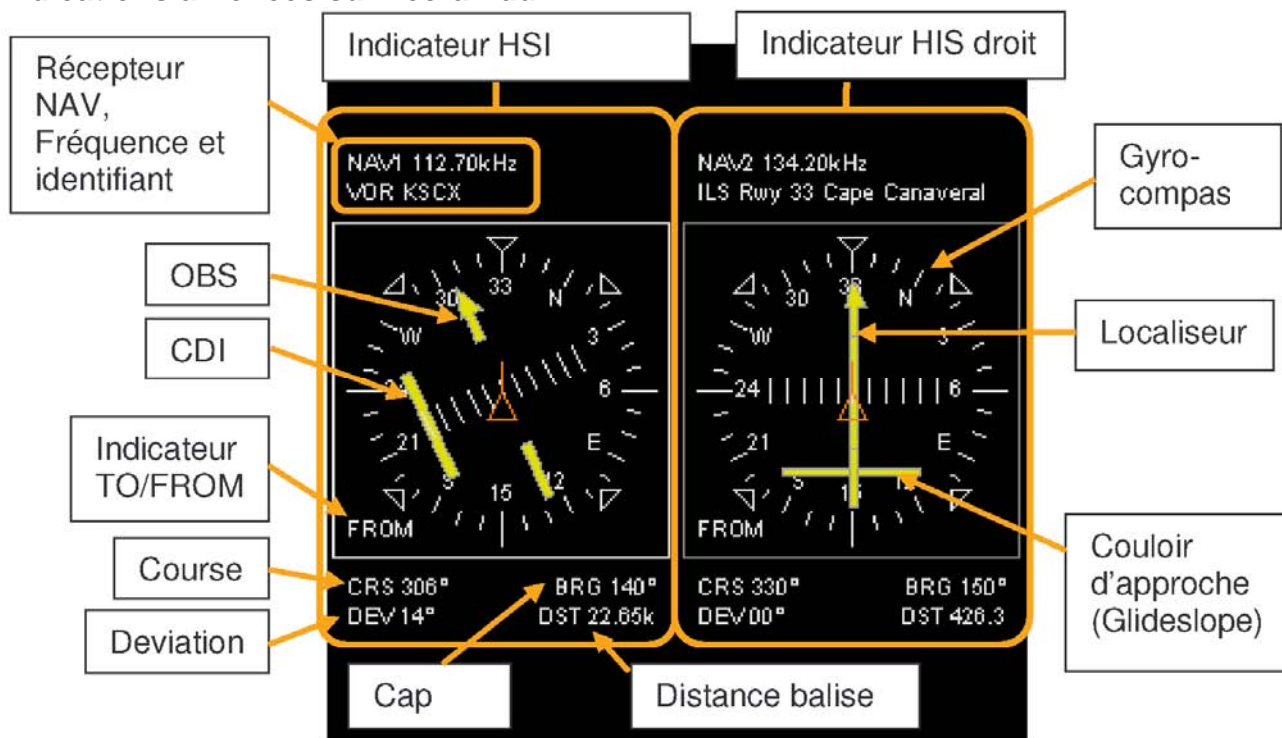
<b>Maj</b> <b>N</b>	Sélection du récepteur NAV
<b>Maj</b> <b>F</b>	Passer de l'instrument HSI de droite à celui de gauche et inversement
<b>Maj</b> 	Tourner l'OBS vers la gauche (flèche jaune)
<b>Maj</b> 	Tourner l'OBS vers la droite (flèche jaune)

### Disposition des commandes du MFD:





## Indications affichées sur l'écran du MFD :



## 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 affiche bien "TO".
- ▶ Tournez votre vaisseau jusqu'à ce que l'indicateur OBS indique 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, tournez 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 bien sur "FROM".

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

- ▶ Assurez vous que la piste est équipée d'un ILS (vérifiez dans la fenêtre info du port spatial, **Ctrl I** ), et activez l'un de vos récepteurs NAV sur la fréquence correspondante.
- ▶ Associez un des deux 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 pourra être utilisé comme un indicateur de localisation. Au même moment, l'indicateur du couloir d'approche devient actif. Quand les deux indicateurs sont bien centrés et forment une croix, vous êtes parfaitement alignés dans le couloir de descente (*glide*) de la piste.

## 15.5 Arrimage (MFD docking)

Le MFD d'arrimage (*Docking*) vous aide durant l'approche finale d'un autre vaisseau ou d'une station orbitale afin de réaliser un arrimage. Il affiche des indicateurs de *translation* et de *rotation* pour réaliser un alignement sur la bonne trajectoire d'approche, ainsi que la distance et la vitesse d'approche par rapport à cette cible.

Cet instrument s'appuie sur les données d'approche pour l'accostage reçues par votre vaisseau spatial. Les données pour une approche peuvent être reçues de trois manières (*mode*) différentes:

- **Mode IDS** : les données proviennent 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 pour l'arrimage sont acquis par le système visuel de bord (généralement des caméras vidéo installées sur le port d'arrimage). Le système visuel aide pour l'arrimage avec une cible qui n'a pas d'IDS. La portée moyenne en mode visuel est d'environ **100 mètres**. Pour basculer en mode visuel, appuyez sur les touches **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 directement le nom de la cible (et en option un numéro de port d'arrimage qui sera égal ou supérieur à 1). (Cette sélection directe sera peut-être être abandonnée dans une future version d'Orbiter).



En dehors de leur rayon d'action différents, ces trois modes disponibles sont identiques quant au principe de leur affichage sur l'écran du MFD.

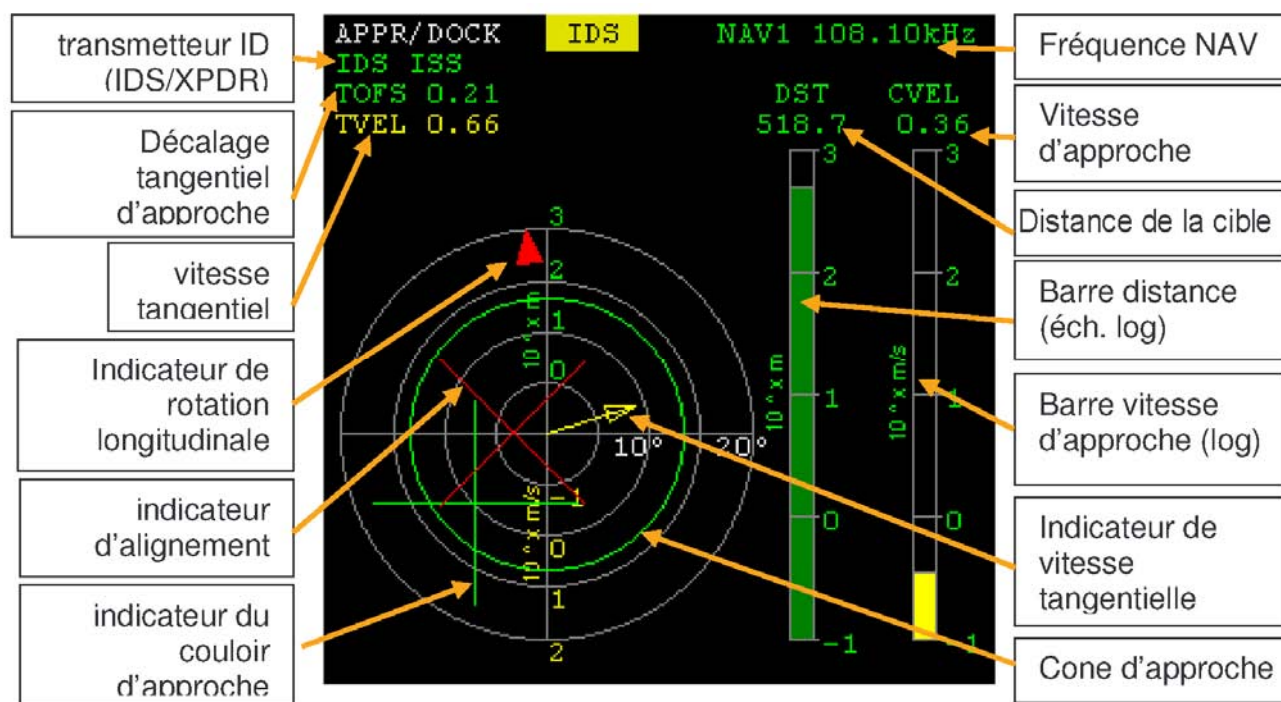
### Raccourcis clavier :

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

### Disposition des commandes du MFD:



## Indications affichées sur l'écran du MFD :



- **Source IDS** : identifie la source du signal de l'IDS actuel.
- **TOFS** (*Tangential Offset From Approach Slide* = *décalage tangentiel par rapport à la trajectoire d'approche*) : Cette valeur est exprimée en unités en rapport avec le rayon du cône d'approche à la distance en cours de la cible. Une valeur < 1 indique une position à l'intérieur du cône d'approche.
- **TVEL** (*Tangential Velocity* = *Vitesse tangentielle*) : Vitesse relative du vaisseau par rapport à la cible, projetée dans le plan du chemin d'approche, [en m/s].
- **DST** (*Distance*) : Distance entre les deux ports d'arrimage (du vaisseau et de la cible) [en m]. La barre montre la distance sur une échelle logarithmique dans un rayon de 0,1 à  $10^3$  m.
- **CVEL** (*Closing Velocity* = *vitesse d'approche*) [en m/s]. La barre montre la vitesse d'approche sur une échelle logarithmique dans un rayon 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 par rapport à la position du vaisseau. Lorsqu'elle se trouve au centre, le vaisseau est bien aligné sur ce couloir d'approche. L'échelle radiale est logarithmique dans un rayon de 0,1 m à  $10^3$  m. L'alignement tangentiel peut être ajusté avec les moteurs de manœuvre en mode **linéaire** (voir le chapitre 15.2).
- **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 plage de 0,01 m/s à  $10^2$  m/s. La valeur correspond à la vitesse tangentielle [m/s]. *Pour aligner votre vaisseau avec le couloir d'approche, utilisez les moteurs de manœuvre en mode linéaire pour que la flèche jaune soit dirigée vers 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 la direction du couloir d'approche du port. La croix passe au rouge si l'écart avec le bon alignement est supérieur à  $2,5^\circ$ . L'échelle radiale est linéaire et va de 0 à  $20^\circ$ . L'alignement en rotation est ajustable avec les moteurs de manœuvre en mode **rotation** (voir le chapitre 15.2).

- ▶ **Indicateur de rotation longitudinale** : Cette flèche (*en forme de triangle*) 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 faisant pivoter le vaisseau autour de son axe longitudinal à l'aide des moteurs de manœuvre en mode **rotation** (voir le chapitre 15.2). Quand l'alignement est obtenu, la couleur de cet indicateur passe au blanc (écart d'alignement inférieur à 2,5°). A noter que cet indicateur est seulement affiché quand l'alignement directionnel (voir ci-dessus) est au maximum de 5°.
- ▶ **Cône d'approche** : Le cercle concentrique rouge ou vert indique la taille du cône d'approche à la distance en cours du port d'arrimage choisi. Le vaisseau doit s'approcher du port d'arrimage avec l'indicateur du couloir d'approche (*croix verte*) en permanence situé à l'intérieur du cône d'approche (indiqué par un cercle vert). La taille du cône d'approche diminue progressivement au fur et à mesure que le vaisseau s'approche du port d'arrimage.

La vitesse d'approche doit être réduite lorsque le vaisseau est proche du port d'arrimage (en utilisant les rétrofusées). La vitesse finale doit être au maximum de 0,1 m/s.

#### Remarques :

- ▶ 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 dans Orbiter. Si vous ratez l'arrimage (mauvaise orientation) et continuez votre approche, vous verrez votre vaisseau passer à travers le vaisseau ou la station cible. 

## 15.6 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
- ▶ **Ruban indicateur de cap**
- ▶ **Ruban indicateur d'altitude** avec des repères pour l'altitude du périée et de l'apogée
- ▶ **Ruban indicateur de vitesse verticale**
- ▶ **Ruban indicateur d'accélération verticale**
- ▶ **Ruban indicateur de vitesse horizontale** (4 modes : IAS / TAS / GS/ OS)
- ▶ **Ruban indicateur d'accélération**
- ▶ **Ruban indicateur d'angle d'attaque.**
- ▶ **Données atmosphériques**
- ▶ **Position équatoriale** (longitude et latitude, taux de variation)

Les données atmosphériques suivantes sont affichées (si applicable) ainsi :

- ▶ **OAT (*Outside Air Temperature*)** : 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 (*Atmospheric Density*)** : Densité de l'atmosphère  $\rho$  [ en  $\text{kg m}^{-3}$ ]
- ▶ **STP (*Static Pressure*)** : Pression statique [en Pa]
- ▶ **DNP (*Dynamic Pressure*)** : Pression dynamique  $q = \frac{1}{2} \rho v^2$  [en Pa].



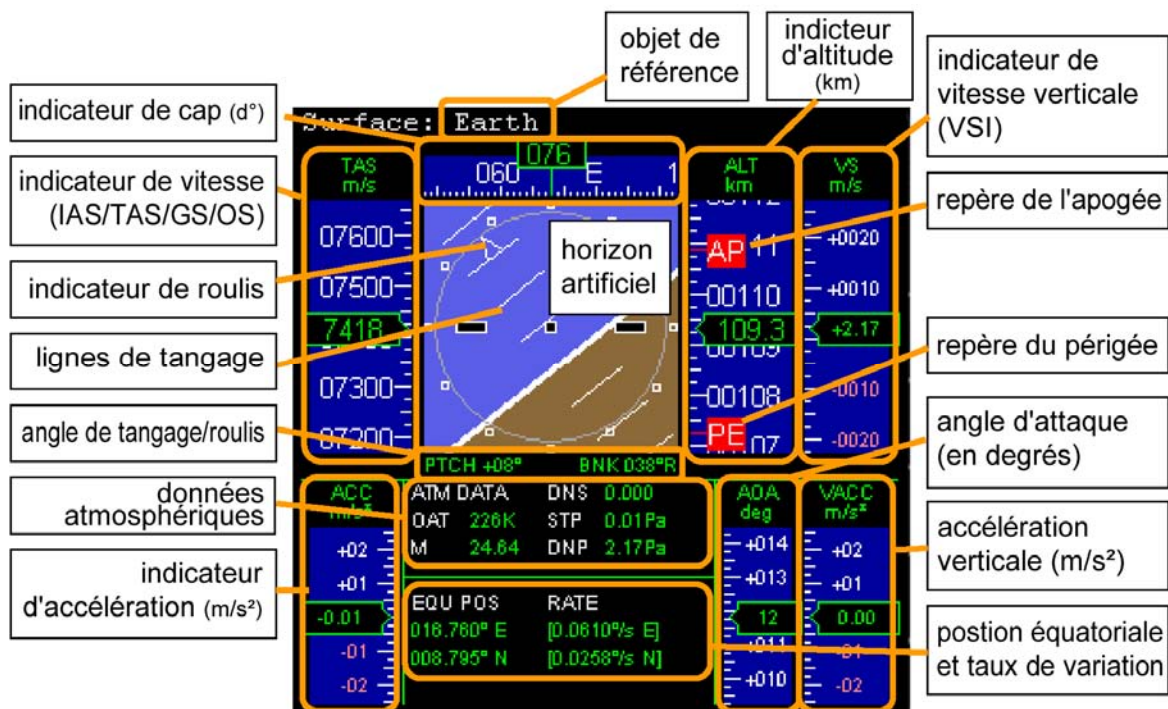
## Raccourcis clavier :

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

## Disposition des commandes du MFD:





## Indications affichées sur l'écran 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 (True AirSpeed = vitesse air vraie)** : Vitesse du vaisseau par rapport à l'atmosphère environnante. Cette vitesse est généralement mesurée avec un pitot-tube se trouvant dans le flux d'air, enregistrant la différence entre la pression du flux de l'air entrant dans le tube et celle de l'air extérieur. Le mode TAS est disponible uniquement si la pression atmosphérique (ou flux libre)  $p_1 > 10^{-4}$  Pa (sur Terre, cela correspond à environ 140 km d'altitude). Si TAS ne peut pas être mesurée, la vitesse indiquée sur le ruban est réinitialisée à 0 et l'affichage indique .
- ▶ **IAS (Indicated AirSpeed = vitesse indiquée)** : Généralement utilisée dans les avions classique. IAS est étalonnée par rapport à la densité atmosphérique et à la vitesse du son mesurés au niveau de la mer. IAS et TAS sont similaires à basse altitude, mais commencent à s'écarter à plus haute altitude, avec  $IAS < TAS$ . La limite  $p_1 > 10^{-4}$  Pa s'applique également pour IAS.
- ▶ **GS (Ground-relative Speed = vitesse par rapport au sol)** : Valeur du vecteur-vitesse du vaisseau, adapté au vecteur-vitesse de la planète (qui est en rotation) prise comme référence. Cette valeur de vitesse est similaire au TAS à basse altitude, mais s'en écarte à plus haute altitude. Habituellement, TAS n'est plus disponible à une altitude où les différences deviendraient significatives. *Remarque*: Pour un objet en orbite géostationnaire, GS est égal à zéro car le vaisseau semble être à l'arrêt par rapport à la rotation de la planète de référence.
- ▶ **OS (Orbital Speed = 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. (Et pourtant elle 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 en 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 pouvant être défini par l'utilisateur dans la boîte de dialogue *Launchpad*, qui peut être supérieur.

**Documentation technique:** Orbiter utilise un modèle de flux compressible pour calculer la vitesse-air indiquée :

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

où  $p_0$  et  $p_1$  sont respectivement les pressions de stagnation et d'écoulement libre,  $p_s$  et  $a_s$  sont les valeurs standard de la pression statique au niveau de la mer et de la vitesse du son, et  $\gamma$  est le rapport des chaleurs spécifiques.

Le point de pression de stagnation  $p_0$  est obtenu à partir de la vitesse-air vraie par :

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

où  $a_1$  est la vitesse de flux libre du son.



## 15.7 Carte (*MFD-map*)

Ce MFD (*Map = carte*) représente une carte de la surface d'une planète ou d'un satellite dans une projection cylindrique (latitudes et longitudes) et avec, en superposition, la représentation de l'orbite du vaisseau spatial et d'un éventuel objet cible optionnel.

Le MFD carte prend en charge les fonctionnalités suivantes:

- ▶ **Choix du trajet au sol ou de l'affichage du plan de l'orbite** . En mode trajet sur le sol (*track mode*), la carte affiche la trace du dernier passage du vaisseau jusqu'à sa position actuelle, ainsi que la prévision de sa trajectoire à venir. En mode plan orbital (*orbital plane*), la carte affiche un grand cercle définissant l'intersection de la surface de la planète avec le plan de l'orbite.
- ▶ **Lignes d'horizon** . L'horizon de la planète, comme vu de l'engin spatial, peut être affiché sous la forme d'une ligne. Elle définit la surface visible actuellement depuis le vaisseau spatial (ou de manière équivalente, la zone dans laquelle le vaisseau spatial apparaît au-dessus de l'horizon pour un observateur situé au sol).
- ▶ **Mode poursuite** (*Track*). On peut soit faire défiler la carte manuellement, soit régler celle-ci en mode poursuite, dans ce cas l'indicateur de position du vaisseau reste fixe au centre de l'écran.
- ▶ **Ligne de terminaison**. L'hémisphère éclairé de la planète peut être marqué par une zone d'ombre ou par une ligne frontière.
- ▶ **Vecteur de côte et lignes de contour**. Si la carte est disponible pour la planète cible, elle peut afficher des lignes représentant le littoral, ou bien d'autres contours tels que les niveaux topologiques.
- ▶ **Grande étendue du zoom**. Des valeurs d'agrandissement allant de 1 à 128 sont pris en charge.
- ▶ **Affichage facultatif des bases de surface et des émetteurs radio de navigation**. Les bases de surface et les transmetteurs VOR peuvent être affichés sur la carte. A des niveaux élevés de zoom, leurs positions sont marquées ainsi que les noms et les fréquences des radio-balises.
- ▶ **Affichage en option d'éléments de surface supplémentaires**. Si la planète cible prend en charge des marqueurs de surface supplémentaires (voir également le chapitre 22.1), comme des villes ou des caractéristiques géologiques, ceux-ci peuvent être sélectionnés et affichés sur la carte.
- ▶ **Page de configuration**. Le MFD carte peut être configuré via une page de configuration.

La position courante du vaisseau spatial est indiquée par une croix verte. La trace au sol de l'orbite ainsi que l'horizon visible sont représentés par des lignes vertes. Pour les traces au sol, la trajectoire déjà parcourue est affichée en vert foncé, tandis que la trajectoire à venir prévue est affichée en vert clair. Au total, il sera affiché sur la carte une représentation de trois orbites du vaisseau spatial.

Il est à remarquer que dans le mode d'affichage *plan de l'orbite*, la ligne de coupe transversale va lentement se déplacer sur la carte, car la planète tourne en dessous d'elle.

En plus de l'orbite de votre vaisseau, la position et la trajectoire au sol ou le plan de l'orbite d'un objet cible (par exemple un autre vaisseau spatial ou un satellite) en orbite autour du même corps central peuvent être affichés. Sa position et les lignes de son orbite seront affichées en jaune.

Les positions du vaisseau spatial et de la cible en orbite (longitude, latitude et altitude) sont indiquées dans la partie inférieure de la carte.

Les bases de surface sont représentées par des carrés de couleur jaune. Une bases de surface peut être sélectionnée en tant que cible, et sa position s'affichera en bas de la carte.



