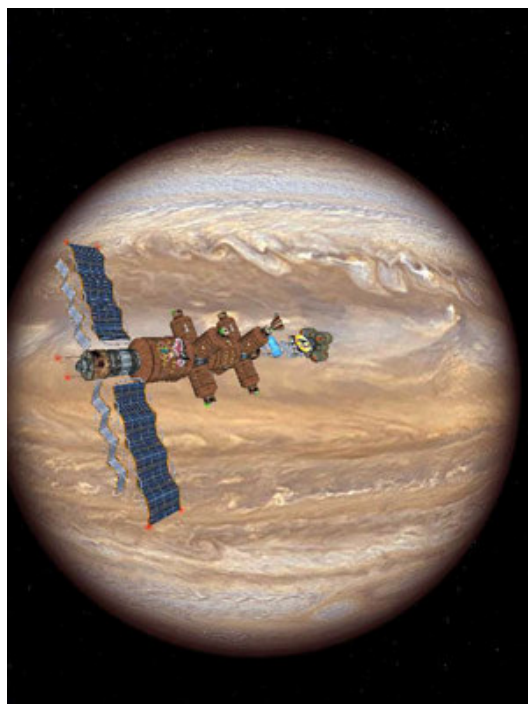


VOYAGE VERS JUPITER ET SATURNE



Par Papyref
Mars 2008

SOMMAIRE

1 –	But du voyage	Page 2
2 –	Briefing de préparation	Page 2
3 –	Départ et mise en orbite terrestre	Page 5
4 –	Injection en orbite vers Jupiter	Page 5
5 –	Corrections en route	Page 8
6 –	Corrections en approche	Page 8
7 –	Mise en orbite Jovienne	Page 10
8 –	Rendez vous avec le Papybar	Page 10
9 –	Départ pour Europa	Page 15
10 –	Recherche de la fenêtre pour Saturne	Page 20
11 –	Départ pour Saturne	Page 22
12 –	Départ pour Rhéa	Page 26
13 –	Retour vers la Terre	Page 28
14 –	Rentrée et atterrissage	Page 31

1 - BUT DU VOYAGE

Une équipe de courageux astronautes composée de Papyref le vétéran de l'espace milliardaire en kilomètres et chef de mission, DanSteph le génial ingénieur suisse créateur du DGIV, Mustard l'astronaute pilote spécialisé en œnologie et choix de la bière, Well l'ingénieur créateur inspiré des Papy's Bar et Coussini l'explorateur canadien de la Lune premier homme à avoir fabriqué du sirop d'érable en apesanteur, va embarquer à KSC dans un DGIV flambant neuf pour une longue mission.

Elle va les conduire très loin dans notre système solaire pour visiter différentes implantations de la guilde Orbiter et des Papy's Bar pour livrer de la nourriture et des boissons.

Au cours de cette mission nos astronautes vont mettre en œuvre des outils informatiques permettant la navigation et des outils et techniques de rendez-vous et d'atterrissage avec le soutien de l'ordinateur de bord "CLARA"

Je ne détaillerai pas les opérations que j'ai déjà explicitées dans mes tutoriaux antérieurs

Des scénarios pour les situations principales sont fournis pour vous aider éventuellement. Vous devez partir du scénario 01 - Départ pour Jupiter pour dérouler toute la mission. A partir de là vous pouvez sauvegarder vos propres situations.

La mission comprend les étapes suivantes :

- Terre -> Jupiter avec mise en orbite
- Rencontre avec le Papybar Jovien qui gravite à 50M de Jupiter
- Papybar -> Europa avec mise en orbite basse
- Descente sur Europa, séjour et distractions à la base Europa Beach
- Remontée en orbite autour d'Europa puis mise en orbite autour de Jupiter
- Jupiter -> Saturne avec mise en orbite à 250M pour admirer les anneaux
- Descente sur Rhéa et séjour à la base Rhéa Beach
- Remontée en orbite autour de Rhéa puis mise en orbite autour de Saturne
- Saturne -> Terre et atterrissage à Cape Canaveral

En temps réel la mission prendrait 15 ans dans les conditions que j'ai utilisées. On peut réduire si on n'attend pas la fenêtre de lancement favorable en repartant de Jupiter

Ce tutorial n'est un guide qui vous donne les recettes à utiliser. A vous de l'accommoder à votre sauce !

Bon voyage !

Papyref Mars 2008

2 – BRIEFING DE PREPARATION

Charger le scénario 00- Recherche de la fenêtre de tir

Toute l'équipe est dans un DG4 sur la piste 33 de KSC, PC connecté en Wifi sur les genoux et Papy va exposer le but de la mission.

Papy - Bonjour à tous. Nous sommes le 1^{er} janvier 2008 et la première partie de notre mission consiste à aller jusqu'à Jupiter et à nous mettre en orbite à une altitude de 47000 km si possible.. Ensuite nous rejoindrons le Papy Bar jovien qui gravite à 50000 km de Jupiter pour livrer du ravitaillement, prendre du carburant et nous reposer.

Je vous exposerai ultérieurement la suite de la mission.

Well – Alors on part tout de suite !

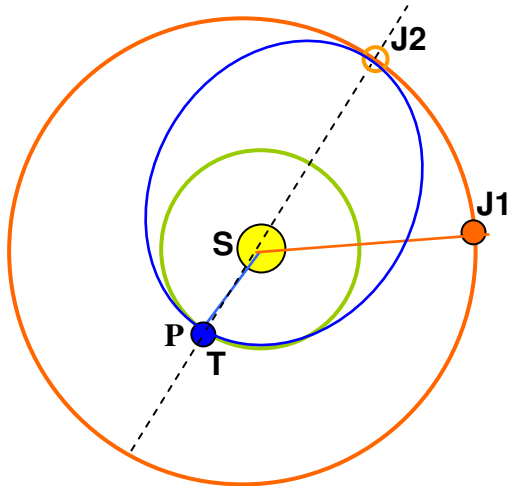
Papy – Tempère ton ardeur, on ne peut pas et quelqu'un peut il me dire pourquoi ?

Mustard – Il faut trouver le meilleur moment pour le départ pour réduire le temps de trajet et la consommation. C'est la recherche de la fenêtre de tir.

Papy – Exact ! Il est bon je pense de rappeler quelques principes avant de voir comment trouver en pratique la fenêtre de tir.

Clara, veux tu visualiser les diapos et le texte sur le sujet ?

Clara – OK Papy, c'est parti. (Voix synthétique)



La terre est en T et Jupiter en J1 à l'instant du lancement du vaisseau depuis son orbite d'attente autour de la Terre

Le principe est de placer le vaisseau sur une orbite elliptique héliocentrique appelée "orbite de Hohmann" qui lui permettra de rejoindre Jupiter à la position J2 qu'elle occupera, quand le vaisseau arrive à l'apogée de sa trajectoire

On voit que le vaisseau parcourra la moitié de l'ellipse de transfert

Il est préférable que les plans orbitaux soient alignés, mais ce n'est pas une obligation

Papy – Merci Clara, as-tu quelque chose à ajouter ?

Clara – Pour les forts en maths, je peux rappeler la 3^{ème} loi de Kepler.:

Si T est la période d'une planète ou d'un vaisseau sur une trajectoire elliptique, (temps pour parcourir la trajectoire) et si a est le demi-grand axe de la trajectoire (moitié de la distance entre le périhélie et l'apogée, alors: $a^3 / T^2 = k$ (constante)

La Terre gravite autour du soleil à une distance de 150M (150 millions de km) appelée AU, que nous pouvons prendre comme référence pour a, et sa période pour parcourir l'orbite est de 1 an que nous pouvons prendre comme référence pour T. Dans ces conditions k=1 et on peut écrire:

$$a^3 = T^2 \quad a \text{ étant exprimé en AU et T en années terrestre}$$

Par exemple, Jupiter gravite en moyenne à 780M du soleil soit 5,2 AU et l'application de la formule nous donne T=11.85 ans terrestres

Dan – Clara, nous avons compris, mais à quoi nous sert tout cet exposé ?