## Raccourcis clavier et boutons du MFD (affichage de la carte):

<b>Maj</b> <b>R</b>	<b>REF</b>	Ouvre une fenêtre pour sélectionner une planète ou un satellite de <u>ré</u> férence.
<b>Maj</b> <b>T</b>	<b>TGT</b>	Ouvre un menu pour sélectionner une cible ( <u>T</u> arget)
<b>Maj</b> <b>X</b>	<b>ZM -</b>	Diminue le niveau du zoom par facteur de 2 jusqu'à 1x ( <i>global view = vue d'ensemble ou vue globale</i> )
<b>Maj</b> <b>W</b>	<b>ZM +</b>	Augmente le niveau du zoom par facteur de 2 jusqu'à 128x
<b>Maj</b> <b>K</b>	<b>TRK</b>	Active / désactive le mode de poursuite automatique ( <u>tr</u> ack mode)
<b>Maj</b> <b>D</b>	<b>DSP</b>	Passe à la page de sélection des paramètres ( <u>d</u> isplay = affiche)
<b>Maj</b> <b>) ]</b>	<b>UP</b>	Fait défiler la carte vers le haut ( <u>u</u> p) (non disponible en mode <i>poursuite</i> ou en mode <i>vue globale</i> )
<b>Maj</b> <b>=</b>	<b>DN</b>	Fait défiler la carte vers le bas ( <u>d</u> own) (non disponible en mode <i>poursuite</i> ou en mode <i>vue globale</i> )
<b>Maj</b> <b>^</b>	<b>&lt;</b>	Fait défiler la carte vers la gauche (non disponible en mode <i>poursuite</i> )
<b>Maj</b> <b>\$</b>	<b>&gt;</b>	Fait défiler la carte vers la droite (non disponible en mode <i>poursuite</i> )

## Raccourcis clavier et boutons du MFD (page sélection des paramètres):

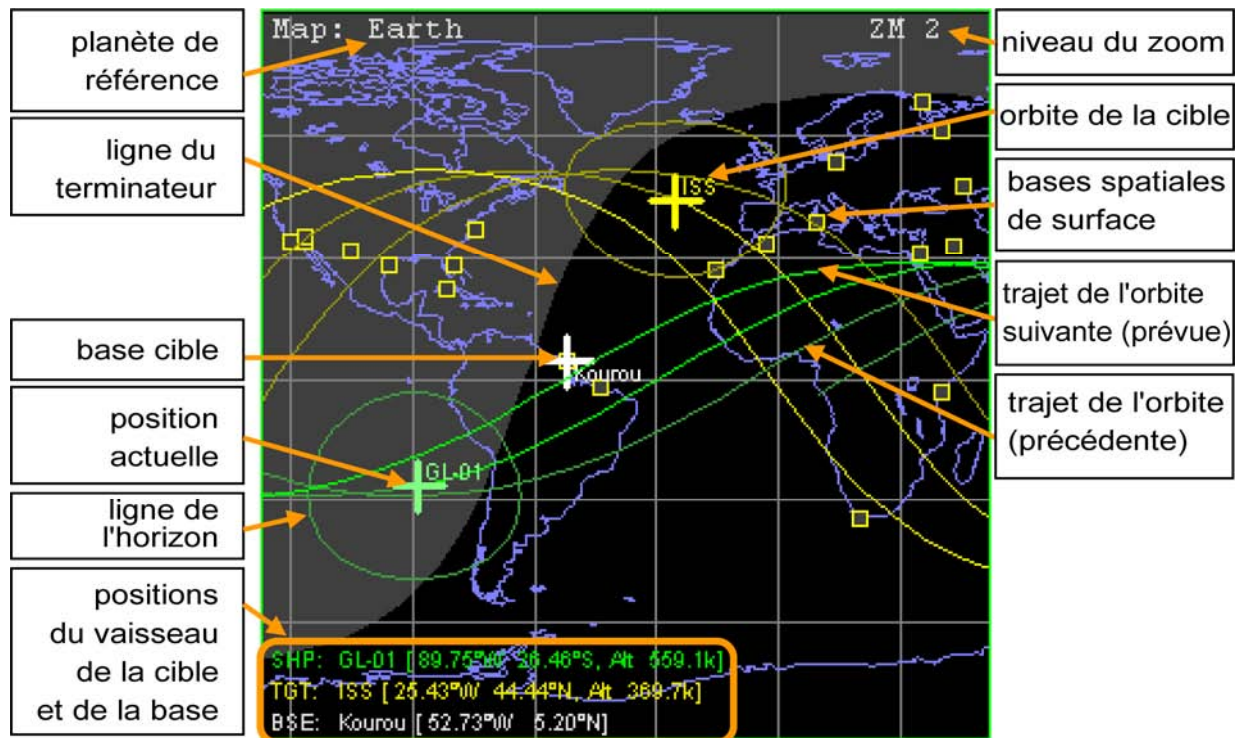
<b>Maj</b> <b>) ]</b>	<b>UP</b>	Déplace le marqueur de sélection vers le haut ( <u>u</u> p)
<b>Maj</b> <b>=</b>	<b>DN</b>	Déplace le marqueur de sélection vers le bas ( <u>d</u> own)
<b>Maj</b> <b>;</b>	<b>MOD</b>	<u>Mod</u> ifie l'option sélectionnée en cours
<b>Maj</b> <b>O</b>	<b>OK</b>	Retour à l'affichage de la carte

## Disposition des commandes du MFD:

The diagram illustrates the MFD interface layout. The central display shows a map of Earth with various markers and data. Surrounding the display are buttons for REF, TGT, ZM-, ZM+, TRK, and DSP. To the left, a list of functions is mapped to keyboard shortcuts: Selection de la reference (Shift R), Selection de la cible base/orbite (Shift T), Diminuer (Shift X), Agrandir (Shift W), Mode poursuite auto on/off (Shift K), and Ouvre page de configuration (Shift D). To the right, a list of navigation functions is mapped to keyboard shortcuts: Défile vers le haut (Shift ) ], Défile vers le bas (Shift =), Défile vers la gauche (Shift ^), and Défile vers la droite (Shift \$). At the bottom of the display are buttons for PWR, SEL, and MNU.

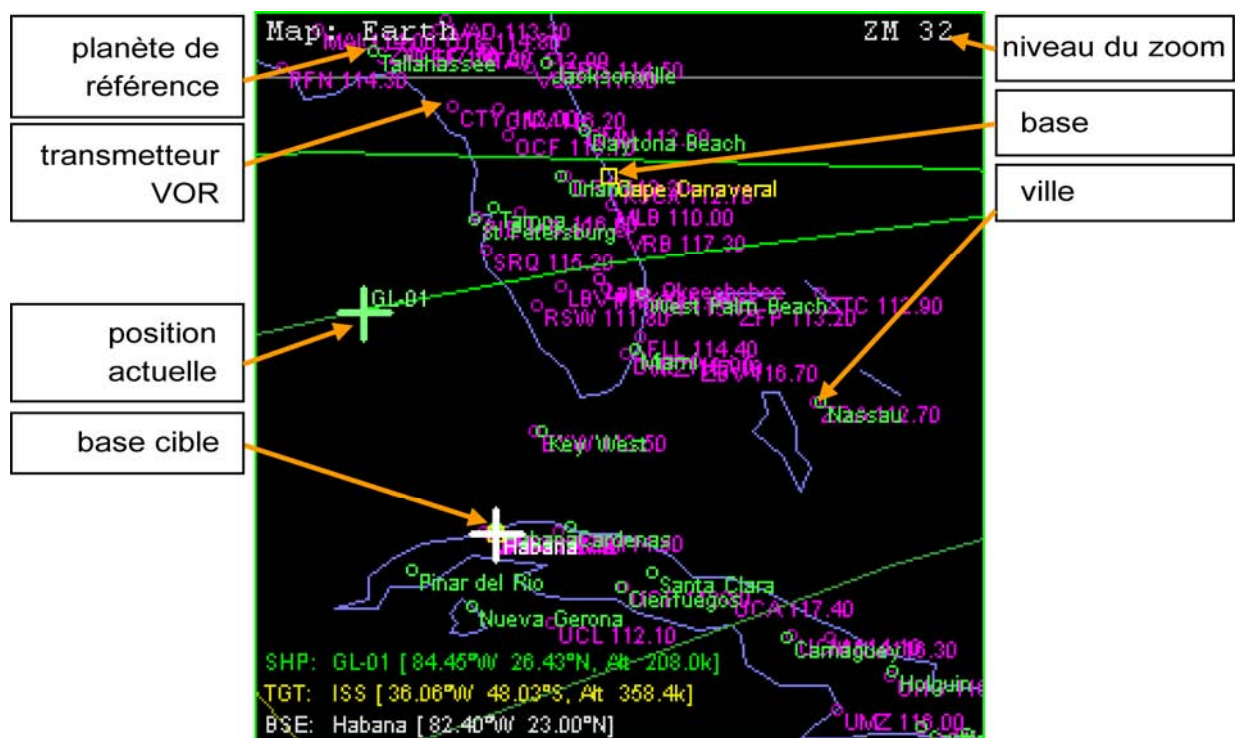


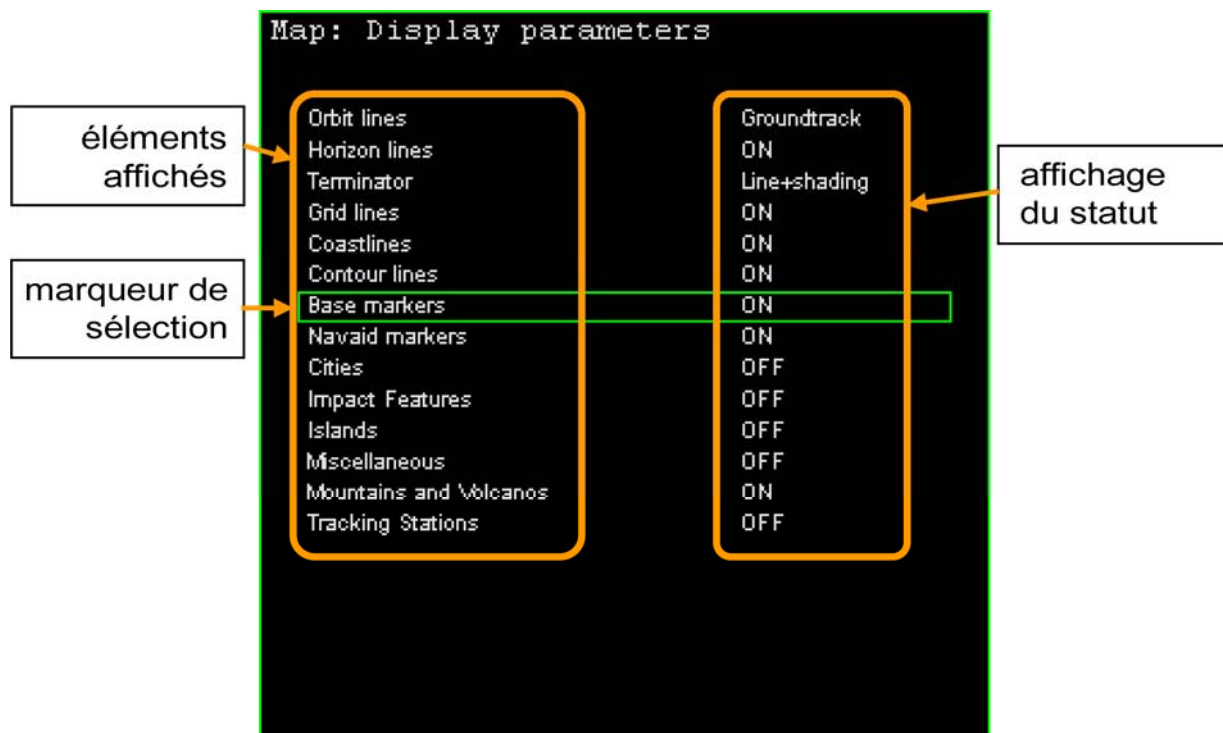
## Indications affichées sur l'écran du MFD :



## Affichages :

- ▶ **Vaisseau spatial** (*spacecraft*) : position (longitude, latitude) et altitude
- ▶ **Cible en orbite** (*orbit target*) : position (longitude, latitude) et altitude
- ▶ **Base cible** (*base target*) : position (longitude, latitude)





#### Remarques :

- ▶ Seuls les objets (vaisseaux spatiaux, stations orbitales ou satellites) en orbite autour de la planète de référence seront acceptés comme orbite cible.
- ▶ Seules les bases situés sur la planète de 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.



- ▶ Si vous voulez retrouver l'ancienne version de *Map MFD* d'Orbiter 2006, il suffit d'ajouter la ligne "**MFDMapVersion = 0**" dans le fichier de configuration **Orbiter.cfg** qui se trouve dans le dossier principal d'Orbiter.

## 15.8 Aligner le plan orbital

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. Cela peut-être, par exemple, le plan orbital d'un autre vaisseau, d'un satellite, d'une station orbitale, ou du Papy's bar. Cet instrument comporte 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 moteurs. Voir le chapitre 17.4 sur la manière d'utiliser ce MFD.

Le plan cible peut être soit défini en fonction du plan orbital d'un autre objet, soit en spécifiant ses paramètres qui vont définir son orientation : l'inclinaison et la longitude du nœud ascendant par rapport à l'écliptique de référence.

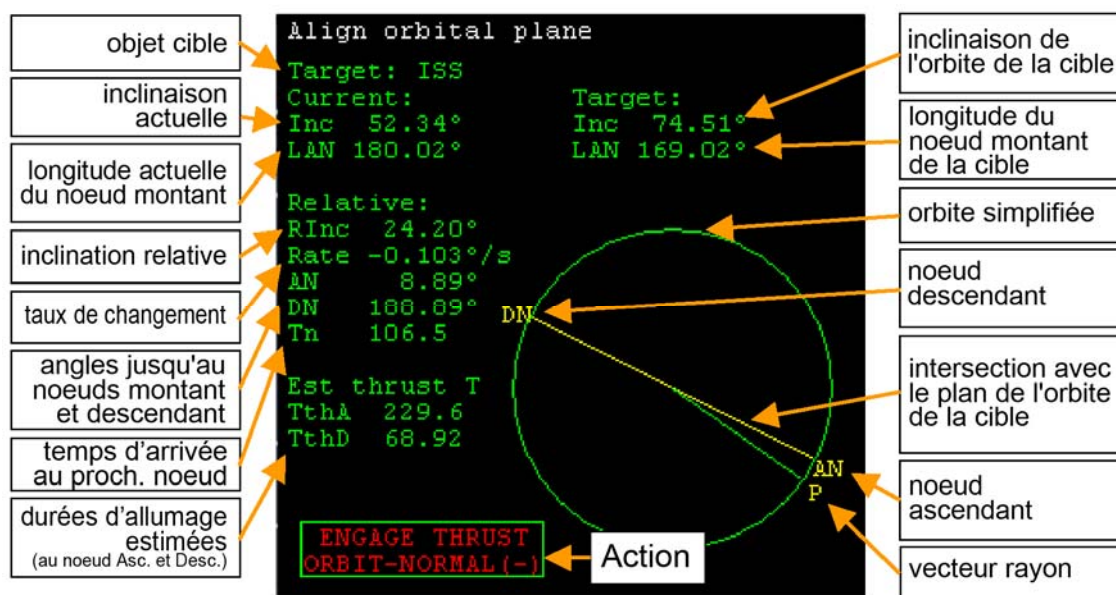
#### Raccourcis clavier :

<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.

## Disposition des commandes du MFD:



## Indications affichées sur 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 entre la position actuelle et le prochain passage au niveau du AN et du DN sont affichées sur la gauche de l'écran (entre 0° et 360°). Le temps restant jusqu'au passage au prochain nœud (Tn) est également affiché.

L'affichage de la valeur de l'inclinaison relative entre l'orbite actuelle et l'orbite cible (RInc), et celle du taux de variation de l'inclinaison relative,  $dRInc/dt$  (Rate=taux ou vitesse) aide à déterminer le moment et la durée de la 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 sa 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 de réaliser une orbite plus excentrique avant d'effectuer le changement de plan, afin 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.

## 15.9 Synchroniser l'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 affiche l'orbite de votre vaisseau et celle de l'objet cible, ainsi qu'un axe de référence, et affiche également une liste avec les différentes durées nécessaires pour que ces deux objets atteignent cet axe après un nombre défini d'orbites.



Pour que cet instrument fonctionne correctement, les plans orbitaux des deux objets doivent coïncider. L'inclination relative entre les deux plans orbitaux est affichée en bas à gauche (*RInc*). Si celle-ci devient supérieure à 1°, réalignez les deux plans orbitaux avec le MFD-Alignement (*Align Orbital Planes MFD*). Une fois les deux plans bien alignés, toutes les manœuvres ultérieures doivent être exécutées dans ce même plan.

### Touches raccourcis clavier :

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

### Disposition des commandes du MFD:

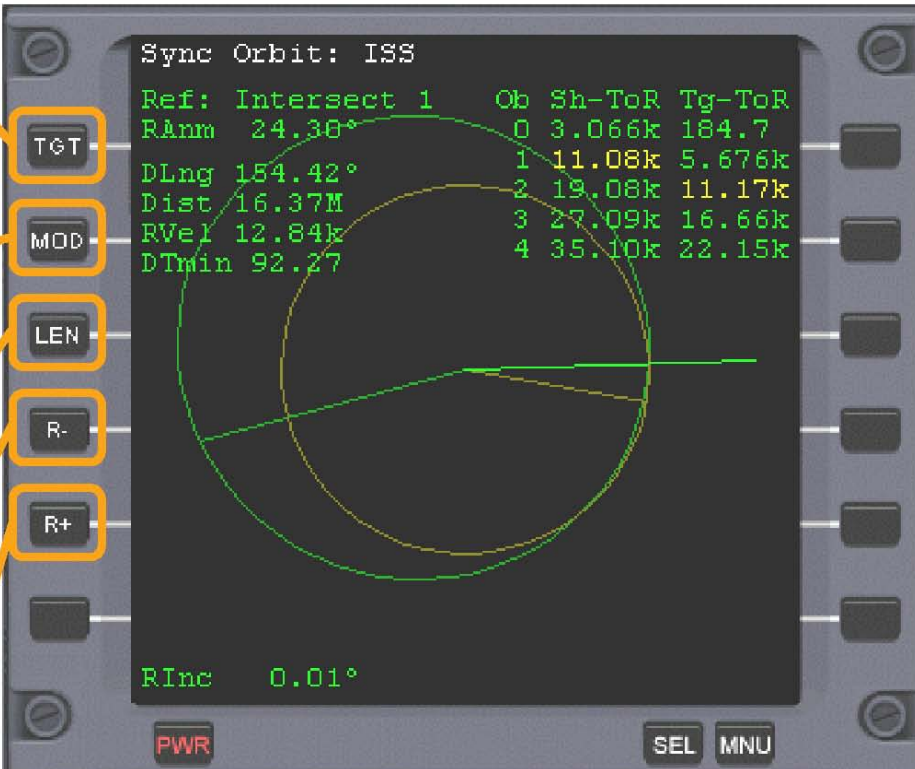
Sélection de l'objet cible  
**Maj T**

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

Nombre dans la liste  
**Maj N**

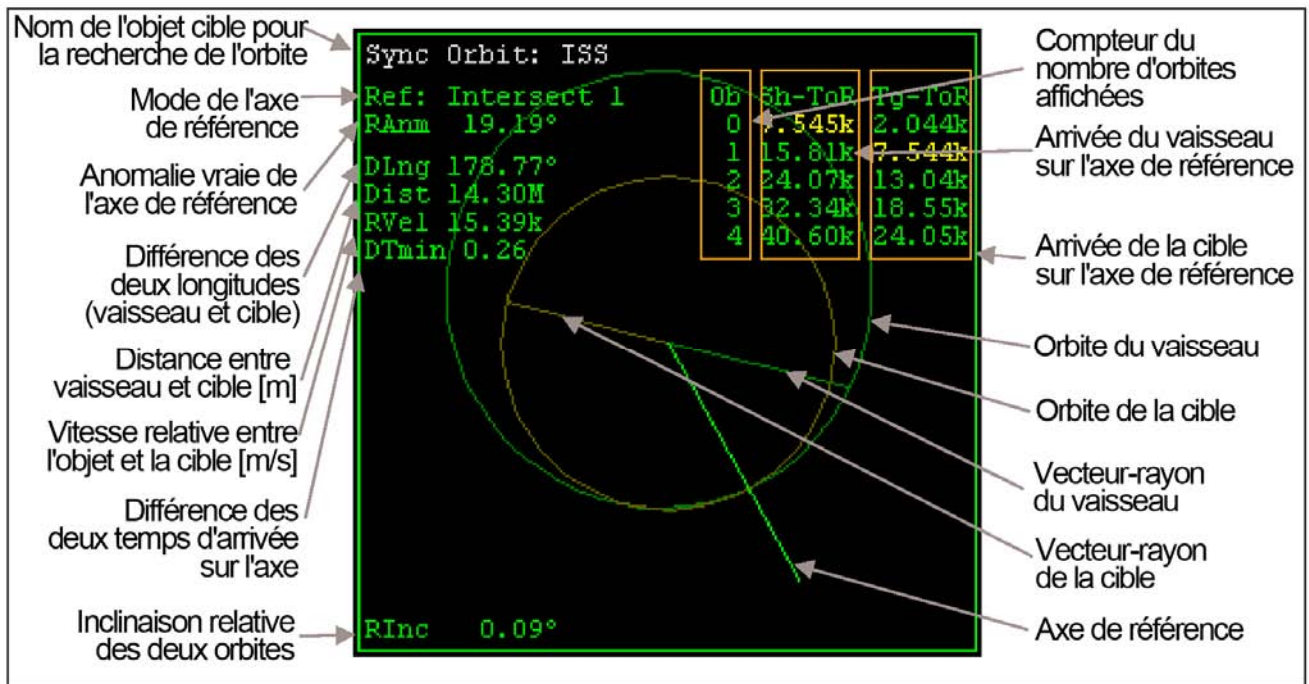
Rotation du point d'intersection  
**Maj M**

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





## Indications de l'écran du MFD:



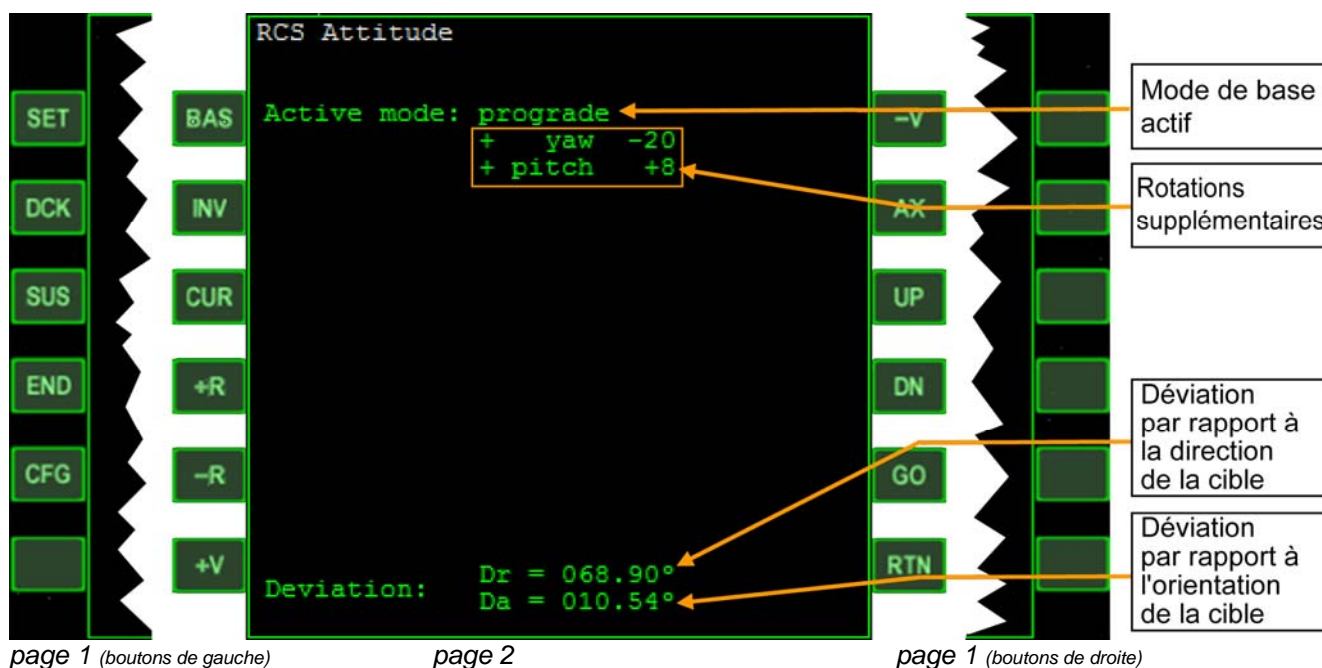
- **Objet cible** : La cible à rattraper est affichée dans la ligne de titre en haut de l'écran (en blanc). Cette cible peut être sélectionnée avec les touches **Maj T**.
- **Axe de référence** : Un axe pour lequel chaque point d'intersection est calculé. Il peut être sélectionné avec **Maj ,** pour les configurations suivantes: intersection d'orbite 1 et 2 (si applicable), périastre et apoastre du vaisseau et de la cible, et de façon manuelle. On peut faire tourner manuellement cet axe 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 rapport à la direction du périastre du vaisseau.
- **Différence de longitude (DLng)** : Angle entre le vaisseau et la cible vu depuis le centre du corps céleste.
- **Distance (Dist)** : Distance entre le vaisseau et la cible [en mètres].
- **Vitesse relative (RVel)** : Vitesse relative entre le vaisseau et la cible [en m/s].
- **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 le plan orbital du vaisseau et celui de la cible.
- **Liste de références de temps (Sh-ToR et Tg-ToR)** : Une liste d'intervalles de temps pour que notre vaisseau ou sa cible arrivent sur le point de référence (ou d'intersection) choisi. Le nombre des orbites peut être sélectionné avec les touches **Maj N**. Les deux intervalles de temps calculés les plus courts sont indiqués en jaune. La valeur DTmin se rapporte à cet ensemble de ces deux intervalles de temps.