Clara – A estimer le temps de voyage dans un transfert de Hohmann !

Si on observe la figure ci avant, on voit que le grand axe PJ2 de la trajectoire de Hohmann en bleu est la somme PS+SJ2 des distances de la Terre et de Jupiter par rapport au soleil.

Comme PS=1AU (150M) et J2S=5,2AU (780M), le grand axe de la trajectoire vaut 6,2 AU et son demi grand axe $a = 3.1$ AU.

En appliquant la loi de Kepler on trouve $T^2 = (3.1)^3 = 29,79$ ce qui donne $T = 5.46$ ans

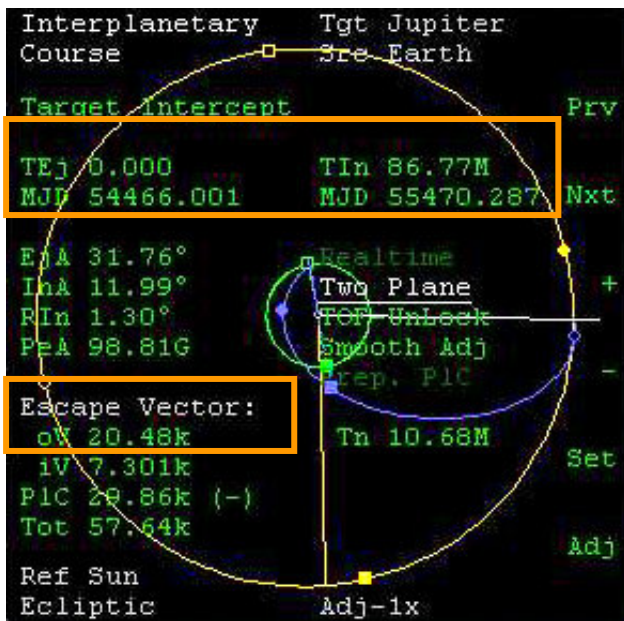
On parcourt la moitié de l'ellipse en 2.72 ans soit un temps de 86M (de secondes) environ

Ceci est une valeur moyenne? En réalité on ne parcourt que la distance TJ2 qui peut être plus courte si on ne part pas exactement au périhélie.

Coussini – Très intéressant mais comment trouver la fenêtre de tir ?

Papy – IMFD va nous y aider. Clara, fait nous la check list des opérations que tout le monde va exécuter sur son PC !

Clara – OK j'espère que tout le monde connaît IMFD !



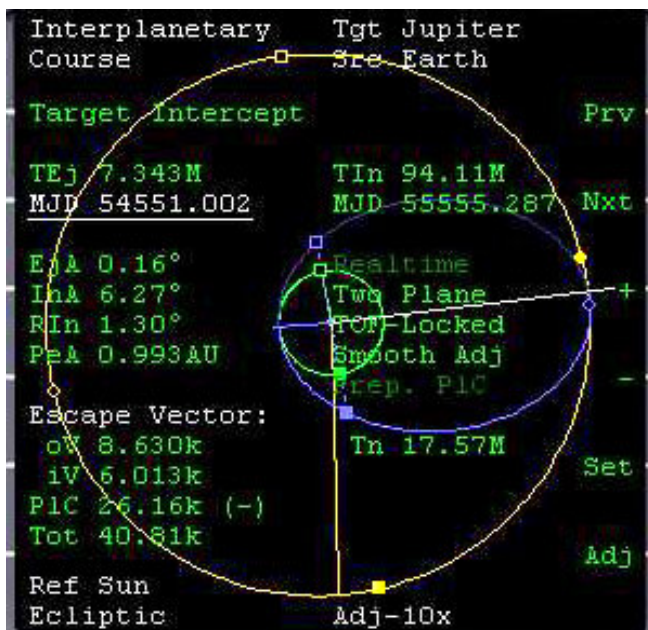
- Ouvrir IMFD
- Faire MNU → MOD → Nxt → + pour changer Mission Timer en MJD dans le menu Configuration
- Faire MNU → Course → Set pour ouvrir Target Intercept
- Faire TGT et entrer Jupiter
- Prv/Nxt pour sélectionner le mode Off Plane puis faire + pour sélectionner le mode Two Plane qui nous donnera une bonne précision et nous évitera un alignement des plans

Le temps de voyage si nous partions tout de suite serait $T_{in} - T_{ej} = 86.77M$ ce qui n'est pas mal mais nous allons optimiser surtout la consommation. Pour cela nous allons chercher à réduire oV qui est significatif de la consommation au lancement

IMFD nous a proposé une solution pour un départ immédiat mais nous ne profitons pas au maximum des positions respectives des planètes.

Remarquez que Src Earth en haut de l'écran montre que le calcul est fait par IMFD comme si on lançait la Terre. Il faut que la source et l'objectif gravitent autour du même corps donc le vaisseau est considéré comme étant la Terre

- Prv/Nxt pour sélectionner TOF Unlock (TOF = Time of Flight ou Temps de voyage)
- + pour changer en TOF Lock ce qui maintient $T_{in} - T_{ej}$ constant
- Adj 2 fois pour avoir Adj = 10x ce qui incrémentera par 10 jours
- Prv/Nxt pour sélectionner MJD du départ (sous TEj)
- En surveillant la valeur de oV , augmenter la valeur de MJD (TEj) jusqu'à ce que oV passe par une valeur minimum (il n'est pas utile de chercher une grande précision).



Nous obtenons à peu près ce résultat qui nous donne un départ à MJD=54551.

En utilisant Date.exe qui se trouve dans le dossier Utils d'Orbiter, on trouve facilement que 54551 correspond au 26/03/2008 dans environ 3 mois.

C'est une bonne date de départ pour avoir une consommation minimum avec un temps de transfert de 86.77M (2.75 ans)
Nous verrons au moment voulu si nous pouvons faire mieux.

Papy - Avez-vous des questions ?

Dan – Y a-t-il d'autres fenêtres de tir favorables dans l'année ?

Papy – Non !

Comme vous pouvez le constater sur la photo ci dessus il faut que la Terre fasse un peu plus d'un tour pour se retrouver dans une situation semblable par rapport à Jupiter. N'oubliez pas que Jupiter avance d'environ 1/12 de tour pendant une année terrestre.

Les deux prochaines occurrences seront le 30/4/2009 et le 3/6/2010

Bien entendu la fenêtre de tir s'étend sur quelques jours sans entraîner une consommation excessive.

Vous trouverez en annexe dans votre dossier Voyage vers Jupiter et Saturne une feuille de calcul Excel qui vous permettra de choisir les meilleures dates de départ pour les différents voyages entre planètes.

Merci à son auteur que je ne connais pas !

Il ne nous reste plus qu'à nous séparer et à nous retrouver ici disons le 26 mars 2008 à 00h pour préparer le lancement.

Bonnes vacances à Acapulco ou au Bahamas !

Merci à Clara.

3 – DEPART ET MISE EN ORBITE TERRESTRE

L'équipage est dans le DGIV, prêt au départ le 26/08/2008 à 0h UT

Charger le scénario de base de la mission : 01 - Départ pour Jupiter

Papy – Bonjour à tous !

Nous ferons le lancement plein est au cap 90° ce qui nous permettra de profiter au maximum de la rotation terrestre.

Nous allons procéder aux vérifications avant le départ. Dan est ce que les réserves de carburant et d'oxygène sont suffisantes ?

Dan – Pas de problème nous avons des réserves pour 4 ans.

Papy – Mustard, la nourriture, la bière et le vin sont embarqués ?

Mustard – Je n'aurais certainement pas oublié !

Papy – Bon, Clara veux tu préparer le lancement

Clara – OK, c'est parti ! Attachez vos ceintures Je prépare le programme de montée et je décolle.