Pour l'utilisation de ce MFD en mode synchronisation d'orbite, voir le chapitre 17.5.

## 15.10 Contrôler l'Orientatation du vaisseaux

Le MFD Attitude procure des fonctions avancées pour le contrôle de l'orientation (ou attitude) du vaisseau sur son orbite, en plus des outils de base de navigation décrits dans le chapitre 13.4. Ce MFD est l'exemple d'un MFD basé sur une définition de *script*. Pour l'utiliser, le module *ScriptMFD* doit donc être activé.

C'est un MFD multipage relativement complexe. La page principale affiche l'attitude en cours du vaisseau :



Pour créer un nouveaux mode d'attitude, appuyez sur le bouton **SET**. Cette action ouvre la page *Définition de Mode*. Si un *mode attitude* est actuellement actif, la page de définition affiche d'abord les paramètres de ce mode. Sinon, un mode prograde par défaut est indiqué. Vous pouvez utiliser le bouton **BAS** pour parcourir les différents modes de base disponibles: prograde, normal, perpendiculaire et radial. Chaque mode peut être inversé en pressant le bouton **INV**. Par exemple, on peut basculer avec ce bouton entre prograde et rétrograde, normal et anti-normal, etc. Le tableau suivant indique l'orientation de chacun des modes de base par deux axes principaux du vaisseau (vers l'avant **+z**, and vers le haut **+y**), relatifs au vecteur de vitesse orbitale (**v**), au vecteur rayon (**r**) et au plan orbital normal (**n** = **r** x **v**).



Mode	Orientation du vaisseau	
Prograde	<b>+ z</b> → <b>+ v</b> ,	<b>+ y</b> → <b>+ n</b>
Rétrograde	<b>+ z</b> → <b>- v</b> ,	<b>+ y</b> → <b>- n</b>
Normal	<b>+ z</b> → <b>+ n</b> ,	<b>+ y</b> → <b>- v</b>
Anti normal	<b>+ z</b> → <b>- n</b> ,	<b>+ y</b> → <b>- v</b>
Perpendiculaire (intérieur)	<b>+ z</b> → <b>- v</b> x <b>n</b> ,	<b>+ y</b> → <b>+ v</b>
Perpendiculaire (extérieur)	<b>+ z</b> → <b>+ v</b> x <b>n</b> ,	<b>+ y</b> → <b>- v</b>
Radial (bas)	<b>+ z</b> → <b>- r</b> ,	<b>+ y</b> → <b>+ v</b>
Radial (haut)	<b>+ z</b> → <b>+ r</b> ,	<b>+ y</b> → <b>- v</b>

Après avoir défini le mode de base, vous pouvez ajouter des rotations supplémentaires pour modifier l'orientation du vaisseau. Appuyez sur le bouton **+ R** pour ajouter une rotation. Vous pouvez alors sélectionner un axe de rotation (tangage, lacet, roulis) en appuyant sur le bouton **AX**. Définissez un angle de rotation avec les boutons **+ V** et **- V**. Vous pouvez ajouter plusieurs rotations, mais notez que l'ordre est important: les rotations ne se substituent pas entre elles. Vous pouvez sélectionner une rotation avec les touches **UP** et **DN**. Les rotations peuvent être supprimées avec le bouton **- R**.

Lorsque vous êtes satisfait de votre mode, appuyez sur le bouton **GO** pour l'activer. Vous pouvez continuer à modifier ce mode, et activer vos modifications en appuyant de nouveau sur **GO**.

Pour revenir à la page principale, appuyez sur le bouton **RTN**.

## Alignement pour l'arrimage

Le MFD attitude permet aussi d'aligner le vaisseau avec un port d'arrimage d'une cible. Sur la page principale du MFD, appuyez sur le bouton **DCK**. Cela va ouvrir la page d'alignement avec un port d'arrimage. L'alignement avec le port est réalisé grâce aux données d'un transmetteur IDS (*Instrument Docking System* = *Système d'instrument pour l'arrimage*). Assurez-vous que l'une de vos radios NAV est bien réglée sur le transmetteur IDS du port cible. Utilisez le bouton **NAV** pour sélectionner la fréquence radio appropriée. L'alignement ne peut être activé que lorsque le signal IDS est reçu. Appuyez sur **ACT** pour activer le mode alignement. Vous pouvez alors revenir à la page principale du MFD avec le bouton **RTN**.

Le mode d'alignement avec un port d'arrimage est annulé si le transmetteur IDS devient hors de portée, ou si sa radio associée est dérégulée.



L'alignement avec un port d'arrimage fonctionne également pour des ports d'arrimage situés en dehors de l'axe du vaisseau.

## Prérégler un décalage angulaire

Il est parfois utile d'appliquer un décalage angulaire pour tous les modes d'attitude. Par exemple, les moteurs OMS de la Navette Spatiale sont inclinés de 15° par rapport à son axe longitudinal. Le vecteur de poussée résultant de ces moteurs a donc un angle de tangage de -15°. Pour une poussée prograde réalisée par les OMS, la navette doit se cabrer de 15 ° par rapport au vecteur de vitesse orbitale. Cette différence due à cette disposition des moteurs peut donc être compensée grâce au MFD attitude.

Ouvrez la page de configuration en appuyant sur le bouton **CFG** à partir de la page principale. Vous pouvez maintenant ajouter des décalages angulaires en appuyant sur le bouton **ADD**. Vous pouvez ensuite définir l'axe et l'angle de rotation de façon similaire à la configuration du mode d'attitude. Par exemple, pour la Navette, ajoutez une rotation en tangage de +15°. Puis appuyez sur le bouton **RTN** pour revenir à la page principale. Cet angle de compensation en rotation sera ajouté à tous les modes d'attitude, à l'exception du mode d'alignement pour le port d'arrimage.

## 15.11 Transfer

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

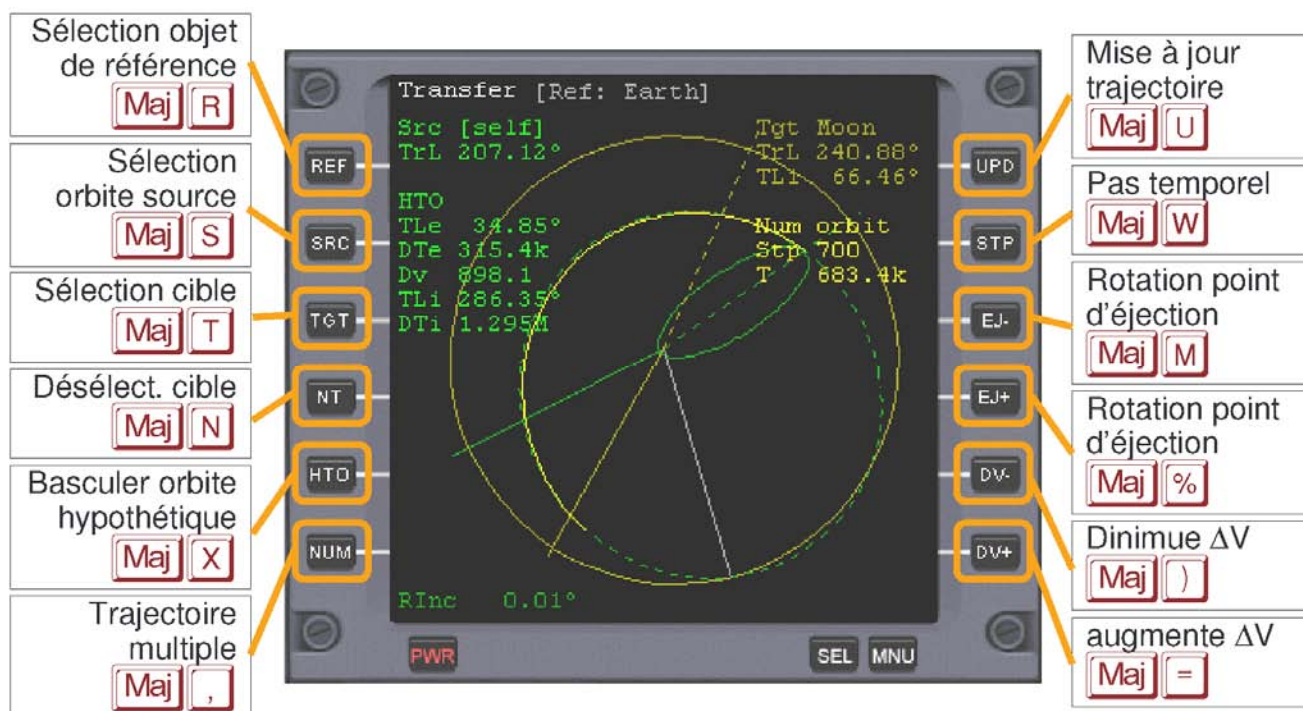
Il est à noter que Orbiter fourni maintenant un module additionnel, MFD *TransX* de Duncan Sharpe, lequel peut remplacer le MFD Transfert car plus élaboré et plus performant. TransX est décrit dans un document séparé (*TransXmanualv3*).

### Touches raccourcis clavier :

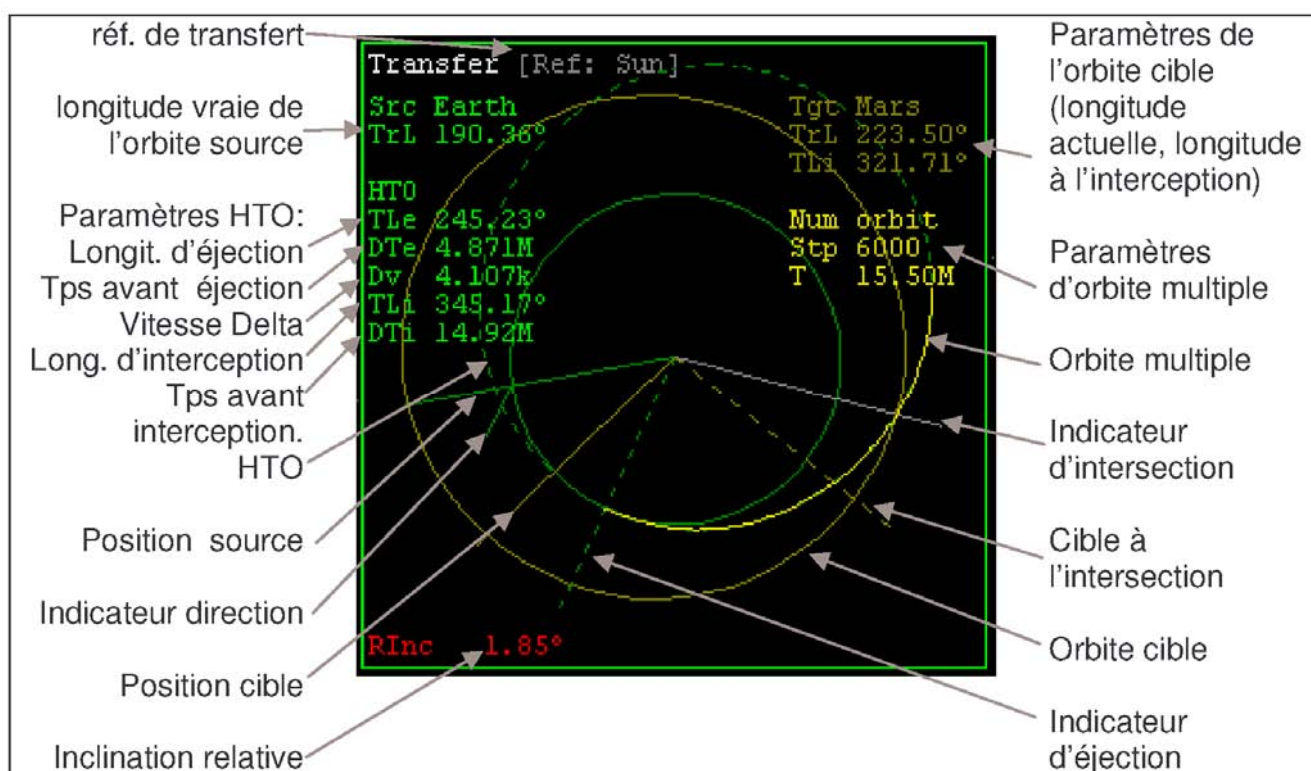
<b>Maj R</b>	Ouvre une fenêtre pour sélectionner l'astre de référence (planète ou satellite).
<b>Maj S</b>	Ouvre un menu pour sélectionner l'orbite de l'objet source.
<b>Maj T</b>	Ouvre un menu pour sélectionner la cible.
<b>Maj N</b>	Désélectionne la cible.
<b>Maj X</b>	Montre ou cache l'affichage de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



## Disposition des commandes du MFD:



## Indications de l'écran du MFD:



MFD en mode Transfert.

Le MFD Transfert ressemble au MFD Orbite : Il affiche une orbite *source* et une 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 puisse être plus judicieux (voir plus loin). Le MFD calcule l'alignement des plans orbitaux source et cible, bien que cette condition ne puisse pas toujours être réalisée de façon suffisamment précise pour des orbites interplanétaires.



## Sélection de l'orbite source

L'orbite source est l'orbite à partir de laquelle vous allez vous éjecter pour atteindre l'orbite de transfert. Normalement, 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)

À la différence du MFD-Orbite, ce MFD vous permet de déterminer une orbite de transfert hypothétique (HTO), laquelle permet d'établir un scénario "hypothétique", 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 devrait avoir lieu l'allumage des moteurs en prograde ou en rétrograde pour l'orbite d'éjection. Le HTO possède deux paramètres : la *longitude* du point à l'endroit duquel doit avoir lieu l'allumage d'éjection (ajusté avec les touches **Maj M / %**) et le *changement de vitesse* durant l'allumage (ajusté avec les touches **Maj ) / =**). L'HTO est représentée par une courbe en pointillé de couleur verte dans le MFD. La position du point d'allumage pour l'éjection est indiquée par un rayon-vecteur en pointillé de couleur verte.

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 [en secondes] (si applicable)

## 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 indiquée par une ligne jaune pointillée. *Le but est d'ajuster l'HTO afin que la ligne grise et la ligne pointillée jaune 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 juste l'orbite cible (par exemple où les longitudes d'éjection et d'intersection ont un écart de 180°) est appelée une orbite de transfert à énergie minimum d'Hohmann, parce qu'elle optimise la quantité de carburant nécessaire pour l'éjection et l'injection sur l'orbite de transfert. Les orbites de transfert avec un grand axe plus grand nécessitent plus de carburant, mais sont plus rapides que les orbites de Hohmann.

## Allumage pour l'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 pour l'éjection se fait en prograde (ou en rétrograde) par rapport à l'orbite actuelle de référence. Quand l'allumage a lieu, l'orbite (ligne continue verte) va se rapprocher de celle de l'HTO. L'allumage se termine quand les orbites coïncident avec l'HTO, et que la valeur de Dv est devenu égale 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 utilisant l'assistance gravitationnelle de plusieurs corps célestes

Les orbites sources, cibles et de transfert étudiées ci-dessus ne sont utilisables que pour deux astres. Cependant, le MFD Transfert permet aussi le calcul de trajectoires multiples par multi-rebonds gravitationnels, pour estimer l'effet de sources gravitationnelles multiples. L'affichage de la trajectoire multi-rebond est possible avec les touches **Maj** **,** . La trajectoire est indiquée par une ligne continue de couleur jaune clair. Le calcul est effectué étape par étape, en commençant depuis la position source en cours, ou (si affiché) depuis le point d'éjection HTO. Le calcul de la trajectoire peut varier au fil du temps, et celle-ci n'est pas automatiquement mise à jour. L'affichage de la trajectoire peut être actualisé par **Maj** **U** . L'intervalle de temps entre chaque étape est automatiquement ajusté pour fournir une précision suffisante. Le nombre d'étapes temporelles, et donc la longueur de la trajectoire, peut être défini avec les touches **Maj** **W** . Le nombre des étapes temporelles et l'intervalle de temps total couvert par cette 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 simple. Pour des transferts interplanétaires (ex : de la Terre à Mars), quelques précautions sont à prendre :

- ▶ Pour les transferts interplanétaires, 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 peut 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 peut pas être ajustée, 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 non éclairée de la planète), c'est-à-dire quand la vitesse orbitale du vaisseau est additionnée à celle de la planète. Cela est le cas quand le vecteur-déplacement du vaisseau source est dirigé dans une direction opposée au Soleil.
- ▶ Immédiatement avant l'allumage des moteurs pour l'éjection, changez l'orbite source (donc celle de la planète) pour celle de votre vaisseau, afin que la valeur de  $Dv$  puisse être estimée.

## 15.12 Profil de Montée (MFD mode personnalisé)

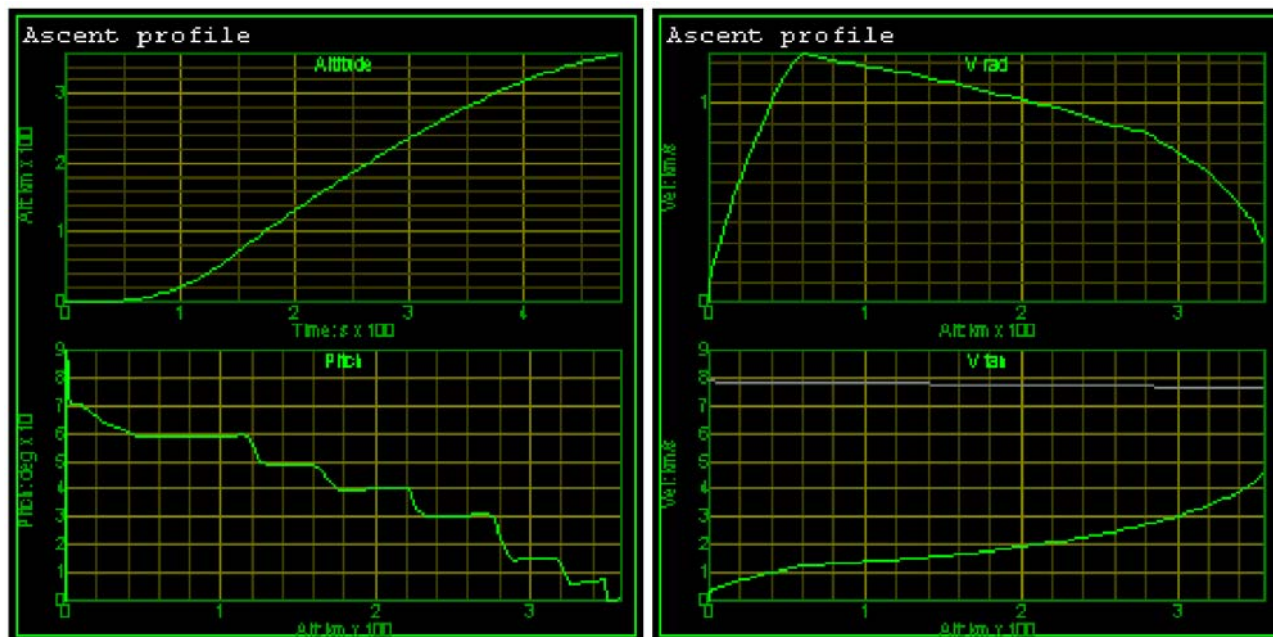
Ce mode de MFD est uniquement disponible si le plugin "Custom MFD" est activé dans la section *Modules* de la fenêtre de lancement d'Orbiter (*LaunchPad*).

Ce MFD *profil de montée* enregistre un certain nombre de paramètres du vaisseau et les affiche sur l'écran du MFD en tant que graphiques.

Les paramètres suivants sont affichés :

- ▶ Altitude en fonction du temps de fonctionnement.
- ▶ 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



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'étendue des valeurs pour l'altitude.
<b>Maj R</b>	Règle l'étendue des valeurs pour la vitesse radiale.
<b>Maj T</b>	Règle l'étendue des valeurs pour la vitesse tangentielle

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

### Insertion en orbite circulaire

Dans le graphique affichant la vitesse tangentielle ( $V_{tan}$ ), 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.

## 16 Commandes des vaisseaux spatiaux

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

### 16.1 Moteurs principaux, Rétrofusées et Hoover

Les moteurs principaux accélèrent le vaisseau vers l'avant, et les rétro propulseurs vers l'arrière. Ils sont commandés par les touches Pavé numérique (pour augmenter la poussée des moteurs principaux ou réduire celle des rétro propulseurs) et par les touches Pavé numérique (pour diminuer la poussée des moteurs principaux ou augmenter celle des rétro propulseurs). On peut stopper instantanément les moteurs principaux ou les rétro propulseurs avec les touches Pavé numérique. Le réglage permanent des moteurs peut être momentanément modifié avec la touche Pavé numérique (moteurs principaux à 100% de leur puissance) et la touche Pavé numérique (rétro propulseurs à 100% de leur puissance). Si disponible, un joystick ayant une manette des gaz peut être utilisé pour contrôler la puissance des moteurs principaux.

#### Propulsion de la fusée

L'accélération **a** du vaisseau résultant des moteurs principaux ou des rétro propulseurs dépend de la force **F** produite par ces moteurs ainsi que de la masse **m** du vaisseau :

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

A noter que **a** et **F** sont tous les deux des vecteurs, ce qui signifie qu'ils ont une direction ainsi qu'une grandeur. 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 mis en route. 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 la masse **m** du vaisseau. Cette situation est décrite par l'équation de fusée :

$$m(t) \frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = -c \frac{dm(t)}{dt}$$

où la valeur de la poussée  $\mathbf{F} = -c \, dm/dt$  est donnée par le produit de la vitesse des gaz expulsés **c** par la masse du taux de flux  $dm/dt$ . Cela peut être intégré sur un intervalle de temps pour produire une variation de vitesse  $\Delta v$  fonction de la masse initiale  $m_0$  et de la masse finale  $m_1$ :

$$\Delta v = c \ln \frac{m_0}{m_1}$$

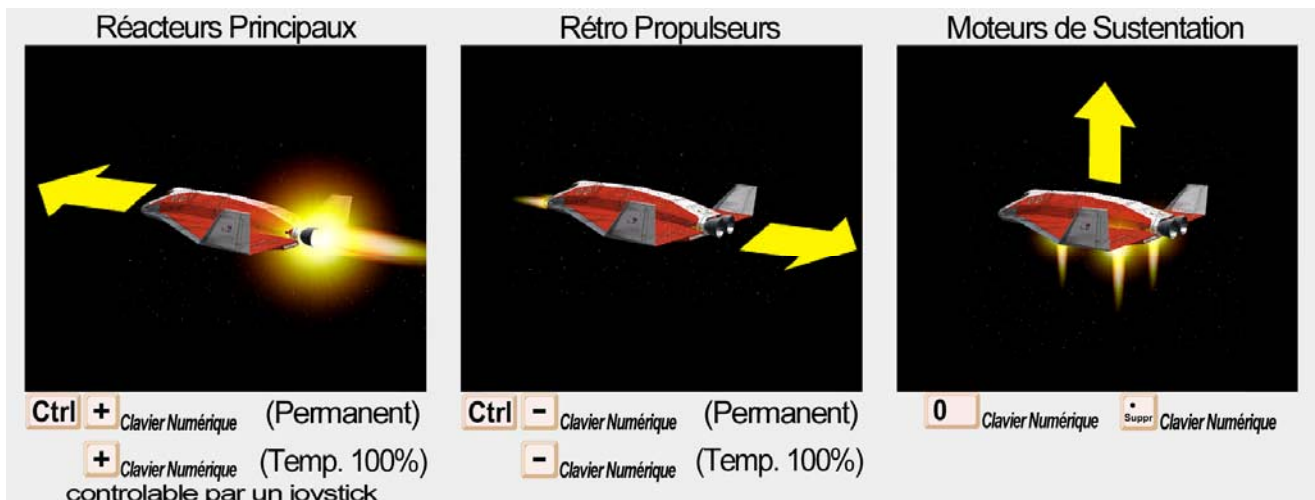
Les moteurs de sustentation (*hover engines*), s'ils sont disponibles, sont installés sous le fuselage du vaisseau afin de fournir une poussée vers le haut. La puissance de leur poussée est augmentée par la touche Pavé numérique et diminuée par la touche Pavé numérique. Les moteurs de sustentation sont très utiles pour compenser les forces de gravitation, sans la nécessité d'incliner le vaisseau vers le haut pour obtenir une composante d'accélération vers le haut provenant des propulseurs principaux



Le réglage courant du propulseur principal / rétro propulseur et de leur accélération correspondante s'affichent dans le coin supérieur gauche du HUD générique ( **MAIN ENG** ). La barre indiquant la valeur de la poussée est verte pour une poussée positive (propulseur principal) et jaune pour une poussée négative (rétro propulseur). La valeur de la poussée des moteurs de sustentation est aussi affichée, si applicable ( **HOVR ENG** ). La valeur numérique de l'accélération est en  $m/s^2$ . Les vaisseaux disposant de tableaux de bord personnalisés ont souvent leurs propres indicateurs du niveau de poussée des différents réacteurs.