- **Faire CLR et entrer le programme PRO903SPEC90 au clavier de l'ordinateur de bord et valider par ENT (ou entrer la séquence CP903S90 → ENTER au clavier PC)**
- **Mettre plein gaz (Ctrl + + ou au joystick) et tirer le manche (ou touche NUM2) quand j'annonce 'Rotate'**
- **Quand l'altitude atteint 100 à 200m enclencher le programme en faisant EXE au clavier de l'ordinateur de bord ou en tapant E sur le clavier PC**

Ca monte et dans 15 minutes nous serons en orbite ! Voyez comme la Terre est belle !

Mustard – Est-ce que je peux ouvrir une canette ?

Coussini – Tiens en voilà une au sirop d'érable

4 – INJECTION EN ORBITE VERS JUPITER

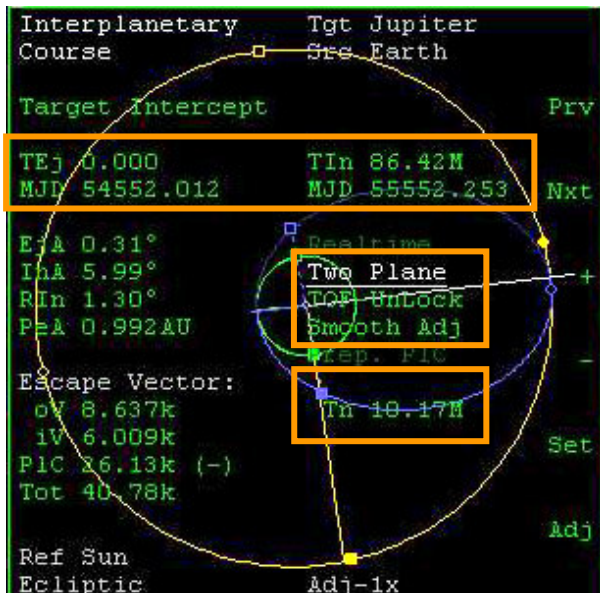
Le DGIV est en orbite

Charger le scénario 02 – En orbite d'attente

Clara – Réveillez vous les gars, il va falloir y aller !

Prenez votre portable et passez le dernier coup de fil personnel à votre famille. Après l'injection il faudra vous mettre au lit pour une longue nuit.

- Ouvrir IMFD
- Choisir l'affichage de MJD dans le menu Configuration
- Sélectionner et choisir le module Course puis Target Intercept et TGT = Jupiter
- Sélectionner le mode Two Plane
- Ouvrir IMFD
- Coupler en Op-mode Shared sur 0
- Sélectionner et choisir le module Orbit-Eject
- Choisir Course comme Source

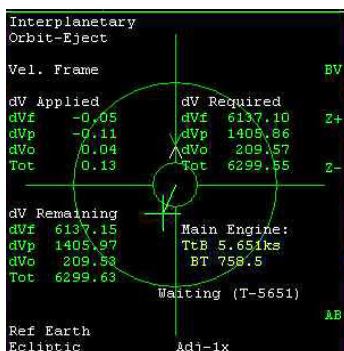


Je vous l'avais dit, le voyage sera long. $T_{in}-TE_j = 86,4M$ (de secondes) soit 2.74 ans

Vous pouvez remarquer que Target Intercept a fait le calcul de trajectoire avec Earth comme source Src puisqu'il faut que la source et l'objectif gravitent autour du même astre et qu'au départ, le vaisseau gravite autour de la Terre.

Pour réaliser l'allumage il faut utiliser Orbit Eject qui va contrôler le vaisseau en utilisant les données de Target Intercept.

Il optimise le temps de lancement TE_j pour utiliser au mieux la vitesse de la Terre sur son orbite. C'est pour cette raison que dV est bien inférieur à oV et que TE_j n'est pas nul.



- Faire sur Orbit Eject PG → BV → AB pour avoir la mire et préparer l'allumage qui durera 758.5 s et se produira dans un tour environ.

Il est possible d'accélérer le temps jusqu'à 100x

Papy – Merci Clara nous partons, adieu la Terre !

Dan - Nous sommes sur le bon chemin ?

Papy – Non car nous sommes en mode Two Plane, ce qui veut dire que nous allons d'abord suivre une trajectoire dans le plan orbital terrestre et nous ferons un allumage pour changement d'orbite quand nous rencontrerons le plan orbital de Jupiter en un point nodal.

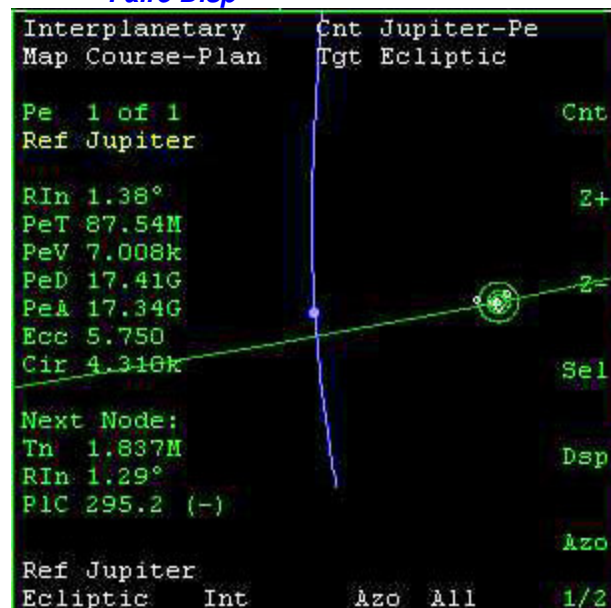
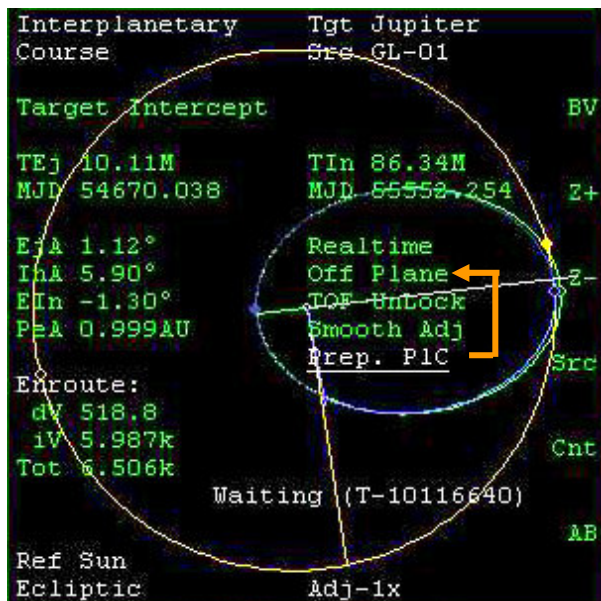
C'est ce que l'on voit sur le module Target Intercept qui nous donne $T_n = 10.17M$ comme temps pour arriver au point nodal (environ 118 jours)

Coussini – Mais alors, un de nous doit rester en veille pendant presque 4 mois pour faire l'allumage ?

Clara – Pas du tout je vais le lancer en automatique et je resterai en surveillance.

Je vous laisse un peu profiter du paysage jusqu'à ce que nous échappions à la SOI de la Terre et que Orbit Eject affiche 'Have a nice voyage' Nous serons à environ 200M de la terre après 8h de voyage
Je prépare l'allumage au point nodal

- **Faire Src → X pour désigner GL-01 comme source (TRES IMPORTANT)**
- **Sélectionner Prep.PIC et faire +**
- **Faire AB pour préparer l'allumage automatique qui se fera dans T = 10M environ**
- **Ouvrir IMFD Map**
- **Coupler sur Course (ID=0) en mode Op-mode Shared**
- **Faire REF→Jupiter**
- **Faire Int et Plan puis changer de page (PROG)**
- **Faire Cnt → p-jupiter**
- **Faire Disp**



Ca y est ! L'allumage se fera en automatique et je pourrai suivre en veille sur Map

Well – Pourquoi faut il changer de source ?

Clara – Maintenant le DG est sur une trajectoire héliocentrique et de même que pour Jupiter sa planète mère est le soleil.

Il faut maintenant dire à IMFD que c'est lui et non plus la Terre que l'on doit considérer comme le vaisseau pour continuer le calcul de l'orbite de transfert

Mustard – Quand tu as sélectionné Prep. PIC puis + pour armer l'allumage, le mode est passé en Off Plane. Pourquoi ?

Clara – C'est normal puisqu'au moment où on atteint le point nodal on fait l'allumage pour aller au plus court rejoindre Jupiter. Le reste du trajet se fait donc en mode Off-Plane. Revois ta théorie !

Dan – Sur Plan je vois que PeA est supérieur à 17G ce qui est très grand (1G = 1 million de km) Le tir ne semble pas très précis.

Clara – C'est vrai à ce stade bien qu'une erreur de 17M sur un trajet de plus de 930M ce n'est déjà pas mal. Ce sera très bon après le deuxième allumage. Ne vous inquiétez pas je veillerai et je ferai des corrections si nécessaire.

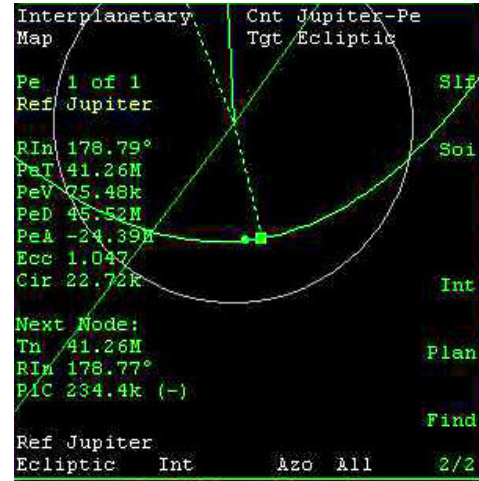
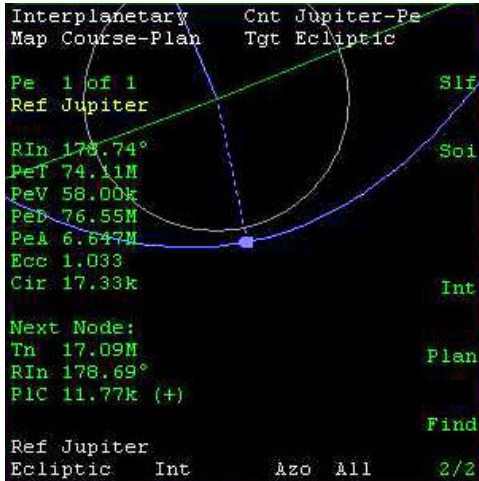
Maintenant tous en hibernation !

5 – CORRECTIONS EN ROUTE

Clara – Ils dorment tous, je n'ai plus qu'à surveiller mes écrans et passer en accélération du temps 100000x pour vous lecteur qui n'êtes pas en hibernation.

Après l'allumage au point nodal c'est excellent !
PeA prévu <7M je vais pouvoir me reposer

A mi parcours PeA négatif indique que nous allons droit sur Jupiter. Impeccable !



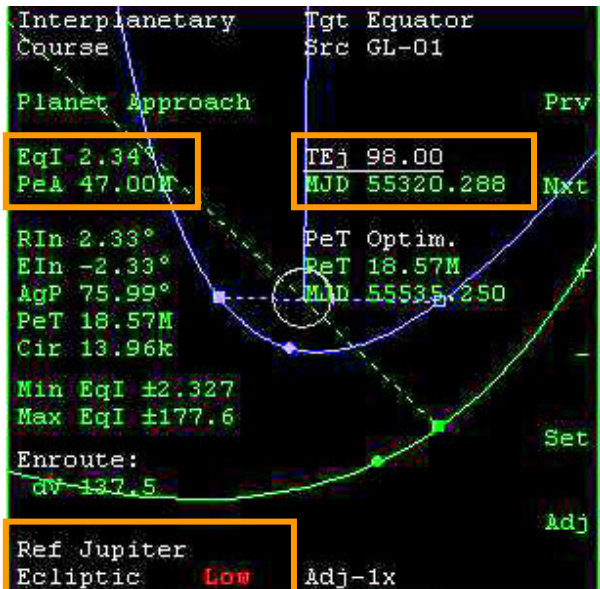
Je surveille Map d'un œil et si il le fallait un petit allumage AB sur Course ferait la correction. Normalement je n'ai rien à faire jusqu'à l'approche de Jupiter.

6 – CORRECTIONS EN APPROCHE

6.1 - Première correction à PeT=20M

Clara – En arrivant à PeT = 20M environ, l'influence de Jupiter commence à se faire sentir. $G > 0$ comme on pourrait le voir en ouvrant le MFD Orbit standard.

Je vais faire une correction en mode Planet Approach en repassant en temps réel à 1x



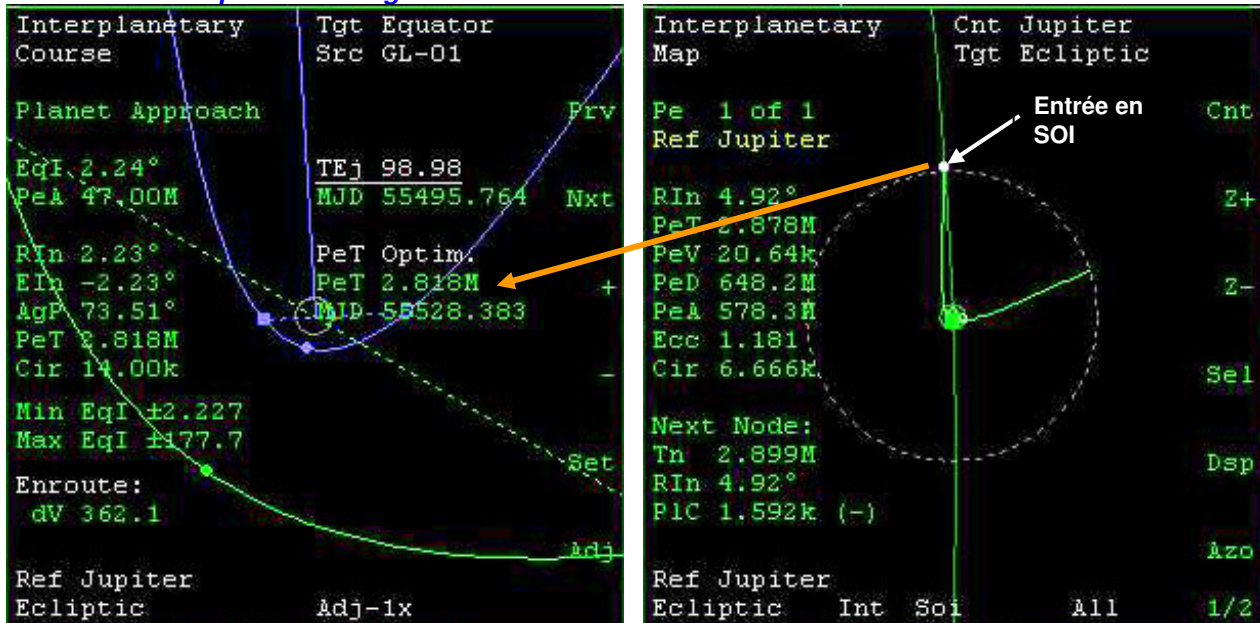
- Ouvrir Planet Approach à la place de Target Intercept
- Entrer Jupiter comme référence (TRES IMPORTANT) On voit par le texte Low en rouge qu'on commence à être sous influence
- Entrer EqI = 2.22° si possible (c'est l'inclinaison de l'orbite du Papybar) A défaut on a Min EqI
- Entrer PeA = 47M (le Papybar gravite à 50M et on s'insérera en dessous)
- Entrer TEj=100 pour permettre le positionnement du DG avant allumage
- Faire AB pour allumage automatique

Pour faciliter l'approche en rendez-vous, nous nous insérerons sur une orbite un peu plus basse que celle du Papybar auquel nous nous arrimerons pour ravitailler et livrer (fictivement) une partie de notre cargaison.