Les vaisseaux équipés de surfaces aérodynamiques et se déplaçant à l'intérieur d'une atmosphère ne nécessitent habituellement pas de moteurs de sustentation, sauf parfois pour le décollage et l'atterrissage, car ils produisent d'eux même une force verticale due à la portance de l'air (*lift = soulever*), lors de leur déplacement avec une vitesse suffisante, comme un avion ordinaire. Cette portance dépend de la vitesse, et elle s'effondrera en dessous d'un certain seuil de vitesse (vitesse de décrochage).



Accélération par les moteurs principaux, les retro propulseurs et les moteurs de sustentation.

L'estimation de la poussée maximum dans le vide des moteurs ainsi que la masse du vaisseau sont affichés dans la tableau des caractéristiques et informations du vaisseau que vous pouvez appeler en tapant **Ctrl I**. Les valeurs sont données en Newton ( $1N = 1kg \ m \ s^{-2}$ ). Veuillez noter que les estimations actuelles peuvent être inférieures en présence et selon 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 et en bas de son tableau de bord-2D. (voir image ci-contre).

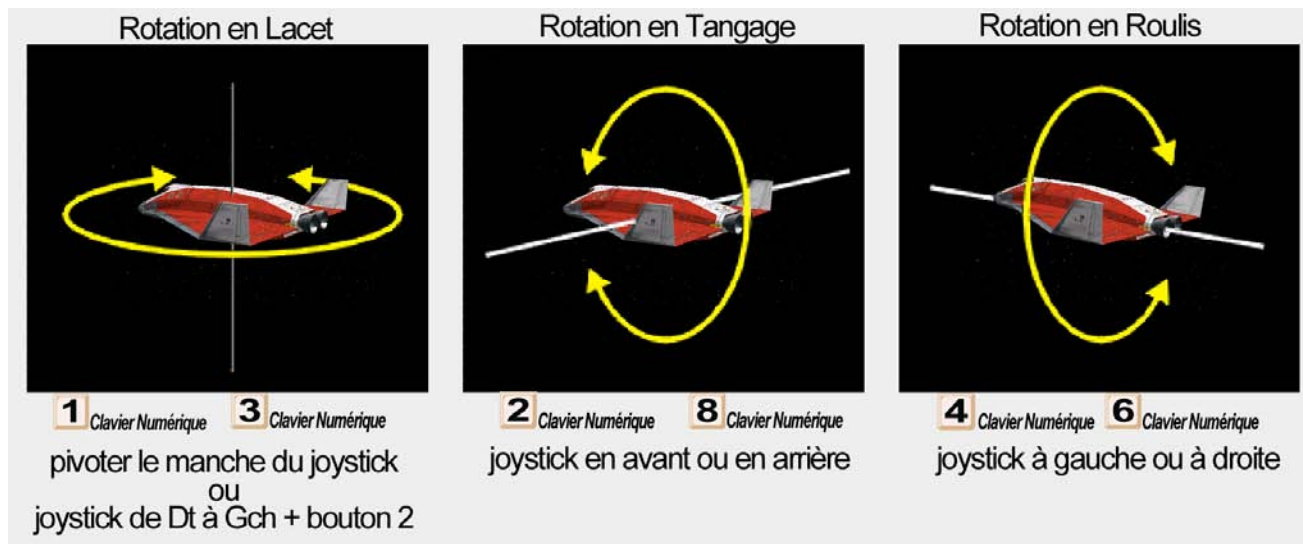


## 16.2 Propulseurs d'attitude

Les moteurs d'attitude (ou de manœuvre) sont de petits moteurs qui vont être allumés par paires afin de permettre au vaisseau d'effectuer un mouvement de rotation ou bien un mouvement de translation. En mode rotation, les propulseurs d'attitude sont allumés par paires *croisées* pour produire un moment de rotation (ex : un moteur à l'avant droit et un autre à l'arrière gauche pour tourner à gauche). 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 (ROT ou LIN) et peut basculer de l'un vers l'autre avec la touche **/** Pavé numérique.

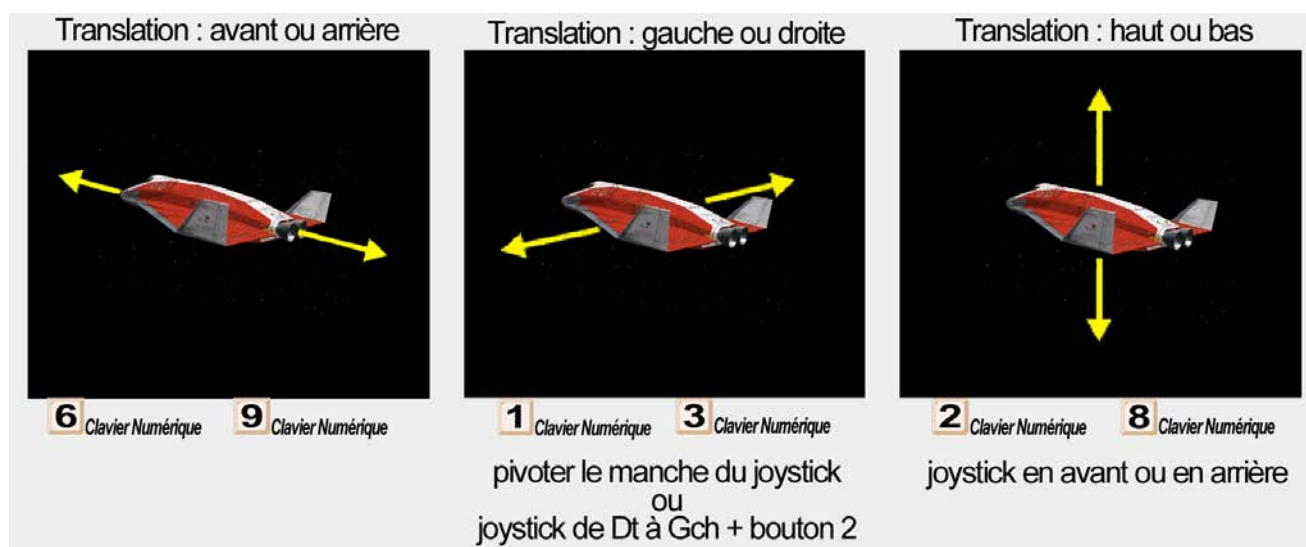


Les moteurs de manœuvre peuvent être contrôlés soit par un joystick soit par le clavier. En mode rotation :




Moteurs de manœuvre en mode rotation.

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



Moteurs de manœuvre en mode translation (linéaire).

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

Une fonction de contrôle très importante : 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 la rotation* ( *Kill rotation sequence* en  ). Vous pouvez également cliquer avec la souris sur le bouton **KILL ROT** situé en bas de votre écran.



## 17 Aides à la radionavigation

Orbiter utilise différents types d'émetteurs 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 COM/NAV, sélectionnez un récepteur (**Maj** ; ou **Maj** :) et réglez la fréquence (**Maj** ☹, **Maj** \$, **Maj** )], **Maj** =).



Les différents types de radio transmetteurs pour l'aide à la navigation actuellement pris en charge par Orbiter sont les suivants:

- ▶ **VOR** : radio balises omnidirectionnelles de surface, ayant généralement une portée de plusieurs centaines de kilomètres. Les signaux VOR peuvent être réglés sur le MFD-HSI (*Horizontal Situation Indicator = indicateur de situation horizontale*) ou le MFD-VTOL/VOR afin d'obtenir des informations de direction et de distance. Une carte avec les emplacements des VOR est disponible avec **Ctrl** , . Les fréquences des transmetteurs VOR situés sur des bases de surface sont également disponibles dans le tableau de renseignements des bases que l'on peut ouvrir avec **Ctrl** I .
- ▶ **VTOL** (*Vertical Take-Off and Landing*) : Les sites d'atterrissages peuvent être équipés d'un radio transmetteur de courte portée pour l'aide à l'atterrissage et au décollage verticaux. Ce signal peut être réglé sur le MFD VTOL/VOR pour pouvoir obtenir les informations d'alignement pour l'atterrissage. La liste des radio transmetteurs VTOL disponibles peut être obtenue grâce à la fenêtre de renseignements des bases de surface ( **Ctrl** I ) .
- ▶ **ILS** : De nombreuses pistes sont équipées d'un système d'atterrissage aux instruments (*ILS = Instrument Landing Systems*) qui fournissent des informations sur l'orientation de la piste et sur son couloir de descente (*glideslope*). Les informations de l'ILS sont utilisées par le MFD en mode HSI. Les fréquences ILS sont disponibles depuis le tableau des renseignements des bases de surface.
- ▶ **XPDR** : Certains vaisseaux et certaines stations orbitales sont équipés de transpondeurs à longue portée pour leur identification et leur localisation. 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 au tableau des renseignements du vaisseau ( **Ctrl** I ).
- ▶ **IDS** (*Instrument Landing Systems*) : Système d'atterrissage aux instruments. La plupart des stations spatiales et des vaisseaux fournissent des signaux d'approche de faible portée pour leurs ports d'arrimage (habituellement d'une 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 par le HUD arrimage (*Docking*) afin d'afficher le chemin d'approche représenté par une série de rectangles. Les fréquences IDS sont disponibles dans le tableau des renseignements du vaisseau que l'on peut toujours et encore ouvrir avec **Ctrl** I .

Pour savoir comment mettre en place des émetteurs XPDR et IDS dans un fichier de configuration (\*.cfg) d'un vaisseau ou d'une base, voir le document 3DModel.

## 18 Manœuvres de base pour le pilotage d'un vaisseau

Les techniques de vol suivantes sont pour la plupart de ma propre invention. Elles semblent plausibles, mais comme je ne suis pas un expert du vol spatial (mais un amateur enthousiaste) elles peuvent être inefficaces ou franchement erronées. Corrections et suggestions seront toujours les bienvenues.

### 18.1 Vol en surface

Par *vol en surface* nous parlerons 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 de surface à 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"* = *"maintenir l'altitude"*). Cela veut dire qu'une attitude horizontale devra être conservée par le vaisseau.
- ▶ Naviguer avec de courtes séquences d'allumage des propulseurs principaux.
- ▶ Si la vitesse de croisière horizontale est importante, le plan de vol peut approcher une trajectoire de mise en orbite. Dans ce cas, la puissance des moteurs de sustentation doit être réduite pour maintenir l'altitude. Dans le cas extrême où la 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 essentiellement un avion, avec des surfaces aérodynamiques 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 vers le haut 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 indépendante de la vitesse.

### 18.2 Lancement vers une orbite

Le lancement d'un vaisseau depuis la surface d'une planète afin d'atteindre une orbite basse est l'une des difficultés les plus élémentaires du vol spatial. Durant la première partie du décollage, le vaisseau a besoin d'appliquer une poussée verticale pour surmonter le champ de 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 provenant de son atmosphère soit nulle ou négligeable.



Les objets en orbite tournent généralement dans le même sens de rotation que la planète (*prograde*), afin de profiter du gain de vitesse fourni par la rotation de cette 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 les plus proches 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. Affichez l'un des MFD en mode Surface, l'autre en mode Orbite.
- ▶ Allumez les moteurs de sustentation (*hover*) au moins à  $10 \text{ m/s}^2$ .
- ▶ Après avoir décollé du sol, tournez en direction de l'est (  $90^\circ$  sur le compas du HUD).
- ▶ Levez le nez de l'appareil à  $70^\circ$ , et allumez en même temps à pleine puissance les moteurs principaux.
- ▶ Plus la vitesse-air augmente, plus vous pouvez diminuer progressivement la puissance des moteurs de sustentation, jusqu'à atteindre la valeur zéro.
- ▶ Plus vous gagnez de l'altitude, plus vous pouvez réduire l'angle de tangage (ex :  $60^\circ$  à 20 km,  $50^\circ$  à 50 km,  $40^\circ$  à 80 km, etc...)
- ▶ Dès que l'altitude désirée est atteinte (par exemple 200 km), faites chuter à zéro à la fois la vitesse et l'accélération verticales de votre vaisseau. (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 de poussée est requise pour contrer la gravitation, jusqu'à ce que la pleine vitesse orbitale soit atteinte.
- ▶ À mesure que la vitesse tangentielle augmente, l'angle de tangage doit être réduit pour maintenir une altitude constante.
- ▶ Dès que la vitesse tangentielle est atteinte afin d'obtenir une orbite circulaire (excentricité = 0), les moteurs doivent être coupés.

## 18.3 Changement d'orbite

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

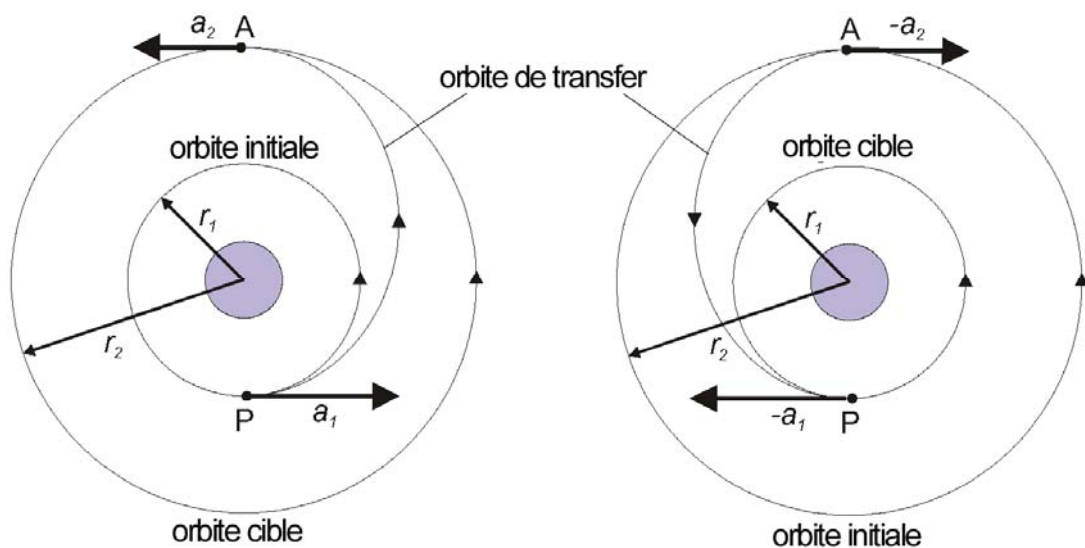
- ▶ **Augmenter la distance de l'apogée par rapport au sol** : Attendre jusqu'à ce que le vaisseau soit au périégée. Appliquer un vecteur de poussée en prograde (vaisseau orienté dans le sens du vecteur vitesse, allumer les moteurs principaux).
- ▶ **Diminuer la distance de l'apogée par rapport au sol** : Attendre jusqu'à ce que le vaisseau soit au périégée. Appliquer un vecteur de poussée en rétrograde (vaisseau orienté dans le sens opposé du vecteur vitesse, allumer les moteurs principaux).
- ▶ **Augmenter la distance du périégée par rapport au sol** : Attendre que le vaisseau soit à l'apogée. Appliquez un vecteur de poussée en prograde.
- ▶ **Diminuer la distance du périégée par rapport au sol** : Attendre que le vaisseau soit à l'apogée. Appliquez un vecteur de poussée en rétrograde.

## En pratique :

### Cas n°1 :

Supposons que vous vouliez passer d'une orbite basse circulaire (200 km) à une orbite circulaire plus élevée (1000 km).

- ▶ Faites pivoter le vaisseau en attitude prograde et allumez les moteurs principaux.
- ▶ Coupez la poussée des réacteurs dès que la distance de l'apogée arrive à la valeur de [1000 km + le rayon de la planète] (ex : 7 370 km pour la Terre). Utilisez le MFD en mode *Orbite* pour surveiller tout cela.
- ▶ Attendez que vous arriviez au point de l'apogée.
- ▶ Faites pivoter à nouveau le vaisseau en prograde, et rallumez ses moteurs principaux.
- ▶ Coupez les moteurs dès que la distance du périégée est égale à celle de l'apogée, c'est-à-dire lorsque l'excentricité est égale à 0.



*Aller vers une orbite plus haute nécessite une accélération en position prograde aux points P puis A (périgée 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 puis P.*

### Cas n°2 :

Rotation de l'argument du périastre d'une orbite elliptique (c'est à dire rotation de l'ellipse dans son plan).

- ▶ Attendez d'arriver au point périgée.
- ▶ Faites tourner le vaisseau en position 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 que vous avez choisie pour le nouveau périgée.
- ▶ Faites tourner le vaisseau en position prograde, et rallumez les moteurs principaux jusqu'à ce que l'excentricité voulue et la distance de l'apogée soient rétablies.

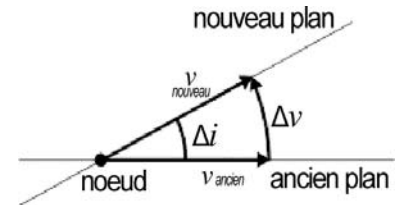
## 18.4 Rotation du plan orbital

Lorsqu'on essaie de réaliser un rendez-vous avec un autre objet en orbite (par exemple une station spatiale), les modifications nécessaires de l'orbite peuvent souvent être simplifiées en les scindant en deux phases distinctes : la première étape sera d'aligner le plan orbital de votre vaisseau avec celui de la cible, et la seconde étape consistera en des manœuvres effectuées dans ce même plan de l'orbite. Une fois que vous êtes dans le même plan que votre objet-cible, la plupart des opérations de navigation qui vont suivre vont être réalisées essentiellement en deux dimensions, ce qui les rend plus faciles et beaucoup plus fiables pour le calcul.

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 (  $\Omega$  ).

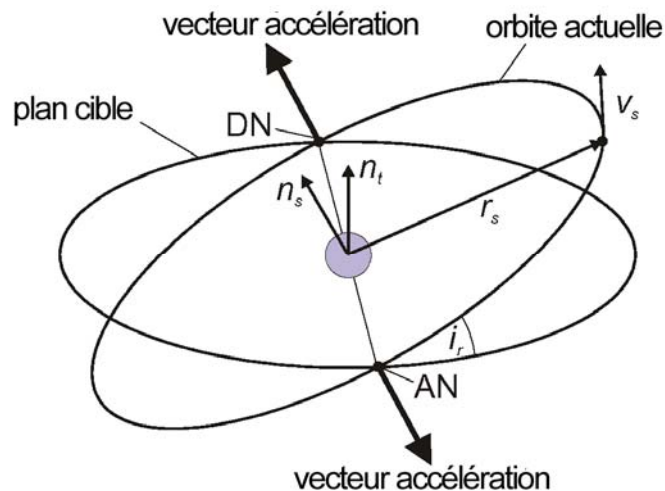
La technique habituelle pour modifier le plan orbital est de diriger le vaisseau perpendiculairement au plan orbital actuel (c.à.d. en position dite *Normale* ou *anti normale*), et d'allumer les moteurs en étant au niveau de l'un des deux nœuds (l'endroit où se croisent les plans des deux orbites, celle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

La valeur du  $\Delta v$  nécessaire pour faire pivoter l'orientation du plan d'un angle donné  $\Delta i$  est proportionnelle à la vitesse orbitale  $v$ . Il est par conséquent plus économique en carburant d'exécuter le changement de plan à l'endroit où  $v$  est le plus faible, c'est-à-dire proche de l'apogée. Parfois, il peut même être utile de réaliser une orbite plus excentrique avant de réaliser la manœuvre de changement de plan, de sorte que le rayon-distance de l'un des nœuds soit augmenté.



### Remarques :

- ▶ Si l'angle entre le plan orbital initial et celui de la cible est important, il peut être nécessaire d'ajuster l'orientation du vaisseau durant la manœuvre pour garder une position perpendiculaire (dite *Normale*) au plan orbital
- ▶ 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.
- ▶ Comme la manœuvre va prendre un temps bien défini  $\Delta T$ , les propulseurs doivent être allumés à environ la moitié du  $\Delta T$  avant l'arrivée au nœud. (par exemple si vous avez besoin de 30 secondes de poussée pour aligner les plans, allumez les moteurs 15 secondes avant le nœud, et coupez-les 15 secondes après).



### 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 du produit  $r_s \times v_s$ . L'accélération doit être appliqué en direction de  $-n_s$  au nœud montant (AN), et dans la direction de  $+n_s$  au nœud descendant (DN). (voir **Error! Reference source not found = Erreur ! Source de référence non trouvée**).

## En Pratique :

- ▶ Le mode MFD *Alignement du plan orbital* (= *align orbital plane*) est conçu pour vous aider dans votre manœuvre d'alignement des plans (voir chapitre 14.8). Sélectionnez votre objet cible désiré. ( **Maj** **T** ).
- ▶ Le HUD doit être en mode Orbite. Quand votre vaisseau se rapproche du nœud d'intersection de son plan orbital 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-Normale*" (s'il se trouve au AN). Il existe des commandes automatiques disponibles pour le RCS ( **M** et **%** ) pour exécuter l'alignement voulu. Servez-vous des barres d'inclinaison du HUD en mode orbite pour surveiller la manœuvre.
- ▶ Dès que le temps restant pour atteindre le nœud ( $T_n$ ) arrive à la moitié du temps de poussée estimé ( $T_{thA}$  ou  $T_{thD}$  respectivement pour AN et DN), l'indicateur "*Engage thruster*" (= *mettre en route les propulseurs*) va se mettre à clignoter. Allumez les moteurs à leur puissance maximum. Assurez vous que l'inclinaison relative ( $R_{Inc}$ ) diminue, c'est à dire que la valeur de la variation ( $Rate$ ) soit négative, sinon vous risquez d'orienter votre vaisseau dans la mauvaise direction !
- ▶ Ajustez l'orientation du vaisseau pour bien rester perpendiculaire au plan orbital (les commandes automatiques du RCS le feront pour vous).
- ▶ Coupez les propulseurs dès que l'indicateur passe sur "*Kill thruster*".
- ▶ Si l'inclinaison relative n'a pas été suffisamment réduite, répétez la procédure au passage du nœud suivant.
- ▶ Durant la manœuvre, assurez vous que votre orbite ne devienne pas instable. Surveillez en particulier son excentricité (utilisez pour cela le MFD-Orbite).

## 18.5 Synchronisation des orbites

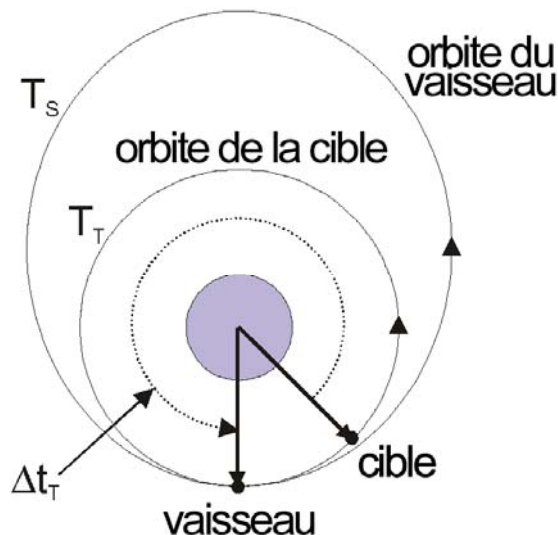
Dans ce chapitre, nous considérons que les plans orbitaux du vaisseau et de la cible ont déjà été alignés. (voir le chapitre précédent).