Allumage court de moins de 18s c'est parfait. Nous sommes encore à 200 jours de l'arrivée, je laisse dormir l'équipage !

6.2 – Deuxième correction à PeT = 2,8M (Entrée en sphère d'influence SOI)

- Faire Tej = 100s pour le positionnement
- Diminuer Eql si possible à 2.22°
- Faire AB pour l'allumage
- Faire SOI si nécessaire
- Utiliser Z+/- pour voir la SOI



Allumage de 46 s. Excellent !

Arrivée dans un mois. Je réveille l'équipage pour qu'il profite du spectacle.

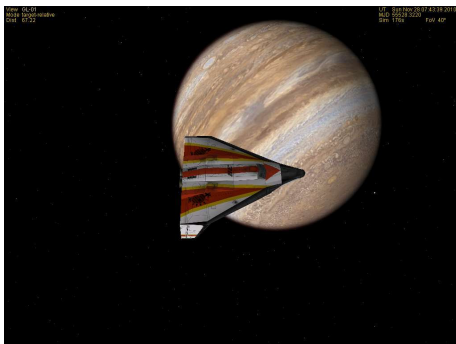
Tous – Le petit déjeuner est prêt ?

6.3 – Troisième correction

Je la fais de la même façon à PeT = 10k pour une insertion la plus précise possible à PeA = 47M

- Entrer Eql = 2.22° si ce n'est déjà fait et si c'est possible
- Allumage par AB quand PeT voisin de 10k sur Planet Approach

Allumage de 10 s pour un PeA de 47M



Coussini - Que c'est beau ! Jetez un coup d'œil dehors les amis.

Dan – C'est beau mais on va droit dedans !

Well – Adieu la vie !

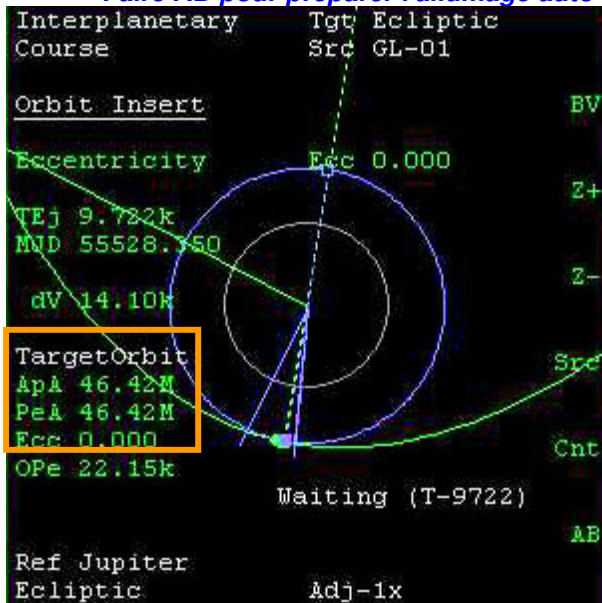
Mustard – Une dernière bière ! Que vas-tu faire Clara pour éviter le désastre ?

Clara – Pas de problème tout va bien !

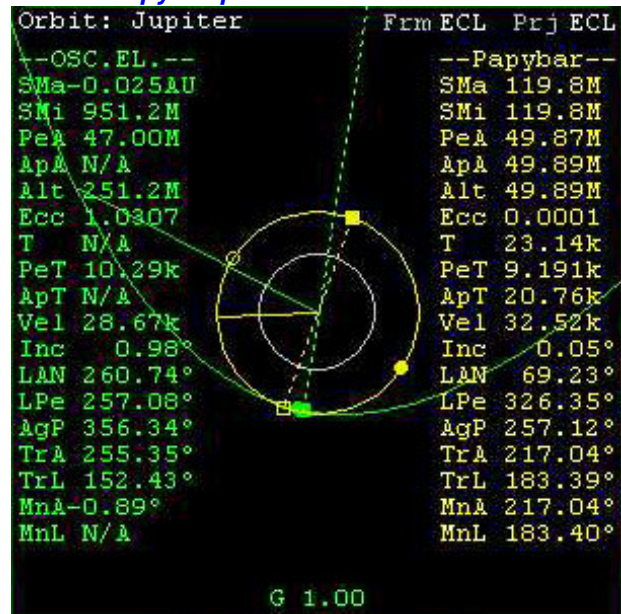
Il suffit de préparer la manœuvre d'insertion. Suivez sur vos MFD individuels

7 - MISE EN ORBITE JOVIENNE

- Ouvrir Orbit Insert
- Faire AB pour préparer l'allumage auto



- Ouvrir Orbit Standard avec TGT = Papybar pour visualiser les orbites



Comme vous le voyez l'insertion est prévue à 46.42M en circulaire
Le temps d'allumage est de 1050s environ (18mn) ce qui est long

Mustard – Pourquoi si long ?

Papy – Parce que Jupiter a une très grande force d'attraction qui nous fait arriver à près de 19 km/s et il va falloir une forte décélération pour la mise en orbite ou nous ne serons plus qu'à moins de 1 km/s. C'est un moment à passer et ça consomme du carburant mais il le faut !

Dan – Pourquoi 46.42M et pas 47M comme le donne le PeA sur Orbit ?

Papy – Une petite différence due à la difficulté de calculer exactement le point d'allumage. Après la mise en orbite nous aurons une orbite un peu elliptique avec la précision sur l'excentricité qui donne un écart non négligeable à une telle altitude.
Ceci n'est pas grave et l'essentiel est d'être inséré en dessous de la station.

Clara – En final, nous sommes sur une orbite PeA = 45.34M ApA = 48.40M qui nous convient
Il nous reste 74% de carburant et 50% d'oxygène.
Il va falloir nous réapprovisionner au PapyBar

Si vous voulez revivre quelques phases critiques de notre voyage j'ai sauvegardé pour vous les fichiers scénarios suivants :

- 03 - Fin d'injection.scn
- 04 - Entrée sous influence de Jupiter -TIn = 20M.scn
- 05 - Entrée en SOI -PeT=2.8M.scn
- 06 - Arrivée dans 16mn -PeT = 10k .scn

8 – RENDEZ-VOUS AVEC LE PAPYBAR

Charger le scénario 07 – En orbite jovienne

Attention, la manœuvre est difficile et il faut beaucoup d'attention pour réussir ! Si vous êtes débutant, passez au § 9

8.1 – Alignement des plans

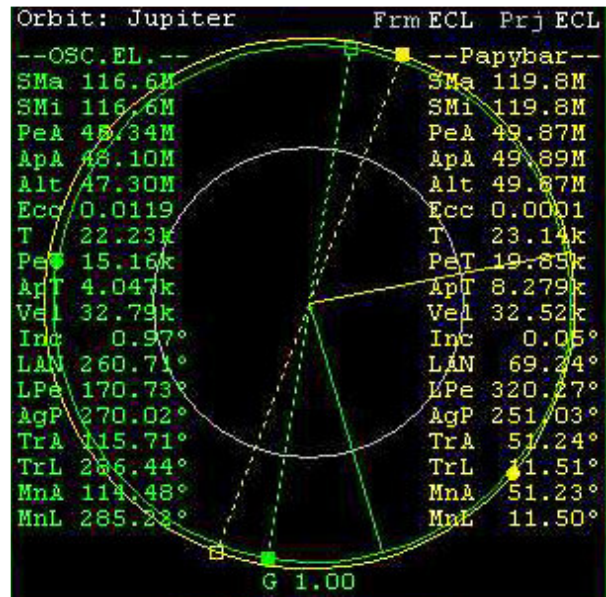
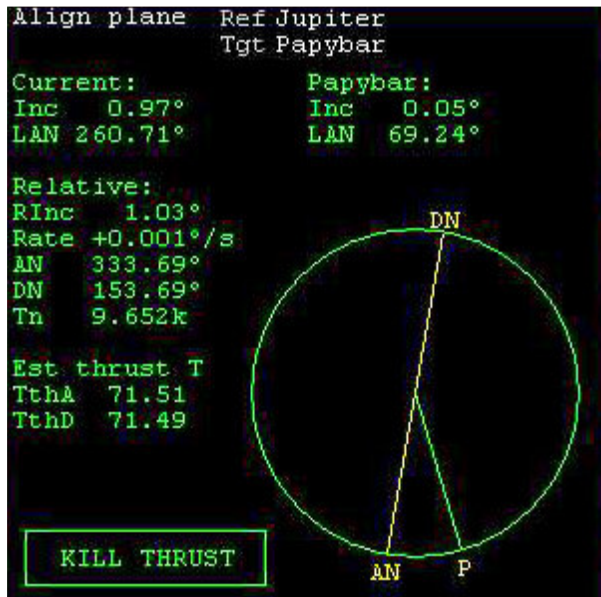
Papy – La première chose à faire avant de tenter le rendez-vous est d'aligner parfaitement les plans orbitaux. J'ai déjà expliqué les principes dans mon tuto Terre-ISS que vous avez tous lu.

Tous – Oui Papy ! (Ils ont l'air gêné les vilains cancre...)

Papy – Je vous rappelle qu'une inclinaison relative $RInc$ de 1° peut entraîner entre les deux mobiles synchronisés un écart de plus de 2000 km ! A toi de faire Clara

Clara – En route pour le pot de bienvenue ! Suivez la manœuvre...

- **Ouvrir Align Plane avec TGT = Papybar**



Vous voyez que $RInc = 1.03^\circ$ et il faut le réduire à 0
P se dirige vers le point nodal DN, il faudra donc se placer en position NML+

Je rappelle la règle:

- En DN allumer en position NML+
- En AN allumer en position NML-

L'allumage est à faire quand le texte clignote en bas à gauche.
Il faut être prudent à l'approche de 0. Finir l'allumage avec les RCS linéaires éventuellement en petites impulsions pour avoir $RInc = 0$, c'est très important !

Ca y est ! $RInc$ est nul et nous sommes sur une orbite elliptique inférieure à celle du Papybar

8.2 – Synchronisation

Papy – Une fois de plus, reportez vous à vos tutos favoris pour la théorie.

Je vous rappelle que le principe consiste à mettre le vaisseau sur une orbite elliptique qui coupera l'orbite de la cible en un point où le vaisseau et la cible arriveront en même temps.
C'est ce que l'on appelle la synchronisation.

Mustard – On peut se dépêcher, j'ai soif !

Coussini – Tu vas devoir attendre car une synchronisation peut imposer de faire pas mal de tours au préalable

Well – Ca dépend de quoi ?

Dan – De la forme et de l'altitude des orbites qui fixera l'instant de la rencontre en un point qui est la référence. Tu vois Papy, j'ai lu des choses ☺

Clara –

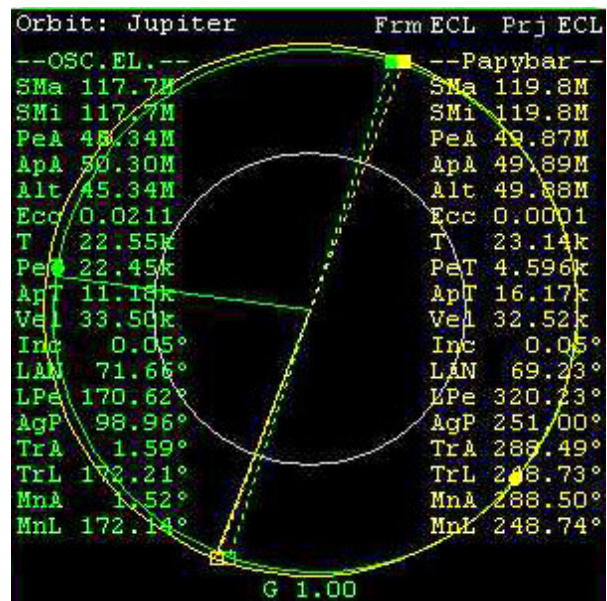
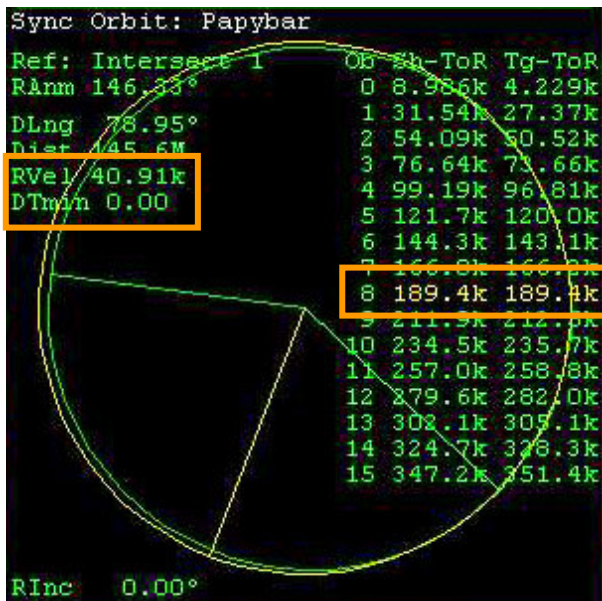


Avant de commencer, il faut penser à ouvrir les trappes des rétros fusées en agissant sur le bouton en bas à gauche sur le panneau du bas pour le positionner sur Open.

Nous aurons besoin des rétros pour les manoeuvres

Pour la synchronisation nous utiliserons Sync Orbit et Orbit

- Ouvrir Sync Orbit en mode Intersect1
- Faire TGT → Papybar
- Faire LEN →16
- Placer le DG en position prograde



- Quand PeT est inférieure à 50s allumer le moteur principal jusqu'à avoir une intersection et que DTmin soit pratiquement égal à 0 (au moins <0.05) On termine l'allumage en RCS linéaire avec des courtes impulsions sur NUM 2/6

Mustard – Aïe ! Il va falloir attendre plus de 8 tours et comme un tour dure presque 23000s je dois attendre plus de 50 heures avant de boire ma bière...

Dan – Pour un rendez-vous il faut être patient et notre orbite fait plus de 700000 km !

Papy – Il n'y a plus qu'à attendre et photographier la tache rouge pendant nos tours de manège. Nous ferons une correction au tour 1 quand nous serons à ApT proche de 0

Coussini – Pourquoi en ce point ?

Papy – Il vaut mieux ajuster la synchro en modifiant le périégée. On peut ainsi créer une orbite moins elliptique pour favoriser la rencontre car la vitesse des deux mobiles est plus voisine et ils restent proches l'un de l'autre plus longtemps.