L'étape suivante, pour une manœuvre de rendez-vous, 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 sur un point interception. 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 rayon orbital. (pour synchroniser le rayon orbital, voir le chapitre 17.3). Cela signifie que les deux objets ont les mêmes éléments orbitaux à l'exception de l'anomalie moyenne (c'est-à-dire leur position). La méthode pour intercepter la cible est la suivante :

- ▶ Réglez le mode référence du MFD *Synchronisation de l'orbite* sur "Manual" (*manuel*) et faites pivoter l'axe pour le placer sur votre position actuelle.
- ▶ Orientez votre vaisseau en position prograde (en utilisant le HUD en mode *Orbite*) et allumez les moteurs principaux.
- ▶ L'orbite va devenir elliptique, avec une augmentation de la distance de l'apogée. Votre position actuelle se trouve sur le périégée. 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  $Tg-ToR$ .
- ▶ 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, allumez les moteurs en direction 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.





$$\begin{aligned} \text{Sh-ToR}(0) &= T_S \\ \text{Tg-ToR}(0) &= \Delta t_T \\ \text{Tg-ToR}(1) &= T_T + \Delta t_T \end{aligned}$$

↓

**Synchronisation:**  
 $T_S = T_T + \Delta t_T$

*Une 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 se trouve devant le vaisseau. Mais assurez vous que le périégée ne devienne pas dangereusement trop bas!

Il est toujours possible de pouvoir 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 se croiser. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser le mode de référence 1 ou 2 pour l'axe de référence de l'intersection avec le 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 manœuvre de synchronisation d'orbite plus difficile.

## 18.6 Atterrissage (approche de la piste)

Certains des vaisseaux d'Orbiter permettent de réaliser une approche de piste d'atterrissage avec les moteurs en marche ou non, tout comme un avion classique. Nous avons comme exemple le DeltaGlider et la Navette Spatiale. Le site d'atterrissage de la Navette (SLF = Shuttle Landing Facility) du Centre Spatial Kennedy offre 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 les atterrissage de la Navette Spatiale. Elle comprend un Indicateur de Précision de Trajectoire d'Approche (PAPI = **P**recision **A**pproach **P**ath Indicator) à grande distance, qui permet de s'aligner dans un couloir d'approche, et un Indicateur Visuel de Pente d'Approche (VASI = **V**isual **A**pproach **S**lope Indicator) 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 incliné que le plan de descente pour un avion standard !). Le VASI est réglé pour un couloir de descente incliné à 1,5° pour l'arrondi final, juste avant le toucher des roues.

## Indicateur de Trajectoire d'Approche Précise (PAPI)

Le PAPI se compose d'un tableau avec 4 lumières en ligne, lesquelles apparaissent pour le pilote soit en blanc soit en rouge, selon que la position du vaisseau se trouve au-dessus ou en dessous du couloir d'approche (*glide*). Si la position d'approche est correcte, le pilote verra 2 lumières blanches et 2 lumières rouges (voir figure ci-dessous). Dans Orbiter, le SLF comporte 2 PAPI pour l'approche de la piste, localisés à 2000 mètres avant les seuils des deux extrémités de la piste.

	Au-dessus de la trajectoire de descente
	Légèrement au-dessus de la trajectoire de descente
	Sur la bonne trajectoire de descente
	Légèrement en dessous de la trajectoire de descente
	En dessous de la trajectoire de descente

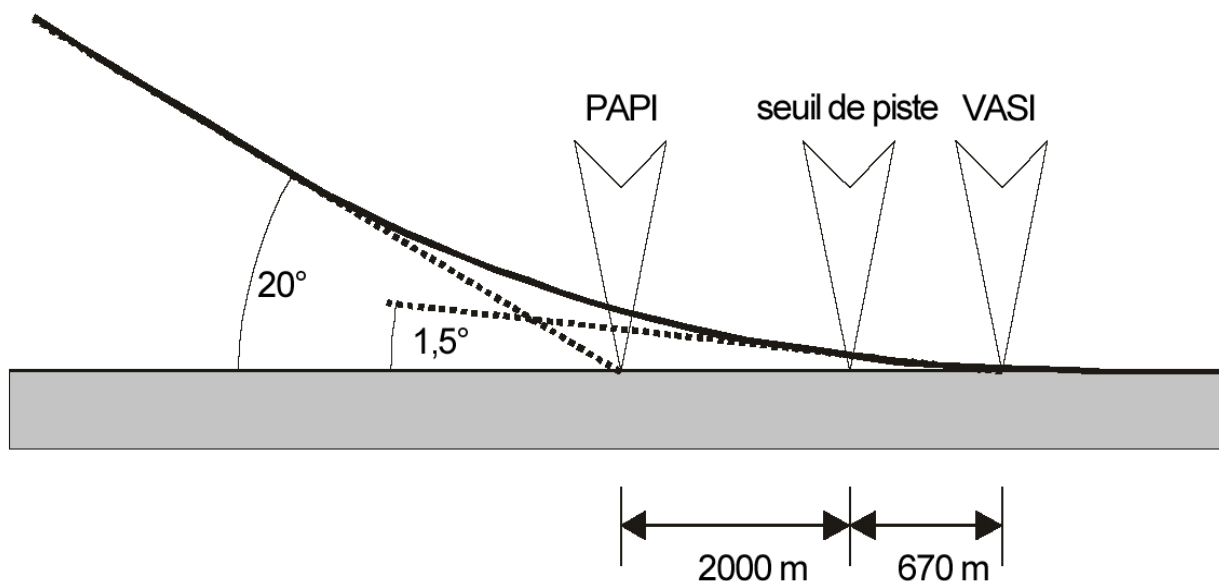
*Signaux d'un indicateur PAPI*

## Indicateur Visuel de Pente d'Approche (VASI)

Le VASI se compose d'une barre rouge lumineuse et d'un groupe de lumières blanches juste devant elle. Correctement placé sur la pente, les lumières blanches seront alignées avec la barre rouge. (Voir figure ci-dessous). Au SLF, le VASI est situé à environ 670 mètres après le seuil de la piste.

	Au-dessus de la trajectoire de descente
	Sur la bonne trajectoire de descente
	En dessous de la trajectoire de descente

*Signaux d'un indicateur VASI*








*Trajectoire d'approche de la navette vers le SLF*

## 18.7 Arrimage (*Docking*)

L'arrimage à une station orbitale est la dernière étape d'une manœuvre de rendez-vous. Nous supposons que vous avez intercepté avec succès la Station cible après avoir suivi toutes les étapes précédentes.

Nous allons voir ici comment réaliser l'approche finale et l'arrimage.


- ▶ Réglez l'un de vos deux MFDs en mode Arrimage (*Docking*) et commutez également le HUD en mode arrimage (*Docking*) en appuyant sur la touche **H** jusqu'à ce que ce mode soit sélectionné.
- ▶ Réglez l'un de vos récepteurs NAV sur la fréquence XPDR de la station, si disponible. La fréquence est indiquée dans la fenêtre d'information de la station (**Ctrl I**).
- ▶ Associez le MFD Arrimage (*Docking*) et le HUD Arrimage (*Docking*) avec ce récepteur NAV (respectivement **Maj N** et **Maj R**).
- ▶ Si ce n'est pas déjà fait, synchronisez la vitesse relative du vaisseau par rapport à celle de la cible en faisant pivoter 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 pour le mettre en position face à la station (marqueur ).
- ▶ A une distance d'environ 10 km de la cible, réglez un récepteur NAV sur la fréquence de l'IDS (*Instrument Docking System*) du port d'arrimage choisi, si disponible. Associez le MFD Arrimage et le HUD en mode Arrimage avec ce récepteur, si disponible. Cela permet d'afficher les informations d'orientation et de direction dans le MFD, et une représentation visuelle de la trajectoire d'approche dans le HUD (rectangles).
- ▶ Avancez vers le rectangle de trajectoire d'approche le plus éloigné de la Station et conservez votre attitude.
- ▶ Alignez le cap du vaisseau avec la direction du couloir d'approche en utilisant l'indicateur  du MFD.
- ▶ Alignez la position du vaisseau sur le chemin d'approche de la Station en utilisant l'indicateur  du MFD. Réglez les moteurs de manœuvre en mode linéaire (pour pouvoir 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 aux moteurs de manœuvre. Durant l'approche, corrigez en permanence votre position avec les moteurs de manœuvre en mode linéaire.
- ▶ Réduisez votre vitesse d'approche à moins de 0,1 m/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, appuyez sur les touches **Ctrl D**.





*Un vaisseau cargo Shuttle-A après une approche et un arrimage réussi avec l'ISS.*

### Remarques :

- Pour un contrôle précis des manœuvres d'attitude avec le clavier, utilisez les propulseurs de manœuvre en mode "faible puissance" (**Ctrl** +  pavé numérique).
- L'alignement en rotation n'est pas actuellement implémentée dans Orbiter, mais pourra l'être dans une version future.
- Actuellement, il n'y a pas de détection de collision dans Orbiter. Donc, si vous manquez le port d'arrimage, vous pourrez passer à travers la Station.



### Arrimage avec des stations en rotation

Les Stations Orbitale du type Luna-OB1 sont en rotation pour obtenir une force centrifuge afin de simuler une gravité, ce qui est plus agréable pour leurs habitants, mais complique la manœuvre d'arrimage. 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 la trajectoire d'approche, la vitesse de rotation du vaisseau autour de son axe longitudinal du doit être en phase avec celle de la station.

### Important :

- Ne commencez la mise en rotation longitudinale de votre vaisseau qu'au dernier moment, juste avant l'arrimage (une fois passé le dernier marqueur d'approche). En effet, une fois que vous aurez lancé votre rotation, les ajustements linéaires vont devenir très difficiles.
- Une fois que votre rotation est synchronisée avec celle de la station, n'appuyez pas par accident sur la touche **5** PavNum (*Kill rotation = stopper la rotation*), sinon vous devrez recommencer la synchronisation de votre rotation.








### **Un petit truc 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 !..

## 19 L'enregistreur de vol

Vous pouvez enregistrer et reproduire vos sessions de simulation d'Orbiter avec la fonction intégrée "enregistreur de vol". Pour accéder à l'enregistreur durant une simulation, ouvrez la fenêtre de dialogue *lecteur / enregistreur de vol* avec les touches **Ctrl F5**. Vous pouvez désormais choisir un nom pour enregistrer le scénario. Par défaut, l'enregistrement sera archivé sous le nom du scénario en cours. Ensuite, appuyez sur le bouton **REC** pour commencer l'enregistrement du vol sur le disque. Appuyez sur le bouton **STOP** pour arrêter l'enregistreur. Vous pouvez également démarrer et arrêter l'enregistreur directement à partir de la 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 de l'enregistreur peuvent être consultées en appuyant sur le bouton .

Il s'agit notamment de :

- ▶ **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 relecture, l'utilisateur a ensuite la possibilité de définir automatiquement la vitesse de simulation des données enregistrées.
- ▶ **Échantillonnage par système d'étapes de temps (Sampling in system time steps)** : Si cette option est activée (case 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 l'avance rapide lors des moments les moins critiques de la mission.
- ▶ **Intervalles d'échantillonnage (Sampling intervals)** : Actuellement non utilisé.
- ▶ **Données d'attitude (Attitude data)** : Les données peuvent être enregistrées par rapport à la référence de l'écliptique global, ou par rapport à l'horizon local du corps céleste de référence en cours

Pour lire une session précédemment enregistrée, lancez le scénario que vous trouverez dans le dossier `\Scenarios\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 du vaisseau. Vous pouvez mettre fin à la lecture avant la fin de la séquence enregistrée en appuyant sur **Ctrl C**, ou en appuyant sur le bouton **STOP** de la boîte de dialogue de l'Enregistreur de Vol. Dans ce cas, le contrôle est rendu immédiatement à l'utilisateur.

Pendant la lecture, l'utilisateur a la possibilité d'utiliser plusieurs options pour interagir avec la simulation. Par exemple, il est possible de déplacer la caméra, de changer les vues entre intérieur et extérieur, et même d'utiliser les instruments MFD pour accéder à encore plus de données du vol. Le contrôle manuel de la vitesse de simulation n'est possible que si, dans la boîte de dialogue, l'option *Play at recording speed* (lecture à la même vitesse que celle de l'enregistrement) est désactivée (**Ctrl F5**). Sinon, Orbiter fixe la vitesse de simulation directement à partir des données enregistrées.



On peut rajouter aux vols enregistrés des commentaires qui vont apparaître sur l'écran de la fenêtre de simulation à des moments prédéfinis. Cela ouvre une nouvelle manière passionnante pour écrire des didacticiels et des vols de démonstration. (Ces annotations peuvent être désactivées à partir de la fenêtre de dialogue de l'enregistreur pendant une lecture en désactivant l'option *Show inflight notes* (*Afficher les notes en vol*)).

Les données correspondantes aux enregistrements de sessions de simulation sont archivées 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 de 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 des attitudes sont enregistrées en utilisant les valeurs des angles d'Euler (🤖 voir plus bas) du vaisseau spatial par rapport au cadre de référence de l'écliptique, ou bien par rapport au cadre de référence de 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.
- ▶ **formulation des événements** (fichier \*.atc). Ce fichier comporte les changements des forces de poussée des moteurs des vaisseaux, 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 aux vaisseaux 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 des fichiers situés dans un sous-dossier du dossier *Flights*. Pour partager une lecture avec d'autres utilisateurs d'Orbiter, tous ces fichiers doivent être copiés. Notez que le fichier scénario peut être déplacé vers un autre dossier de Scénarios, 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 accéléré) : 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.

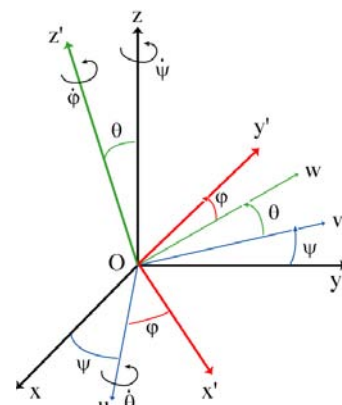
La fonction d'enregistrement d'Orbiter est toujours en développement. Les futures versions pourront amener des modifications du mécanisme d'enregistrement et des formats de fichier. Certaines fonctions, comme l'enregistrement des animations, nécessitent des modifications des modules-plugin des vaisseaux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

Plus de détails sur les spécifications au sujet de l'utilisation et du format des fichiers de l'enregistreur de vol peuvent être trouvés dans une documentation technique séparée : [Doc\Technotes\RecorderRef](#).



#### Angles d'Euler :

Le mouvement d'un solide par rapport à un référentiel fait intervenir 6 paramètres, qui sont 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.



## 19.1 Éditeur d'événements pour la lecture de l'enregistrement

Après l'enregistrement d'un vol, vous avez la possibilité d'utiliser l'éditeur de lecture (*Playback editor*) pour améliorer la relecture. vous pouvez :

- ▶ Ajouter des annotations qui apparaîtront sur l'écran à des moments précis lors de la relecture.
- ▶ Changer les positions de la caméra.
- ▶ Modifier lors de la relecture la vitesse de simulation appliquée pendant l'enregistrement.

Cependant, vous ne pouvez pas modifier l'enregistrement de la simulation elle-même. (comme changer les trajectoires des vaisseaux, le temps de combustion des moteurs, les animations, etc) Pour accéder à l'éditeur de lecture (*Playback editor*), lancez un scénario préalablement enregistré, puis ouvrez la fenêtre de dialogue de la lecture (*playback*) avec **Ctrl F5**, et cliquez sur le bouton de l'éditeur de lecture (*Playback editor*). Cela va ouvrir la boîte de dialogue de l'éditeur de lecture.

### liste des évènements :

La partie supérieure de la boîte de dialogue comporte une liste d'événements pour le scénario. Initialement, cette liste peut être vide, ou bien contenir certains libellés d'événements qui ont été ajoutés pendant l'enregistrement original.

Chaque ligne de la liste représente un événement. Chaque événement contient :

- ▶ Une marque de temps (temps de simulation depuis le début de la lecture en secondes).
- ▶ Un libellé d'événement déterminant le type d'événement.
- ▶ Et les paramètres spécifiques du type d'événement .

### Ajout d'un nouvel événement :

Les événements sont toujours ajoutés à l'instant concerné pendant la simulation en cours (c'est à dire à la position du *marqueur* de temps). Par contre, vous pourrez modifier ultérieurement le moment de survenue de ces événements pour les déplacer à un autre moment.

Tout d'abord, sélectionnez un type d'événement dans la liste déroulante en dessous de la liste des événements. Les catégories d'événements les plus importants possèdent des entrées dans cette liste. (Pour les éléments plus rarement utilisés, sélectionnez l'entrée et saisissez l'événement manuellement). Ensuite, appuyez sur le bouton *Insert (Insérer)*.

Une nouvelle ligne d'événement apparaît dans la liste, et la zone *Edit (Modifier)* située dans la partie inférieure de la boîte de dialogue permet de définir tous les paramètres requis.

### Modification d'un événement existant :

Si vous souhaitez modifier les paramètres d'un événement déjà dans la liste, il suffit de le surligner en cliquant sur la ligne de la liste. Les paramètres de l'événement apparaîtront dans la zone d'édition, et vous pourrez les modifier.

### Suppression des événements :

Pour supprimer un événement, sélectionnez-le en cliquant sur sa ligne dans la liste. Puis appuyez sur le bouton *Delete (Supprimer)*.



## Valider les modifications :

Pour valider les modifications que vous avez apportées à la liste des événements, appuyez sur le bouton *Commit* (*valider*) situé au bas de la boîte de dialogue. Cela permettra de sauver la liste des événements modifiée dans le fichier de relecture. Orbiter va immédiatement ré analyser ce fichier en temps réel, de sorte que toute modification peut être examiné à chaque fois.



### Note du traducteur :

J'ai eu un peu de mal à traduire ce chapitre car je n'ai pas vraiment étudié cette nouvelle fonctionnalité d'Orbiter, et pour être franc, je n'y comprends pas grand' chose. Si vous ne comprenez pas non plus ce chapitre, ce n'est pas bien grave, allez au chapitre suivant. Les Orbinautes étant intéressés par cette fonction n'auront pas besoin de cette traduction, car ils sont certainement suffisamment habitués à l'anglais...

Orbiter contient un module interpréteur de script qui permet de contrôler de nombreuses tâches de simulation à l'aide de scripts. Les applications de script comprennent les pilotes automatiques, les commandes de MFD, les didacticiels interactifs, les contrôles de mission, et bien d'autres choses.

Le moteur de script d'Orbiter utilise le langage de script Lua ([www.lua.org](http://www.lua.org)). Un grand nombre de fonctions et de méthodes ont été ajoutées à l'ensemble de la commande standard Lua pour fournir une interface à l'environnement de simulation pour Orbiter. Dans une large mesure, l'interface Lua d'Orbiter reproduit l'interface API en C + +.

Il existe plusieurs méthodes disponibles pour les utilisateurs et les développeurs pour accéder à l'interface de script :

- Fenêtre de la console : Assurez-vous que le module *LuaConsole* est activé dans l'onglet *Modules* du *launchpad* d'Orbiter. La console peut alors être ouverte en sélectionnant "*Lua console window*" à partir de la liste de commandes personnalisées (**Ctrl F4**).
- Terminal MFD : Assurez-vous que le module *LuaMFD* est activé dans l'onglet *Modules* du *launchpad* d'Orbiter. Le mode terminal MFD est alors disponible avec les touches **Maj F1** – **Maj T**.
- Exécuter un script en lançant un scénario. Ceci est utile pour les scénarios de type mission ou tutoriel.
- Exécuter une commande-Lua ou un script-Lua à partir d'un module en utilisant l'API d'Orbiter. C'est utile pour la mise en œuvre de pilotes automatiques et de systèmes de commande.

Pour des exemples de scripts et une liste des fonctions disponibles, consultez le "Manuel de l'utilisateur de Script pour Orbiter" (*Orbiter Scripting User Manual*) dans l'aide en ligne d'Orbiter (disponible à partir du bouton "Aide" (*Help*) dans la fenêtre du *Launchpad*, ou avec **Alt H** à partir de l'écran d'Orbiter. Depuis un terminal (console ou terminal MFD), vous pouvez accéder au guide des scripts en tapant : *help(api)*.

### 20.1 Fenêtre de console

La console permet de saisir des commandes ou de lancer des scripts contrôlant divers aspects du comportement de vaisseaux. Pour ouvrir la fenêtre de la console, sélectionnez *Lua console window* (fenêtre de la console Lua) à partir de la liste des commandes personnalisées (**Ctrl F4**). Si cette option n'est pas disponible, activez le module *LuaConsole* dans l'onglet *Modules* de la boîte de dialogue *launchpad* d'Orbiter.

La fenêtre de la console est une simple interface de terminal. Les entrées des données de l'utilisateur apparaissent en noir, les réponses du programme s'affichent en vert. La fenêtre peut être redimensionnée. La taille des caractères peut être sélectionnée dans la rubrique *Console configuration* dans l'onglet *Extras* tab du *Launchpad* d'Orbiter. La console permet l'édition simple de lignes de commande, et de faire défiler l'historique des commandes avec la touche **↑**.

```
Orbiter Console
==== Orbiter Terminal (Lua 5.1.2) ====
Type 'help()' for help.

$run('atlantis/launch')
Space Shuttle Atlantis ascent autopilot
Run function 'launch()' to start
Global variables (can be adjusted before launch):
vif: target spacecraft interface (default: STS-101)
orbit alt: target altitude [m] (default: 300e3)
azimuth: launch azimuth [rad] (default: 90*RAD)
$launch()
Ascent autopilot initiated.
Attached to: STS-101
Launch azimuth: 90deg.
Target altitude: 300km
job id=1 (1 jobs)
```

## 20.2 MFD Terminal

Le mode MFD Terminal est disponible par l'entrée du terminal MFD (**Maj T**) dans la liste de sélection des MFD (**Maj F1**). Si cette entrée n'est pas disponible, activez le module *LuaMFD* dans l'onglet *Modules* du *launchpad* d'Orbiter.

Les commandes peuvent être entrées dans le MFD en appuyant sur le bouton **INP** (*input=entrée*) (**Maj I**), puis en écrivant la commande, et enfin en appuyant sur **Entrée**.

Le MFD permet d'ouvrir simultanément plusieurs interpréteurs de commandes. Pour ouvrir une nouvelle page du terminal, appuyez sur **NEW** (**Maj N**). Pour passer d'une page à une autre, appuyez sur **PG >** (**Maj :**) ou **< PG** (**Maj ;**). Pour fermer une page du terminal, appuyez sur **DEL** (**Maj D**).

## 20.3 Exécuter un script avec un scénario

Pour exécuter automatiquement un script dans Orbiter quand un scénario débute, le scénario doit comporter la ligne suivante à l'intérieur de la section **ENVIRONMENT** :

```
SCRIPT <path>
```

où *<path>* (*chemin*) est le chemin du fichier de script, relatif au sous-dossier contenant le scénario. Les fichiers de script sont des fichiers texte. Les noms des fichiers doivent avoir l'extension ". Lua", mais cette extension ne doit pas être ajoutée à la spécification du chemin. Par exemple, si vous avez créé un fichier de script *tutorial1.lua* dans un dossier *Script\MyScripts* placé sous le dossier principal d'Orbiter, l'entrée dans le fichier de scénario sera :

```
SCRIPT MyScripts/tutorial1
```

## 20.4 Appeler une commande ou un script par l'API

Pour accéder à l'interface de Scripts à partir d'un module plug-in, vous devez créer une instance d'interprétation avec la fonction *oapiCreateInterpreter*. Cette fonction retourne un *handle* qui peut ensuite être utilisé pour envoyer des commandes grâce à la fonction *oapiExecScriptCmd*. Il est possible, soit d'exécuter des commandes individuelles, soit des scripts entiers par la commande "run" (*Exécuter*).