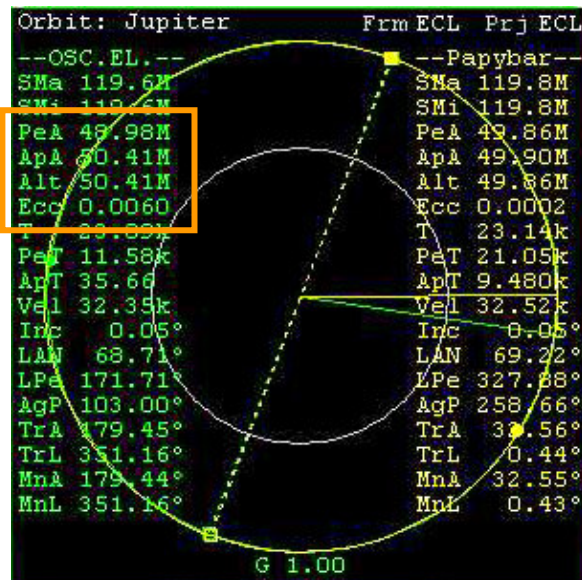
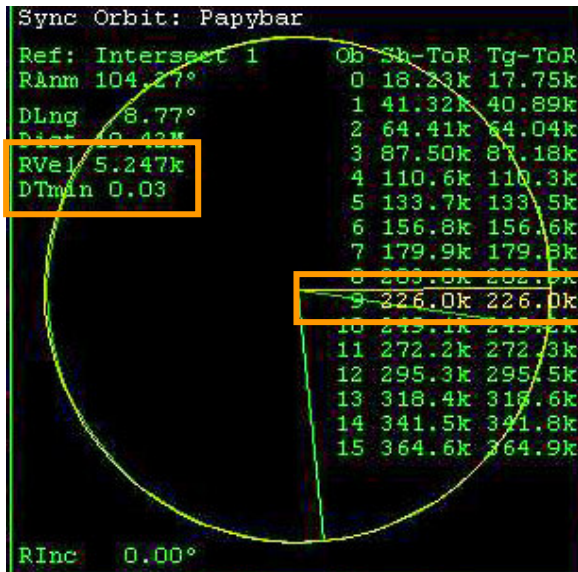
Ceci va prendre plus de tours mais ça en vaut la peine. Pauvre Mustard ☺

Well – Effectivement RVel sur Sync Orbit est supérieur à 40 k et avec cette différence de vitesse nous avons toutes les chances de nous louper

Clara – En avant pour la manoeuvre !

- Se placer en prograde

- Quand ApT est inférieur à 50s allumer le moteur principal en surveillant PeA sur orbit et DTmin sur Synchro
- Augmenter PeA jusqu'à une valeur proche de 49M de façon à avoir DTmin voisin de 0



Que voit on ?

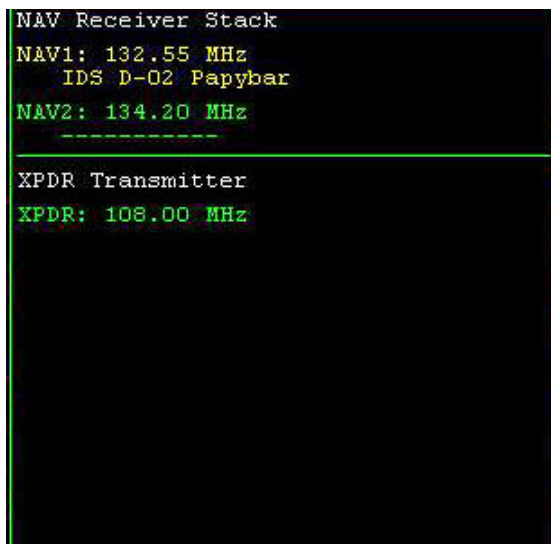
Mustard – On voit que j'attends 10 tours de plus !

Well – Mais on voit aussi que RVel est réduit à moins de 5,3 k et nos chances de rencontre augmentent

Papy – Il n'y a qu'à patienter en prenant un casse-croute

8.3 – Préparation de l'approche

- Ouvrir COM/NAV
- Régler Nav1 sur 132,55
- Ouvrir Docking
- Faire TGT → TGT → Papybar et choisir le dock2
- Faire HUD pour afficher les repères



132.5 est la fréquence IDS du dock 2 (il y a 9 docks mais celui-ci est beau – voir les fréquences avec Ctrl+I qui ouvre Object Info)

Approche classique en maintenant les repères sur le carré Papybar (C'est délicat surtout dans ce cas - voir les différents tutos sur le sujet)

8.4 - Arrimage

Si l'on est à $Dst < 100\text{ k}$, on reçoit la fréquence de l'IDS et IDS D-02 s'affiche sur COM/NAV

A partir de là on peut:

- Soit réaliser manuellement l'arrimage
- Soit réaliser automatiquement l'arrimage en lançant le programme PRO300SPEC0

Attention, surtout pour l'arrimage automatique il vaut mieux viser du bon côté pour l'approche sinon on risque de traverser la station



C'est ici une bonne approche

Les balises de l'IDS étant à droite de la station, on vise vers le quatrième carré et on réduira CVEL à 0 quand on arrivera dans l'axe pour finir en manuel ou on enclenche PRO300SPEC0 pour l'approche automatique

NE PAS OUBLIER D'OUVRIR LE CONE AVANT L'ARRIMAGE ! (Touche K)



Papy - Nous arrivons. Admirez le spectacle ! Dans quelques minutes nous serons au bar

Mustard – Dieu soit loué !

Dan – Je boirai bien un "fendant"

Well – Je vais placer des OrbitMags

Coussini – Je vais me sucrer le bec

Clara –

Pour les astronautes débutants, je sauve les situations dans les fichiers

09 – Approche à 80 km

10 – Stationnaire à 800m

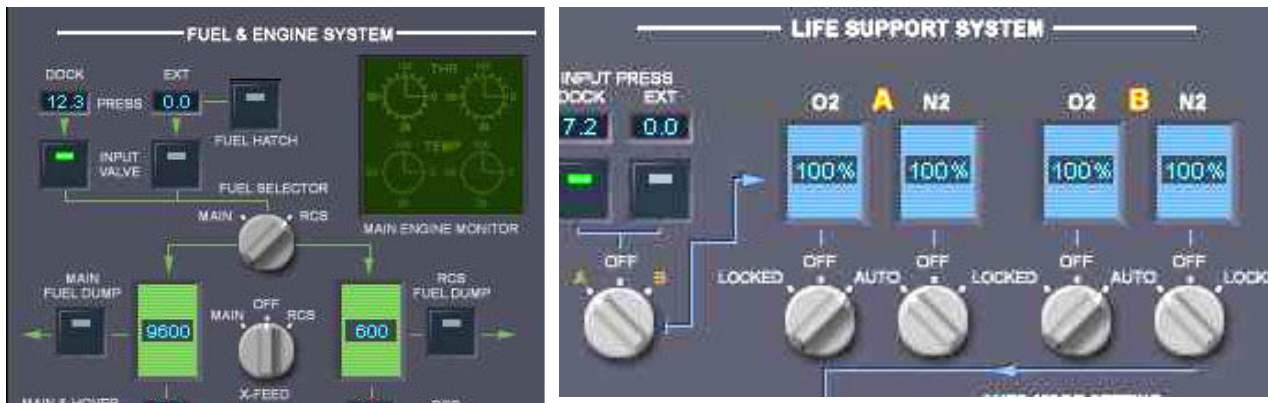
11 – Docké au Papybar.scn

8.4 – Passer à la pompe

Papy – Avant de repartir, il faut reprendre du carburant et de l'oxygène. Clara va s'en occuper pendant que nous allons nous reposer.

Clara – J'en ai marre, c'est toujours moi qui m'y colle !!

Ils sont vraiment nuls.. Il suffit de savoir utiliser les vannes et les commutateurs du Fuel & Engine System et du Life Support System



Voilà, c'est fait, ils ne me casseront plus les pieds. Maintenant je vais jouer au casse briques.

9 – DEPART POUR EUROPA

Charger le scénario 12 –Prêt au départ pour Europa.scn

9.1 – Injection en HTO

Papy – Bonjour à tous : J'espère que vous vous êtes reposés ? Voilà le programme pour la suite de la mission.

Nous allons nous mettre en orbite autour d'Europa et de là nous descendrons pour atterrir sur la nouvelle base appelée "Europa Beach " Elle est située en longitude 180 °E et en latitude 41 °N Elle est associée à un Papybar appelé Europa Prelude

Nous y livrerons des marchandises, boirons une bière Jovienne et ferons une petite excursion.

Mustard – Si il y a de la bière je suis d'accord

Dan – Le DGIV est prêt, pleins faits en carburant et oxygène. Le sas est fermé.

Well – Je suis content, le Papybar est en bon état et Mustard n'a pas vomit !