**Lua** (source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Lua>) est un langage de script libre, réflexif et impératif.

Créé en 1993, il est conçu de manière à pouvoir être embarqué au sein d'autres applications afin d'étendre celles-ci, comme en témoigne la compacité de son interpréteur (95 à 185 Ko pour la version 5.0.2, selon le compilateur utilisé et le système cible). Lua (qui signifie lune en portugais) a été développé par Luiz Henrique de Figueiredo, Roberto Ierusalimsky et Waldemar Celes, membres du groupe de recherche TeCGraf, de l'université de Rio de Janeiro au Brésil.

Lua est écrit en langage C ANSI strict, et de ce fait est compilable sur une grande variété de systèmes. Il est souvent utilisé dans des systèmes embarqués où sa compacité est très appréciée. Il profite de la compatibilité que possède le langage C avec un grand nombre de langages pour s'intégrer facilement dans la plupart des projets.

Il est particulièrement apprécié pour le développement de jeux vidéo comme pour l'interface du jeu *World of Warcraft* de Blizzard Entertainment, *Garry's Mod* ou encore *Far Cry* de Crytek Studios, *SimCity 4* et *Natural Selection 2* de Unknown Worlds Entertainment qui a entre autres développé Decoda, un IDE pour Lua. Lua a été porté dernièrement sur la console portable de Sony, la PSP. Ce langage est également utilisé pour la programmation de jeux de Nintendo DS, pour la programmation Roblox et récemment pour la TI-Nspire avec l'OS 3.0 ou ultérieur.



**Handle** : (= "poignée"). Immatriculation d'un objet informatique (p.ex. une fenêtre ou un fichier) permettant sa «manipulation» ou sa gestion (to handle en anglais). Dans le système MS-DOS, un handle est un numéro attribué à un fichier.



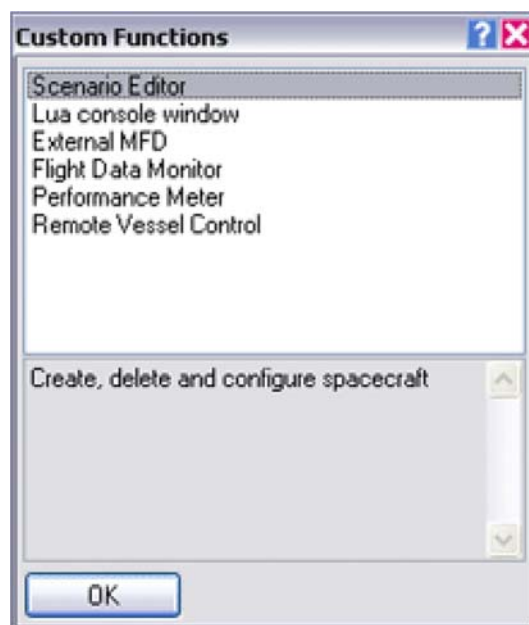
## 21 Fonctions supplémentaires

Orbiter est livré par défaut avec un certain nombre de modules-plugin (modules ajoutés) permettant d'améliorer les fonctionnalités du programme Orbiter. Pour accéder à ces fonctions additionnelles, les modules en question doivent être préalablement activés dans l'onglet *Modules* de la fenêtre de lancement (*launchpad*) d'Orbiter. (voir le chapitre 4.4 pour savoir comment activer un ou plusieurs modules).

De nombreux autres modules-plugin sont disponibles, créés par des développeurs d'add-ons. Vous pouvez faire des recherches sur Internet sur les différents sites d'add-ons pour Orbiter, et vous en trouverez beaucoup !..

Activez de préférence uniquement les modules dont vous aurez besoin, 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 diminuer sérieusement les performances d'Orbiter.

Lorsqu'ils sont activés, certains plugins, comme un MFD personnalisé, prennent effet automatiquement à chaque fois que Orbiter fonctionne. D'autres sont accessibles depuis la fenêtre de dialogue *Custom functions* (fonctions personnalisées). Utilisez les touches **Ctrl F4** pour avoir la liste des fonctions disponibles.



### 21.1 Éditeur de scénario

Orbiter intègre un éditeur de scénarios qui permet de créer, de configurer et de supprimer des vaisseaux dans une session de simulation en cours, et qui permet également de modifier la date. Cet éditeur fonctionne comme un module plugin. Pour l'utiliser, assurez-vous que le module *ScnEditor* est activé dans l'onglet *Modules* de la fenêtre de lancement (*launchpad*) d'Orbiter.

Au cours de la simulation, vous pouvez accéder à cet éditeur de scénario en ouvrant la boîte de dialogue des fonctions personnalisées (*Custom Functions*) avec **Ctrl F4**, puis, dans la liste, en double-cliquant sur la ligne *Scenario Editor*. Cette action fera apparaître la page principale de l'éditeur de scénario. 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 : [Doc\ScenarioEditor](#). Ce document contient également un chapitre pour les développeurs d'add-ons qui souhaitent intégrer dans l'éditeur de scénario de nouveaux codes pour des vaisseaux.

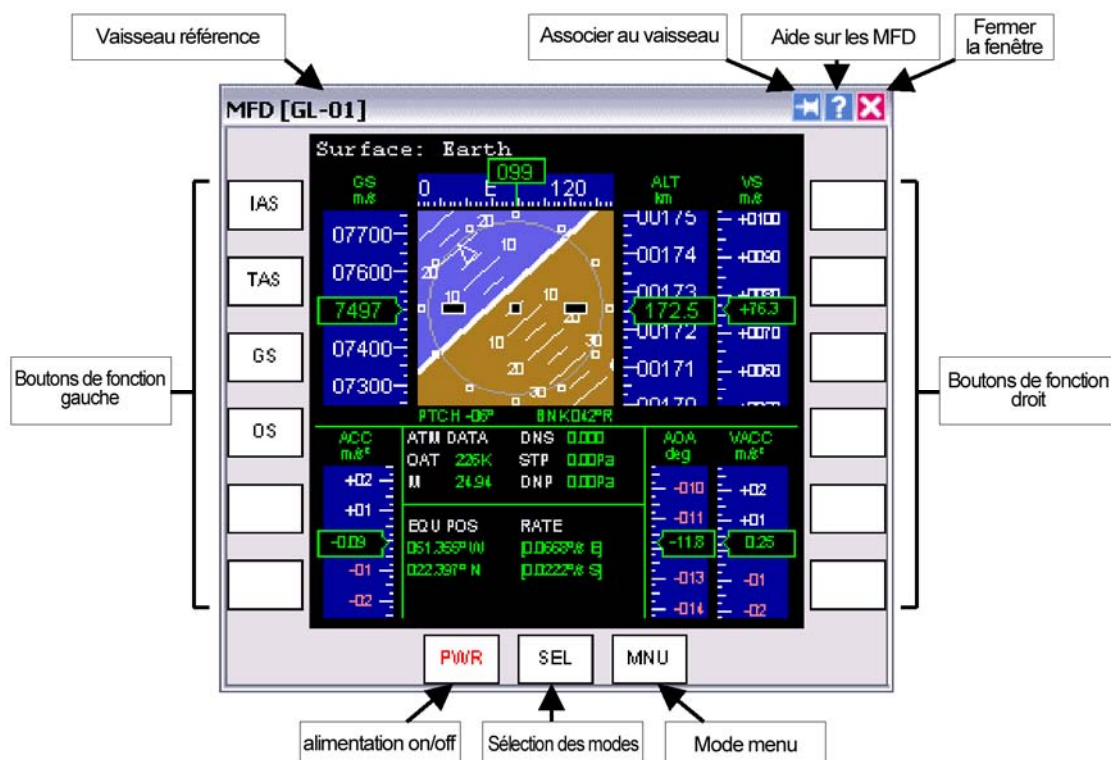
### 21.2 MFDs externes

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 MFDs supplémentaires qui vont s'afficher dans de nouvelles fenêtres indépendantes. Ceci est particulièrement pratique dans des configurations avec plusieurs moniteurs car vous pourrez afficher la fenêtre de simulation d'Orbiter sur un moniteur, et plusieurs MFDs sur le ou les autres.

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



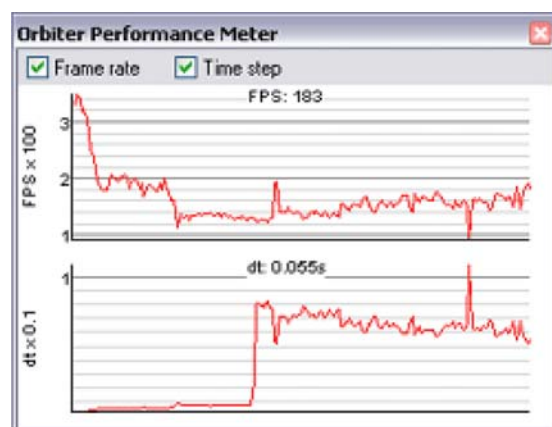
Les MFDs externes fonctionnent de la même manière que les MFDs classiques intégrés au tableau de bord. Ils peuvent être contrôlés en appuyant sur les boutons se trouvant sur les cotés, à gauche, à droite et en bas. Voir le chapitre 14 pour une description des différents modes de MFD disponibles et de leurs commandes.



Contrairement aux MFD *classiques*, les fenêtres des MFDs *externes* peuvent étre redimensionnées. Elles sont disponibles en vue extérieure comme 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.

## 21.3 Indicateur de performance (performance meter)

C'est une petite fenêtre qui permet de suivre le taux d'images par seconde et l'intervalle de temps (ou *pas* de temps ou encore *mesure* du temps) de la simulation dans Orbiter. Elle nous montre le taux d'images par seconde (FPS) et / ou la longueur de l'intervalle (en secondes) entre deux *frames* (ou images) consécutives, le tout affiché sous la forme d'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* (= *Fréquence d'images par seconde*) est actif. Il est accessible par l'entrée *Frame Rate* dans la fenêtre *Custom functions* (**Ctrl F4**).

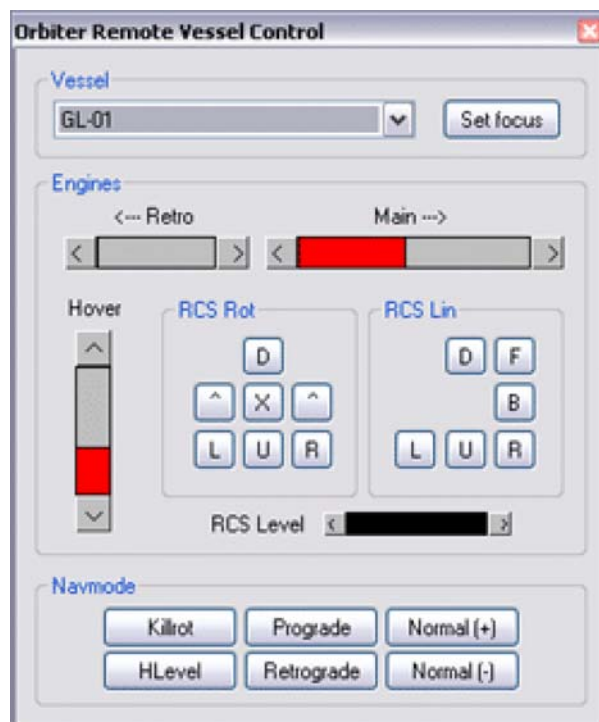


## 21.4 Contrôle à distance des vaisseaux

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

La boîte de dialogue contient une liste de sélection de vaisseaux, des jauges concernant les propulseurs principaux, les rétro propulseurs et les moteurs de sustentation, des commandes pour les propulseurs RCS en mode rotation ou linéaire, et l'accès aux fonctions des modes de navigation standards. Cette interface peut être également très utile si l'accès simultané au mode rotation et au mode linéaire du RCS est nécessaire.

Cet outil n'est disponible que si le module *Rcontrol* est actif. Son accès se fait par l'entrée *Remote Vessel Control* (*Contrôle à Distance de Vaisseau*) (**Ctrl F4**) du panneau *Custom functions* (*Fonctions Personnalisées*).



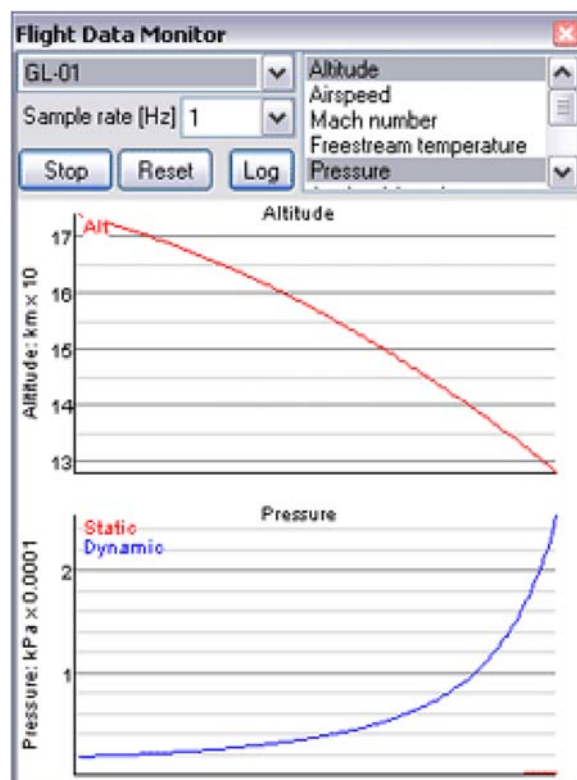
## 21.5 Moniteur de données de vol

Le moniteur des données de vol affiche sous forme de graphique un certain nombre de paramètres de vol en fonction du temps. Cet outil n'est disponible que si le module *FlightData* est actif. La boîte de dialogue est accessible depuis le panneau *Custom functions* (*Fonctions Personnalisées*) (**Ctrl F4**).

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

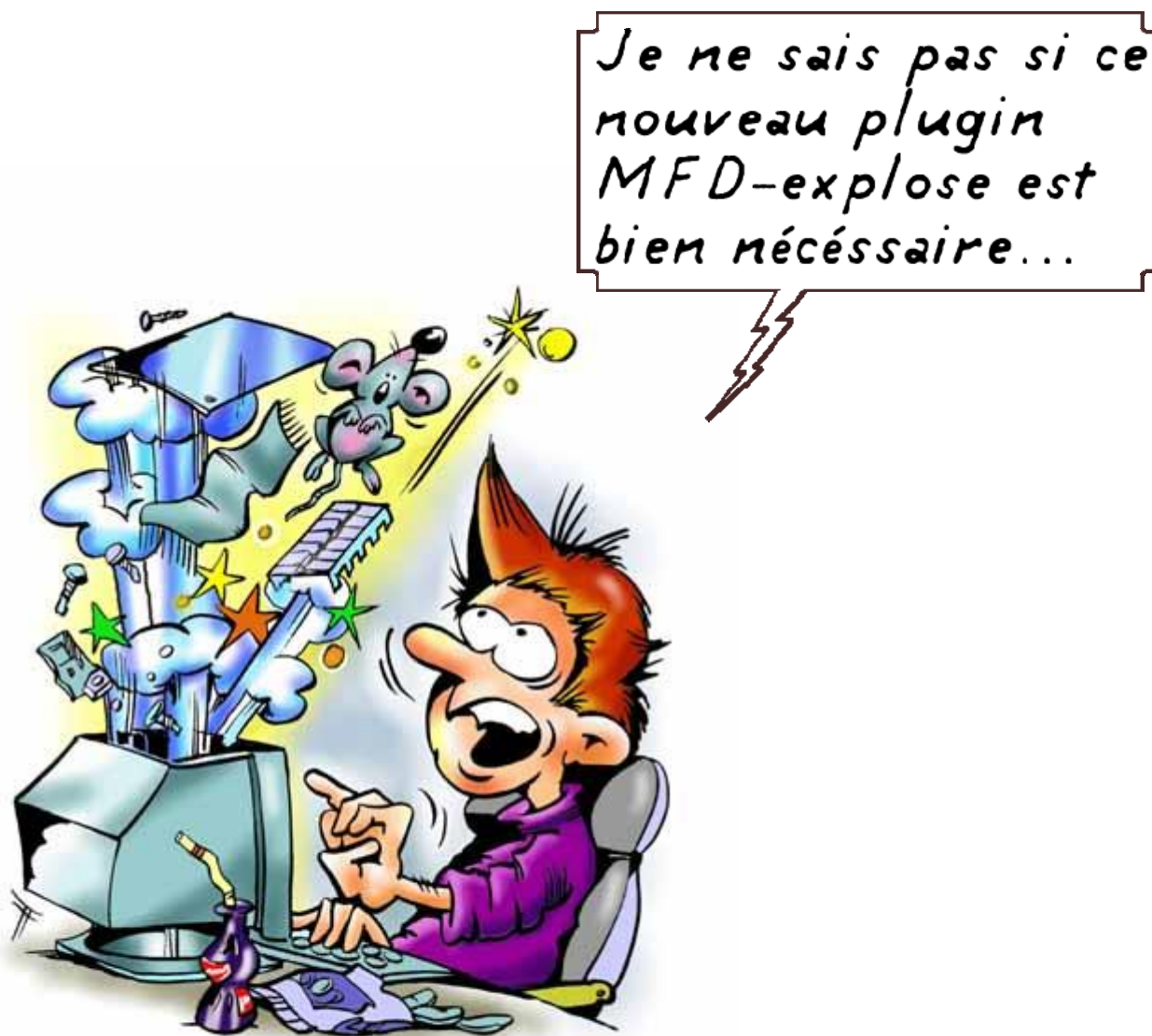
Les paramètres suivants sont actuellement disponibles :

- ▶ Altitude : altitude du vaisseau en fonction du temps.
- ▶ Airspeed : vitesse du vaisseau dans l'air.
- ▶ Mach number : nombre de Machs atteints par le vaisseau.
- ▶ Freestream temperature : température extérieure de la traînée du vaisseau.
- ▶ Static and dynamic pressure : Pression statique et dynamique.
- ▶ Angle of attack : angle d'attaque du vaisseau.
- ▶ Lift and drag force : valeur de la portance et de la traînée
- ▶ Lift over drag ratio (L / D) : rapport de la portance (*Lift*) sur la traînée (*Drag*).
- ▶ Vessel mass : masse du vaisseau.



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

- ▶ Le bouton *Start / Stop* démarre ou arrête la mise à jour des données graphiques.
- ▶ Le bouton *Reset (réinitialiser)* efface les données graphiques.
- ▶ Le bouton *Log (carnet de vol)* 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* qui va se trouver 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 et remplacé à chaque fois que Orbiter est redémarré.



#### **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".

## 22 Check listes de vols


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

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



### 22.1 Mission 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 **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 le tableau de bord un peu vers le bas (  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 10.1 pour réviser.... Pour les détails sur les différents modes de MFD, reportez-vous au chapitre 14.
- ▶ 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 appuis sur cette touche, le temps s'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 +**  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 la mise en 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 "ApR" 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 nous ramènerait sur la surface de la Terre ! Pour se mettre en orbite, nous devons effectuer un nouvel allumage des réacteurs principaux (*allumage pour l'insertion en orbite*) juste au *sommet* de la trajectoire. Attendez donc d'atteindre le point d'*apogée* (le temps restant est affiché à droite de "ApT" dans le MFD-Orbite). Comme cela peut prendre un certain temps, vous pouvez, 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 (**PeR**) soit égale à celle de l'apogée (**ApR**). (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 au prochain nœud.

## Étape 6 : Manœuvre de rendez-vous

- ▶ Une fois les deux plans alignés, la prochaine étape consistera 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.

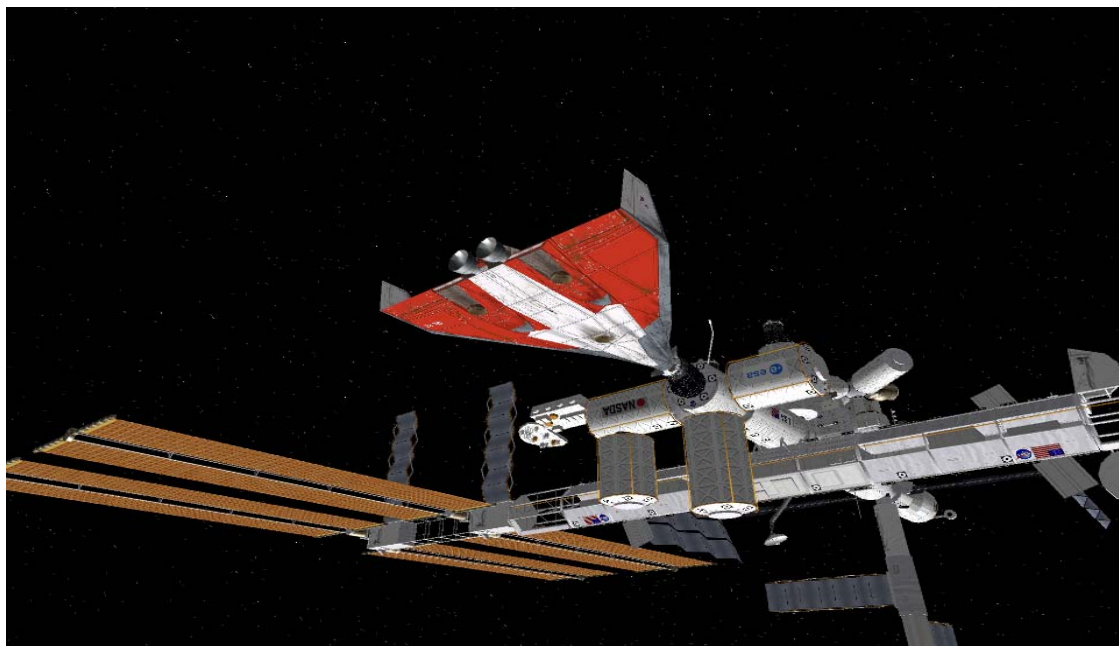
## Étape 7 : Approche finale

- ▶ 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! 🏆



## 22.2 Mission 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 **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) en appuyant sur **K**.
- ▶ A présent basculez le HUD en mode Orbite avec **H**.



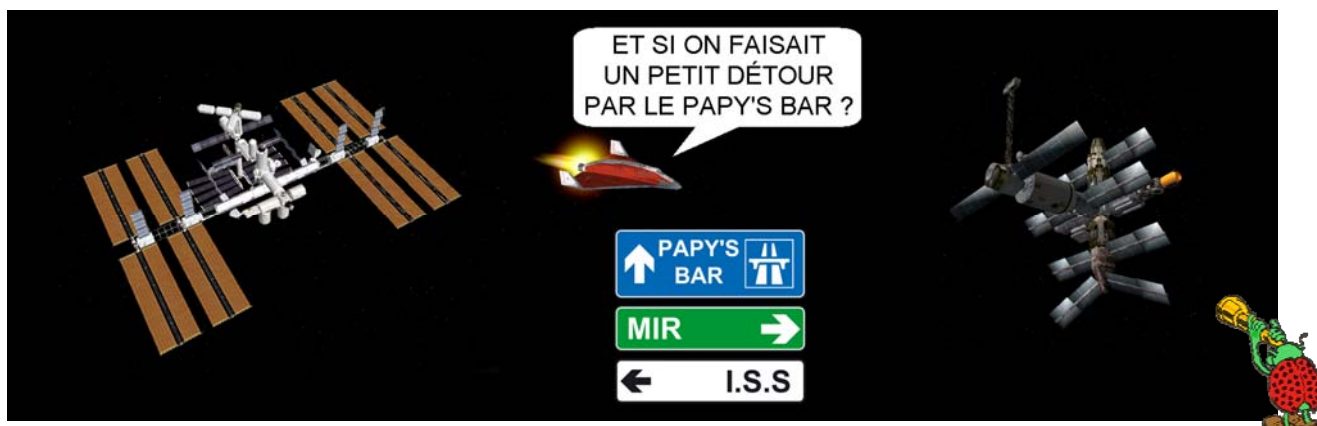
### Étape 2 : Alignement du plan de l'orbite du DG avec celui de MIR

- ▶ 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 diminuer. 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** .

### 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.



## 22.3 Mission 3 : Désorbitation depuis MIR

Cette mission termine votre tour d'excursion avec une 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  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

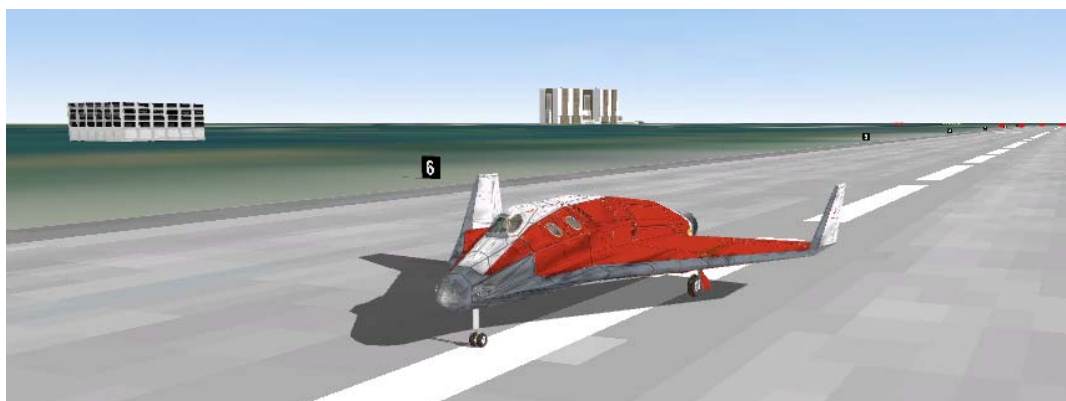
- ▶ Vous devriez atteindre 100 km d'altitude à environ 4000 km de la cible (**Dst** = 4.000M dans le *MFD-Carte*). A partir de ce point, les forces aérodynamiques vont devenir perceptibles.
- ▶ A 50 km d'altitude, coupez le contrôle automatique de stabilisation (touche **L**), désactivez le RCS avec 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 proches de 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 fonctionnent comme les instruments des avions classiques.
- ▶ 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 de l'appareil.



## 23 Aides visuelles

Orbiter a la capacité d'afficher un certain nombre de repères visuels pour fournir des informations 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 des planètes et des corps célestes présents dans Orbiter.
- ▶ L'affichage des vecteurs de force des vaisseaux spatiaux.
- ▶ L'affichage des axes de coordonnées de différents objets.

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

### 23.1 Mode planétarium

Vous êtes perdu dans l'espace? Si vous perdez vos repères 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* (*visual helper*) avec **Ctrl F9**, et sélectionnez l'onglet *Planétarium*. Un raccourci (**F9**) vous permet d'afficher ou non ce mode planétarium. Les repères suivants sont disponibles:

- ▶ Lignes de repères célestes (par rapport à l'équateur de la Terre).
- ▶ Lignes 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 constellations (complets ou en abrégé).
- ▶ Marqueurs pour les corps célestes
- ▶ 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 sur la sphère céleste.
- ▶ Marqueurs pour les noms de surfaces planétaires définies par l'utilisateur.



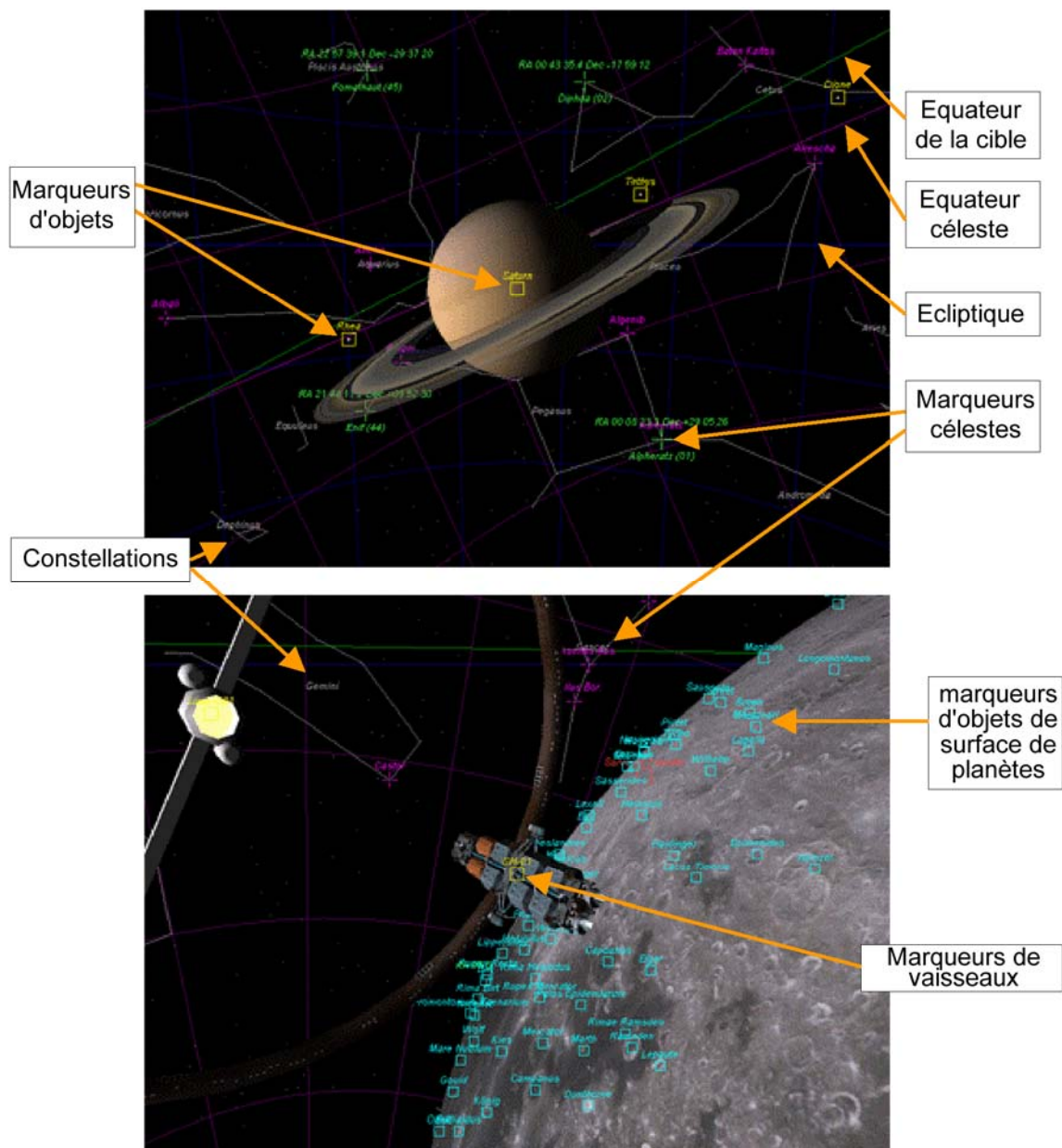
Certains types de marqueurs peuvent ne pas être visibles si l'objet est hors de portée, ou sur la surface d'une planète pendant le jour (du côté éclairé).

On peut y trouver des ensembles de marqueurs de surface spécifiques à certaines planètes afin de localiser certains repères tels que repères naturels, 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 OrbiterConfig.pdf, chapitre "Adding custom markers" (Ajout de marqueurs personnalisés).



Orbiter enregistre les paramètres actuels du mode planétarium dans un fichier de configuration, et les restore tels quels lors de l'exécution d'une nouvelle session de simulation.

Les Orbinautes inconditionnels de la simulation la plus proche du réel pourront assimiler ce mode planétarium à un genre de tricherie, mais pour les autres, cela pourra être bien pratique, car cela permet de visualiser la dynamique des systèmes planétaire.



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

## 23.2 Vecteurs de force

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

L'affichage de ces vecteurs de force peut être activé et configuré depuis l'onglet *Force* dans la boîte de dialogue des *Aides Visuelles* (*Visual helpers*) ( **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 surface de contrôles du vaisseau
Trainée (Drag)	D (rouge)	Force de la traînée 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 représentée peut ne pas être égale à la somme des quatre composantes des forces, du fait que des forces supplémentaires peuvent agir sur le vaisseau spatial (comme par exemple des forces définies par l'utilisateur).

Les forces linéaires sont représentées graphiquement par des vecteurs-flèches dont l'origine se situe au niveau du centre de gravité du vaisseau spatial. La longueur de ces flèches est proportionnelle à la valeur des forces, ou de leur valeur logarithmique, selon l'option de choix de l'échelle. 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].

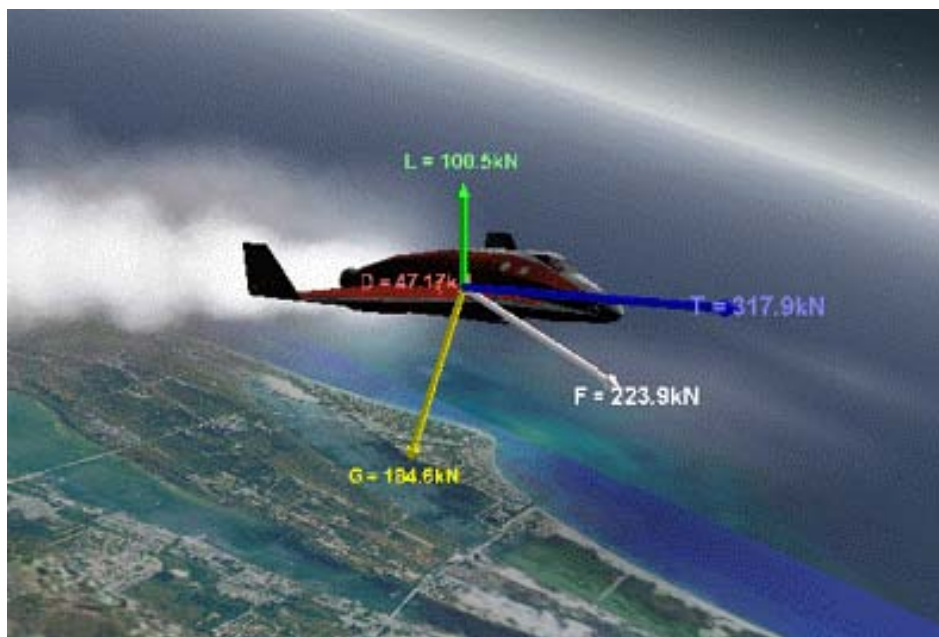
En plus des forces linéaires, Orbiter peut aussi afficher le couple de torsion total agissant sur le vaisseau :

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

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 ou portance), 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 *Opacity* (Opacité), de totalement transparent à complètement opaque.



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



## 23.3 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* (*Visual helpers*) ( **Ctrl F9** ). Les axes de coordonnées peuvent être utiles en particulier pour les concepteurs d'add-on qui veulent faire en sorte que l'orientation de leur créations soit correcte dans Orbiter.

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

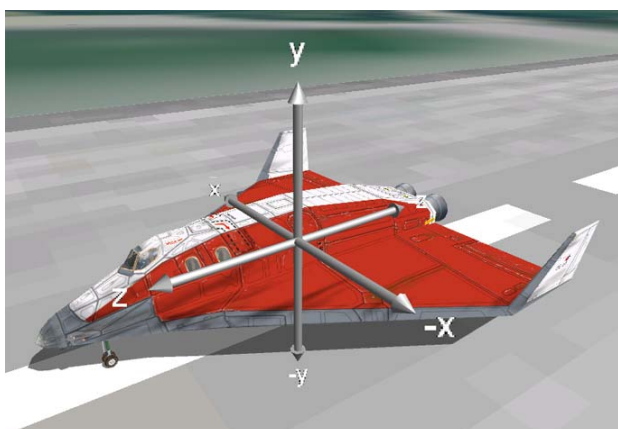
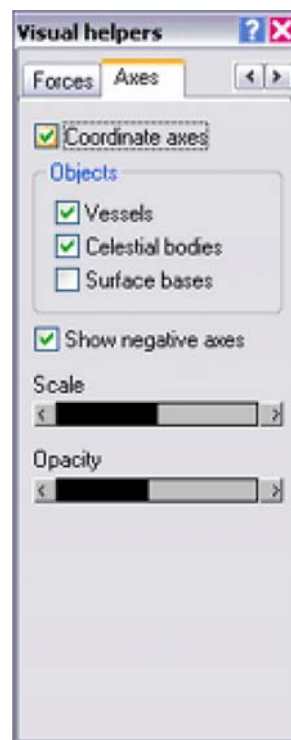
Les axes peuvent être affichés pour :

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

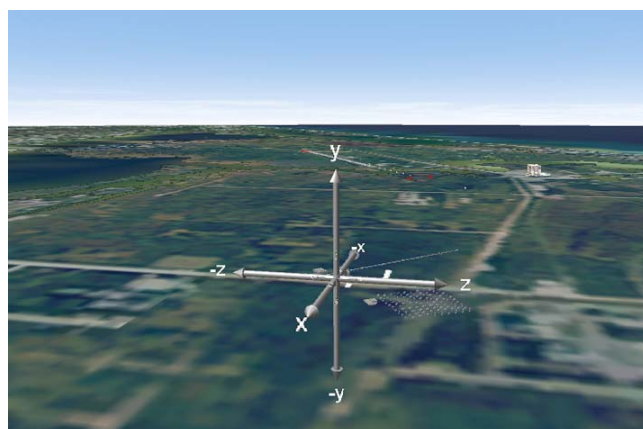
A moins que la case *Show negative axes* (*montrer les axes négatifs*) soit cochée, seuls les axes positifs x, y et z seront affichés.

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*).



Axes de coordonnées d'un DeltaGlider



Axes de coordonnées d'un "objet" de surface



## 24 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 par le gestionnaire de tâches. (Par défaut: FALSE)
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 ne lance automatiquement un scénario de démonstration.

En mode démo, seul l'onglet *Scenario* est accessible dans la boîte de dialogue de lancement d'Orbiter, afin d'empêcher les utilisateurs de modifier la configuration et les réglages d'Orbiter, comme par exemple la résolution de l'écran ou des modules plugin. 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 choisir de façon aléatoire 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.

## 25 Les raccourcis clavier des MFDs

### COM / NAV (voir page 66)

The diagram shows the COM/NAV MFD screen with the following text displayed:

```

NAV Receiver Stack
NAV1: 112.70 kHz
VOR KSCX
NAV2: 134.20 kHz
ILS Rwy 33 Cape Canaveral
NAV3: 112.20 kHz
VOR ORL
NAV4: 108.00 kHz
XPDR SH-03
XPDR Transmitter
XPDR: 124.10 kHz
  
```

Keyboard shortcuts for navigation are listed on the left and right sides of the screen:

- Récepteur précédent: Maj ↑ ;
- Récepteur suivant: Maj ↑ .
- Diminuer fréquence de 0,05Mhz: Maj ↑ ^
- Diminuer fréquence de 1Mhz: Maj ↑ )]
- Augmenter fréquence de 0,05Mhz: Maj ↑ \$
- Augmenter fréquence de 1Mhz: Maj ↑ =
- Scanne les fréquences vers le bas: Maj ↑ W
- Scanne les fréquences vers le haut: Maj ↑ X

### Orbite (voir page 68)

The diagram shows the Orbite MFD screen with the following text displayed:

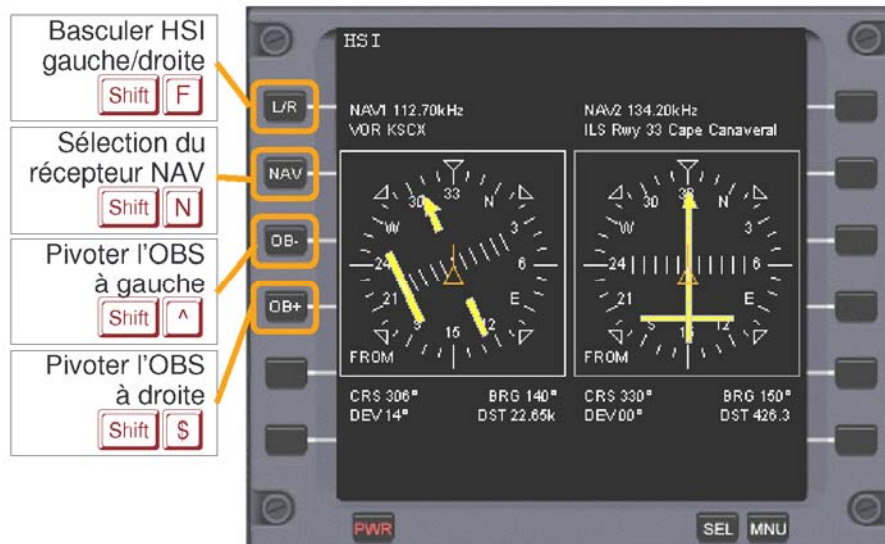
```

Orbit: Earth
Frm ECL Prj SHP
--OSC. EL. --
SMa 6.733M SMa 6.671M
SMi 6.730M 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 2.486k 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
  
```

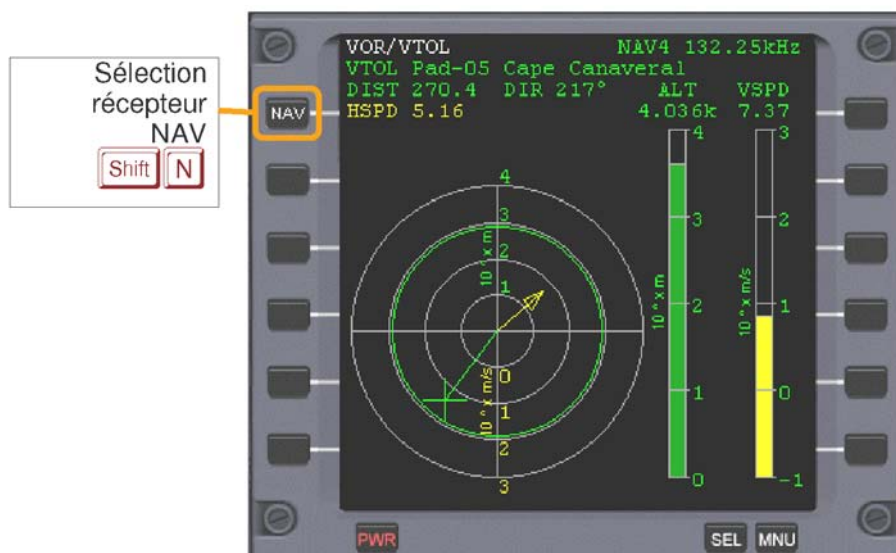
Keyboard shortcuts for orbital projection and HUD display are listed on the left and right sides of the screen:

- Sélect. orbite de référence: Maj R
- Auto-sélect. référence: Maj Q
- Sélect. cible: Maj T
- Désélect. cible: Maj N
- Mode écran: Maj ,
- Image de la référence: Maj F
- Mode de projection orbitale: Maj P
- Affichage distance Alt/rad: Maj D
- Copier réf. vers HUD: Maj H

## HSI (voir page 74)



## VOR / TOL (voir page 72)



## Arrimage (docking) (voir page 76)





## Surface (voir page 78)



## Carte (Map) (voir page 81)

Selection de la reference  
[Shift] [R]

Selection de la cible base/orbite  
[Shift] [T]

Diminuer  
[Shift] [X]

Agrandir  
[Shift] [W]

Mode poursuite auto on/off  
[Shift] [K]

Ouvre page de configuration  
[Shift] [D]

Défile vers le haut  
[Shift] [)]

Défile vers le bas  
[Shift] [=]

Défile vers la gauche  
[Shift] [^]

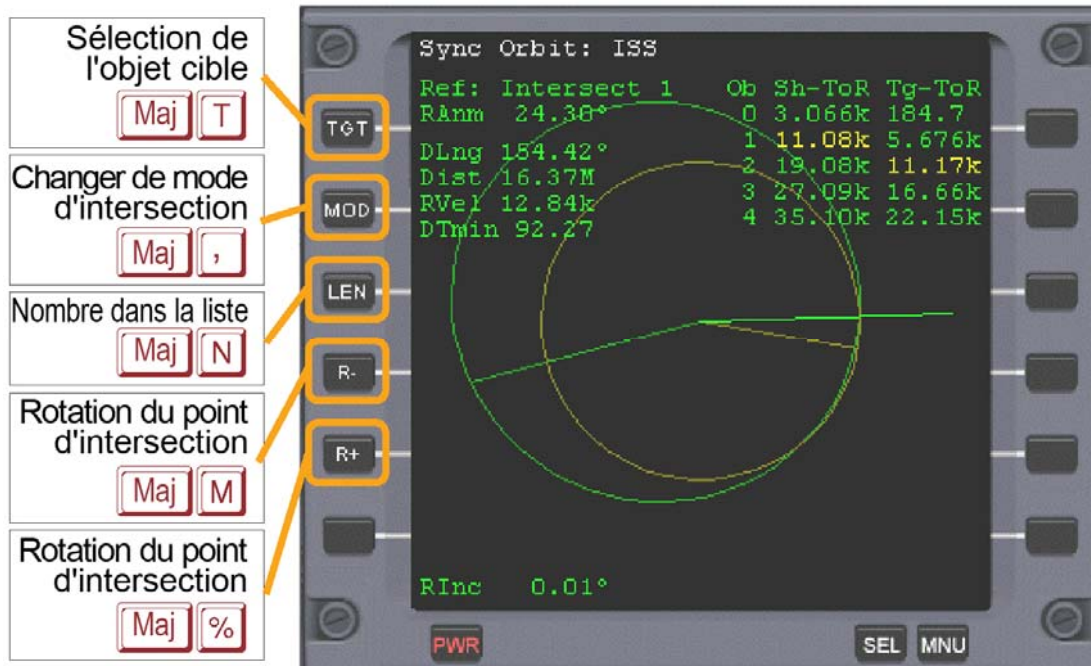
Défile vers la droite  
[Shift] [\$]

## Aligne le plan orbital (voir page 85)

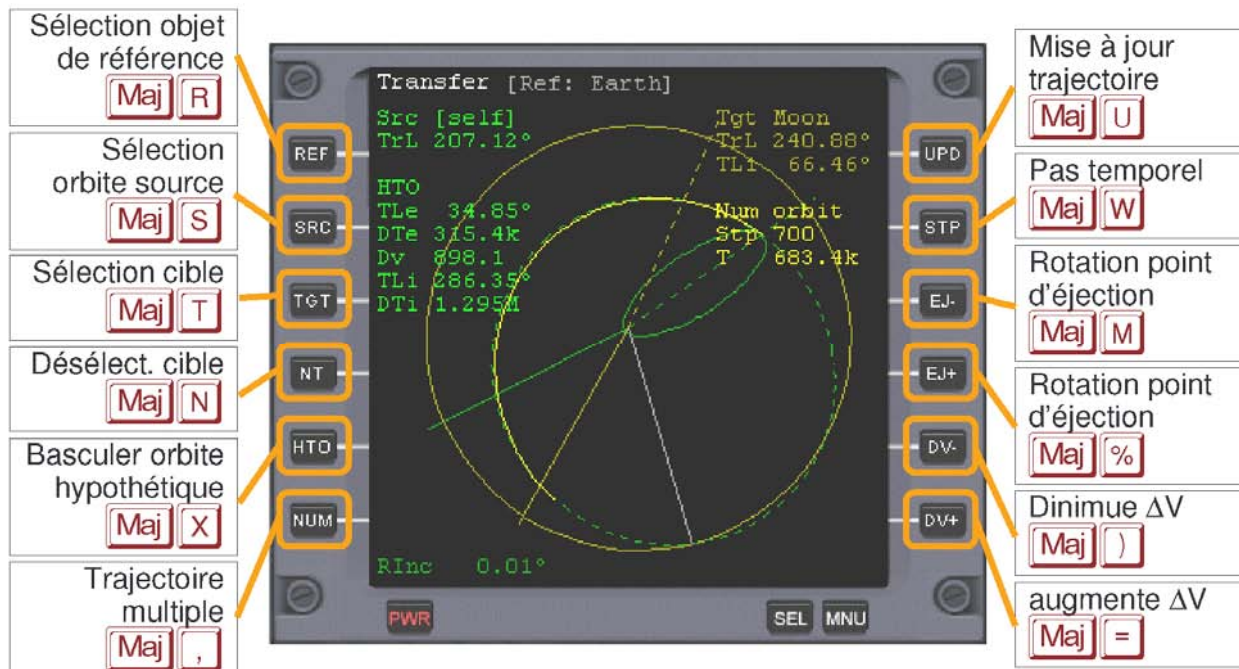
Sélection de l'objet cible  
[Maj] [T]

Sélection d'éléments personnalisés  
[Maj] [E]

## Synchronise orbite (voir page 86)

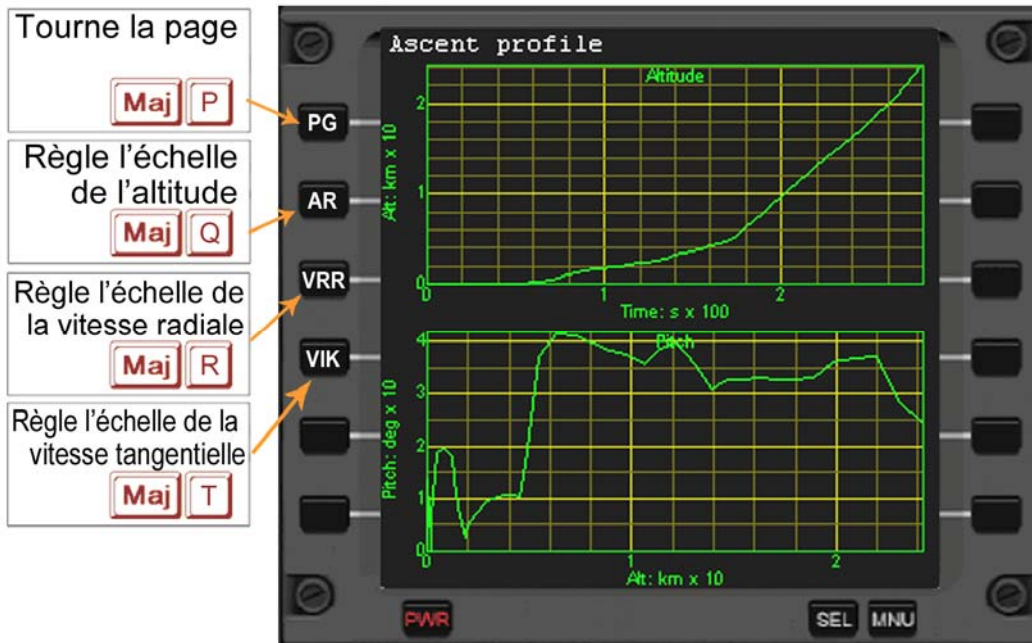


## Transfert (voir page 88)

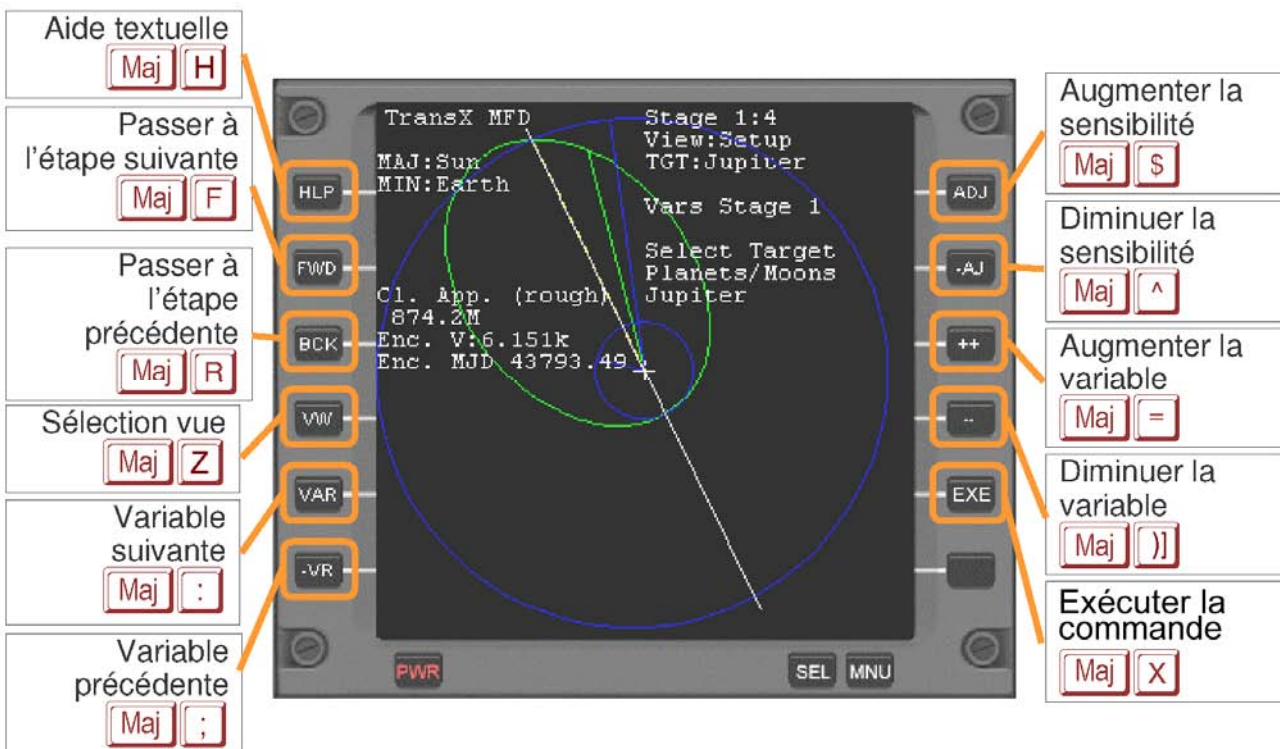




## Montée (Ascent) (voir page 94)



## TransX (voir Doc. à part)





## 26 Système solaire: Constantes et paramètres



### Note du traducteur :

Je n'ai pas traduit (ou que très partiellement) ce chapitre pour deux raisons : la première, c'est que cette partie du manuel n'est pas indispensable à l'utilisation d'Orbiter, la seconde c'est que mes connaissances dans la langue anglaise ainsi que dans la physique astrodynamique ne sont pas suffisantes pour que je puisse traduire facilement ce qui suit. De plus, si certains Orbinautes sont intéressés par ce chapitre, il leur sera facile de comprendre les chiffres qui n'ont pas besoin d'être traduits... Donc, désolé... cela sera peut-être pour la prochaine édition d'Orbiter...

Ce chapitre contient une liste de paramètres physiques et orbitaux planétaires utilisés par Orbiter pour représenter le système solaire.

### 26.1 Constantes et paramètres Astrodynamiques

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	$0.01720209895 \text{ (AU}^3/\text{d}^2)^{1/2}$

Tableau 1: Définition des constantes

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 ( $\pm 0.00000001$ ) 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 ( $\pm 0.04$ ) arcsec/Cy
Obliquity of ecliptic (J2000)	$\varepsilon$	84381.412 ( $\pm 0.005$ ) 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		$0.012300034 (\pm 3 \times 10^{-9})$

Tableau 2: Constantes principales

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 ( $\pm 0.00001$ )

Tableau 3: constantes dérivées

#### Remarque :

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.

#### Références:

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.

## 26.2 Orbites moyennes planétaires (J2000)

(Époque = J2000 = 1,5 Janvier 2000)

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
Saturn	9.53707032	0.05415060	2.48446	113.71504	92.43194	49.94432
Uranus	19.19126393	0.04716771	0.76986	74.22988	170.96424	313.23218
Neptune	30.06896348	0.00858587	1.76917	131.72169	44.97135	304.88003
Pluto	39.48168677	0.24880766	17.14175	110.30347	224.06676	238.92881

Tableau 4: Orbites moyennes des planètes

## 26.3 Variations des éléments orbitaux des planètes sur un siècle

(pour la moyenne des éléments donnée ci-dessus)

Planet (rate)	a [AU/Cy]	e [1/Cy]	i ["/Cy]	$\Omega$ ["/Cy]	$\varpi$ ["/Cy]	L ["/Cy]
Mercury	0.00000066	0.00002527	-23.51	-446.30	573.57	538101628.29
Venus	0.00000092	-0.00004938	-2.86	-996.89	-108.80	210664136.06
Earth	-0.00000005	-0.00003804	-46.94	-18228.25	1198.28	129597740.63
Mars	-0.00007221	0.00011902	-25.47	-1020.19	1560.78	68905103.78
Jupiter	0.00060737	-0.00012880	-4.15	1217.17	839.93	10925078.35
Saturn	-0.00301530	-0.00036762	6.11	-1591.05	-1948.89	4401052.95
Uranus	0.00152025	-0.00019150	-2.09	-1681.40	1312.56	1542547.79
Neptune	-0.00125196	0.0000251	-3.64	-151.25	-844.43	786449.21
Pluto	-0.00076912	0.00006465	11.07	-37.33	-132.25	522747.90

"	Seconde d'arc	i	Inclinaison
Cy	Siècle Julien	$\Omega$	Longitude du nœud ascendant
a	Demi-grand axe	$\omega$	Longitude du périhélie
e	Excentricité	L	Longitude moyenne

Remarque :

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).

Références :

Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. 1992. K. P. Seidelmann, Ed., p.316 (Table 5.8.1), University Science Books, Mill Valley, California.

## 26.4 Planètes: Quelques paramètres physiques

Planet	Mean radius [km]	Mass [ $10^{23}$ kg]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Siderial rotation period [h]	Siderial orbit period [yr]
Mercury	2440. ±1.	3.301880	5.427	1407.509	0.2408445
Venus	6051.84 ±0.01	48.6855374	5.204	-5832.444	0.6151826
Earth	6371.01 ±0.02	59.73698968	5.515	23.93419**	0.9999786
Mars	3389.92 ±0.04	6.418542	3.9335±0.0004	24.622962	1.88071105
Jupiter	69911. ±6.	18986.111	1.326	9.92425	11.856523
Saturn	58232. ±6.	5684.6272	0.6873	10.65622	29.423519
Uranus	25362. ±12.	868.32054	1.318	17.24 ±0.01	83.747407
Neptune	24624. ±21.	1024.569	1.638	16.11 ±0.01	163.72321
Pluto*	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

Toutes ces valeurs proviennent de la référence [1] sauf les données de Pluton qui proviennent de la référence [2]. Les masses de Mercure à Neptune sont dérivées des données du GM dans [1] (merci à Duncan Sharpe pour me l'avoir signalé).

\*\* Orbiter utilise maintenant 23.93447h (= 23 h 56 mn 4,09 s) qui semble donner une meilleure stabilité à long terme.

Références :

[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.

## 26.5 Éléments de rotation

Planet	North pole		Obliquity of ecliptic* [°]	Longitude of Sun's transit* [°]
	Right ascension $\alpha_1$ [°]	Declination $\delta_1$ [°]		
<b>Mercury</b>	280.99	61.44	7.01	228.31
<b>Venus</b>	272.78	67.21	1.27	302.07
<b>Earth</b>	–	90	23.44	0
<b>Mars</b>	317.61	52.85	26.72	262.78
<b>Jupiter</b>	268.04	64.49	2.22	157.68
<b>Saturn</b>	40.14	83.50	28.05	349.39
<b>Uranus</b>	257.29	-15.09	82.19	167.62
<b>Neptune</b>	295.25	40.63	29.48	221.13
<b>Pluto</b>	311.50	4.14	68.69	225.19

Référence :

L'Almanach astronomique 1990 (coordonnées du pôle nord).

(\*) Dérivés des coordonnées du pôle nord (MS)



## 26.6 Paramètres atmosphériques

Planet	Surface pressure [kPa]	Surface density [kg/m <sup>3</sup> ]	Scale height [km]	Avg. temp [K]	Wind speeds [m/s]
<b>Mercury</b>					
<b>Venus</b>	9200	~65	15.9	737	0.3-1 (surface)
<b>Earth</b>	101.4	1.217	8.5	288	0-100
<b>Mars</b>	0.61 (variable)	~0.020	11.1	~210	0-30
<b>Jupiter</b>	>> 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
<b>Saturn</b>	>> 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
<b>Uranus</b>	>> 10 <sup>4</sup>	~0.42 at 1 bar	27.7	~58 ~76 at 1 bar	0-200
<b>Neptune</b>	>> 10 <sup>4</sup>	~0.45 at 1 bar	19.1-20.3	~58 ~72 at 1 bar	0-200
<b>Pluto</b>					



## 27 Calcul des éléments orbitaux

Six paramètres scalaires ("éléments") sont nécessaires pour définir la forme d'une orbite elliptique, son orientation dans l'espace et une position le long de sa trajectoire.

a	Demi-grand axe
e	Excentricité
i	inclinaison
$\Omega$	Longitude du nœud ascendant
$\omega$	Argument du périastre
u	Anomalie vraie

### 27.1 Calcul des éléments à partir du vecteur d'état

Soit  $\mathbf{r}$  et  $\mathbf{v}$  la position cartésienne et les vecteurs vitesse d'un objet en orbite dont les coordonnées sont dans un cadre de référence par rapport à laquelle les éléments de l'orbite doivent être calculés (par exemple une orbite géocentrique équatoriale autour de la Terre, ou une orbite héliocentrique écliptique autour du Soleil). Nous supposons que le système est "de droite" avec l'axe des x dirigé vers l'équinoxe vernal (ou la direction de référence) et l'axe z dirigé vers le haut.

Calcul des vecteurs auxiliaires suivants:

$$\mathbf{h} = \mathbf{r} \times \mathbf{v} = (r_y v_z - r_z v_y, -r_x v_z + r_z v_x, r_x v_y - r_y v_x)$$

$$\mathbf{n} = \mathbf{z} \times \mathbf{h} = (-h_y, h_x, 0)$$

$$\mathbf{e} = \frac{1}{\mu} \left[ \left( v^2 - \frac{\mu}{|\mathbf{r}|} \right) \mathbf{r} - (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}) \mathbf{v} \right]$$

où  $\mathbf{h}$  est un vecteur perpendiculaire au plan orbital,  $\mathbf{n}$  dirigé vers le nœud ascendant (la composante z de  $\mathbf{n}$  est égale à zéro), et  $\mathbf{e}$  étant le vecteur d'excentricité (dirigé vers le périastre) avec  $\mu = GM$ ,  $G$  étant la constante de gravitation et  $M$  la masse du corps central (en négligeant la masse de l'objet en orbite).

**Demi-grand axe :**

$$a = \frac{-\mu}{2E} \text{ with } E = \frac{v^2}{2} - \frac{\mu}{|\mathbf{r}|}$$

**Excentricité:**

$$e = |\mathbf{e}| \text{ or } e = \sqrt{1 + \frac{2Eh^2}{\mu^2}}$$

**Inclinaison :**

$$i = \arccos \frac{h_z}{|\mathbf{h}|}$$

**Longitude du nœud ascendant :**

$$\Omega = \arccos \frac{n_x}{|\mathbf{n}|} \text{ (if } n_y < 0 \text{ then } \Omega = 2\pi - \Omega)$$

$\Omega$  est l'angle entre la direction de référence (1,0,0) (par exemple l'équinoxe vernal) et le noeud ascendant.

$\Omega$  est indéfini pour les orbites équatoriales ( $i = 0$ ), auquel cas Orbiter par convention définit  $\Omega = 0$ , c'est à dire qu'il met le noeud ascendant dans la direction de référence, qui est équivalente à la définition  $\mathbf{n} / |\mathbf{n}| = (1,0,0)$

#### Argument du périastre :

$$\omega = \arccos \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{e}}{|\mathbf{n}| |\mathbf{e}|} \quad (\text{if } e_z < 0 \text{ then } \omega = 2\pi - \omega)$$

$\omega$  est l'angle entre le noeud ascendant et le périastre.  $\omega$  est indéfini pour les orbites équatoriales et dans ce cas conformément à la convention ci-dessus nous obtenons:

$$\omega = \arccos \frac{e_x}{|\mathbf{e}|} \quad (\text{if } e_z < 0 \text{ then } \omega = 2\pi - \omega)$$

$\omega$  est également indéfini pour les orbites circulaires et dans ce cas Orbiter, par convention, place le périapsis au niveau du noeud ascendant, c'est-à-dire  $\omega = 0$ .

#### Anomalie vraie :

$$\nu = \arccos \frac{\mathbf{e} \cdot \mathbf{r}}{|\mathbf{e}| |\mathbf{r}|} \quad (\text{if } \mathbf{r} \cdot \mathbf{v} < 0 \text{ then } \nu = 2\pi - \nu)$$

$\nu$  est l'angle entre le périastre et la position de l'objet. Notez que cette expression est indéfinie pour les orbites circulaires, auquel cas le périastre coïncide avec le noeud ascendant selon la convention ci-dessus, c'est-à-dire :

$$\nu = \arccos \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{r}}{|\mathbf{n}| |\mathbf{r}|} \quad (\text{if } \mathbf{n} \cdot \mathbf{v} > 0 \text{ then } \nu = 2\pi - \nu)$$

Si en plus l'inclinaison est nulle, alors l'anomalie vraie est encore plus simplifiée à :

$$\nu = \arccos \frac{r_x}{|\mathbf{r}|} \quad (\text{if } v_x > 0 \text{ then } \nu = 2\pi - \nu)$$

Certains paramètres dépendants peuvent être déduits à partir des éléments ci-dessus :

#### Excentricité linéaire :

$$\varepsilon = a e$$

#### Semi-petit axe:

$$b^2 = a^2 (1 - e^2)$$

#### Distances du périastre et de l'apoastre :

$$d_p = a(1 - e)$$

$$d_a = a(1 + e)$$

#### Longitude du périastre :

$$\varpi = \Omega + \omega$$

#### Anomalie excentrique :

$$E = \arccos \frac{1 - |\mathbf{r}|/a}{e}$$

#### Anomalie moyenne :

$$M = E - e \sin E$$

#### Longitude moyenne :

$$L = M + \varpi$$

#### Longitude vraie :

$$l = \varpi + \nu$$

#### Période de l'orbite :

$$T = 2\pi \sqrt{a^3 / \mu}$$



## 28 Conditions générales d'utilisation

Le logiciel et programme ORBITER, sa documentation et le contenu du site d'ORBITER sont sous Copyright 2000-2016 par Martin Schweiger.

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

### 28.1 Orbiter : licence Gratuite

Le créateur d'Orbiter vous accorde une licence limitée non-exclusive pour utiliser, copier et distribuer Orbiter, téléchargeable à partir de *orbit.medphys.ucl.ac.uk*, gratuitement à des fins personnelles, éducatives, caritatives et autres utilisations non-commerciales.

Vous vous engagez à respecter les conditions suivantes:

- ▶ Vous ne devez modifier en aucune façon aucuns des codes binaires du logiciel Orbiter. Si vous publiez une bibliothèque de modules pour Orbiter qui utilise des fonctions non documentées de l'interface de programmation d'Orbiter, ou des liens vers le noyau d'Orbiter de façon non documentée, vous devez le mentionner dans la documentation du module, et conseiller les utilisateurs d'une incompatibilité potentielle du module avec de futures versions d'Orbiter.
- ▶ Vous ne devez pas obtenir de rémunération pour Orbiter ou toute partie de celui-ci, ni d'autres frais pour son utilisation (que ce soit à but lucratif ou tout simplement de récupérer des coûts de distribution pour vos fichiers multimédia) que ce soit en produit autonome, dans le cadre d'une compilation ou d'une anthologie, ou bien inclus dans un logiciel séparé, sans la permission expresse écrite au préalable par le propriétaire de la licence.
- ▶ Vous ne devez pas supprimer ou modifier toute indication de copyright ou de licence contenue dans le logiciel, ni supprimer ou modifier tout élément d'identification, y compris les écrans de démarrage et les logos, ni essayer en aucune façon de cacher ou de réattribuer le nom ou l'origine du logiciel ou tout ou partie de ses composants.
- ▶ Vous ne devez pas utiliser Orbiter ou toute partie de celui-ci pour annoncer, promouvoir, présenter ou vendre tout logiciel ou autre produit ou service sans la permission expresse écrite au préalable par le propriétaire de la licence.
- ▶ Vous ne devez pas utiliser Orbiter pour inciter ou permettre à autrui de s'engager dans toute activité illégale.

### 28.2 Exclusion de garantie

CE LOGICIEL EST FOURNI PAR L'AUTEUR ET SES COLLABORATEURS "TEL QUEL", ET AUCUNE GARANTIE EXPRESSE OU IMPLICITE, Y COMPRIS, MAIS SANS S'Y LIMITER, DE QUALITÉ MARCHANDE ET D'ADAPTATION À UN USAGE PARTICULIER. EN AUCUN CAS L'AUTEUR OU SES COLLABORATEURS NE SERONT RESPONSABLES DES DOMMAGES DIRECTS, INDIRECTS, ACCESSOIRES, SPÉCIAUX, EXEMPLAIRES OU SECONDAIRES (Y COMPRIS, MAIS SANS S'Y LIMITER, L'ACQUISITION DE BIENS OU DE SERVICES; PERTE D'UTILISATION, DE DONNÉES OU DE PROFITS; OU INTERRUPTION PROFESSIONNELLE) QUELQUE SOIT LA CAUSE ET LA THÉORIE DE LA RESPONSABILITÉ, QUE CE SOIT DANS UN CONTRAT, LA RESPONSABILITÉ ABSOLUE OU DÉLICTEUELLE (DONT NÉGLIGENCE OU AUTRE) RÉSULTANT DE QUELQUE MANIÈRE DE L'UTILISATION DE CE LOGICIEL, MÊME SI INFORMÉ DE LA POSSIBILITÉ DE TELS DOMMAGES.

## 29 Apologue, Périlogue ? Non , Épilogue !...

*Petit rajout perso de JacquesMoMo le traducteur...*



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...



Si vous désirez un peu plus d'information, allez donc voir sur les sites suivants :

<http://www.culture.gouv.fr/culture/dgllf/terminologie/repertoireJO220900/A2200003.htm>

[http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r\\_motclef/index1024\\_1.asp](http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index1024_1.asp)



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	Gaia	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)	Aphade	Périhade



Tous mes remerciements à **Pagir** et à **Tom** pour ces quelques précisions !..

Et maintenant... vous n'avez plus d'excuses pour rester à Terre !!!

**Jacques MAURICE (jacquesmomo) le 28 septembre 2016**





## Et pour vous remercier d'avoir lu jusqu'ici ce document....

### *Séquence nostalgie...*

Pour les anciens qui ont connu ces versions anciennes d'Orbiter, pour les jeunes qui n'ont pas vu ces versions, pour les autres qui sont arrivés en cours de la saga Orbiter mais qui n'ont pas tout essayé, et pour ceux qui n'ont pas encore utilisé Orbiter et qui ne savent pas ce qu'ils perdent et puis voilà.



**Orbiter 2001**



**Orbiter 2002**



**Orbiter 2003**



**Orbiter 2004**



***Orbiter 2005***



***Orbiter 2006***



***Orbiter 2006P1***



***Orbiter 2009***



***Orbiter 2010P1***



***Orbiter 2016***