Coussini – J'ai testé un hamburger au sirop d'érable et je suis en forme

Clara – Attention au départ !

- **Ctrl + D pour quitter la station**
- **K pour fermer le cône**
- **Ouvrir les trappes des hovers (commutateur sur panel Thrusters doors) ils vont nous servir pour l'atterrissage**

Maintenant vous connaissez la suite des opérations !

Comme nous sommes en orbite autour de Jupiter comme Europa nous pouvons utiliser directement Target Intercept pour l'allumage (Src et Tgt ont la même planète mère)

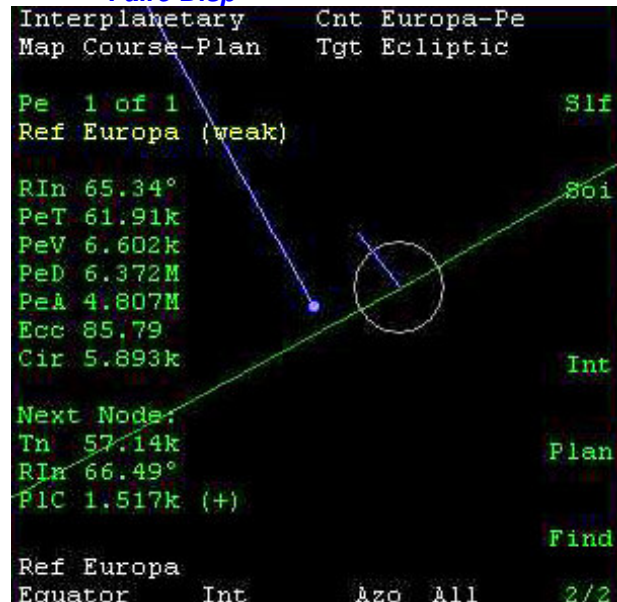
Le voyage étant court nous garderons l'affichage en GET. Inutile de passer par le menu de configuration générale

Comme nous orbitons presque dans le plan de l'écliptique, on peut rester en mode Off-Plane

- Ouvrir IMFD
- Sélectionner et choisir le module Course puis Target Intercept et TGT = Europa
- PROG pour changer de page
- AB pour allumage automatique



- Ouvrir IMFD
- Coupler en Op-mode Shared sur 0
- Sélectionner et choisir le module Map
- Faire REF → Europa
- Faire Int et Plan puis changer de page (PROG)
- Faire Cnt → p-europa
- Faire Disp



Allumage de 1285 s dans 15 mn environ après une attente de plus d'une heure
Durée du trajet Tin-TEj # 59000 s soit un peu plus de 16 heures

Dan – Un allumage de plus de 20mn c'est énorme pour faire si peu de chemin !

Well – C'est normal avec l'énorme gravité de Jupiter qui nous contrarie. Il faut atteindre une vitesse de 11 km/s pour l'injection en HTO

Clara – Nous allons partir en utilisant cette solution.

Quand nous serons assez prêt d'Europa pour commencer à sentir son influence, nous corrigerons la trajectoire en utilisant Base Approach pour réaliser une insertion en orbite qui favorisera notre descente sur la base

Mettez vos ceintures et on y va !

- Sur Course, faire PROG puis AB pour allumage automatique

9.2 – Corrections et mise en orbite

La trajectoire est bonne et il vaut mieux corriger assez près d'Europa car la gravité de Jupiter va nous gêner.

Nous utiliserons BaseApproach pour nous insérer sur une orbite permettant de survoler la base

- Ouvrir BaseApproach
- Prendre REF = Europa (TRES IMPORTANT)
- Entrer TGT → Europa-Beach
- Sélectionner Orbit-Insert comme mode d'approche
- Ouvrir Orbit
- Prendre REF → Europa



Dan – Pourquoi est ce si important de prendre Europa comme référence ?

Coussini – Parce que c'est Jupiter qui sera automatiquement choisie car nous sommes très longtemps avec son champ de gravité prépondérant. Tu vois, je connais ma leçon !

Mustard – Mais quel va être le meilleur moment pour allumer ?

Well – Quand dV est minimum, ce qui correspond à BT minimum. Il suffit d'avancer en surveillant dV et quand il atteint la plus petite valeur on allume.

Papy – Bravo vous êtes très forts !

Remarquez que nous avons gardé l'altitude Alt=120k pour ne pas risquer des ennuis comme nous le verrons tout à l'heure.

Notez aussi que notre trajectoire est très tendue et de forme hyperbolique (ApA N/A = non fermée) et nous allons arriver très vite au périée d'Europa

Clara – dV est minimum, on peut allumer..

- Faire AB pour l'allumage automatique
On peut donner une valeur d'environ 100s à TEJ pour laisser le temps au DGIV de se positionner

Allumage de 35s

On va faire une deuxième correction pour améliorer l'insertion quand G lu sur Orbit est égal à 0.10 ce qui veut dire que nous entrons dans la zone d'influence de Europa.

Nous ne sommes plus qu'à 1000 s environ du périée et nous allons très vite !

Allumage de 52s

Mustard – Il va falloir appuyer fort sur la pédale de frein.

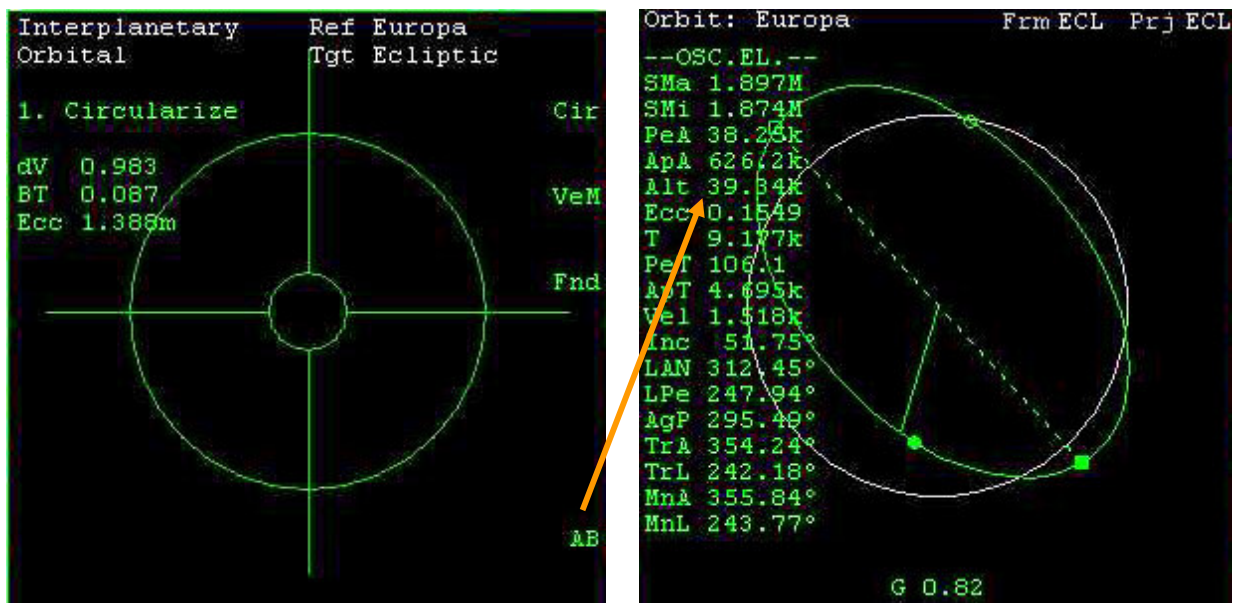
Papy – Tu ne crois pas si bien dire, la mise en orbite va demander plus de 500s d'allumage en raison de notre trajectoire hyperbolique et la précision de l'insertion va en souffrir.

Clara – Les outils de IMFD ne fonctionnent pas dans ces conditions Il faut freiner en position rétrograde en se servant du module Orbit standard pour régler l'allumage.
Comme le temps d'allumage est long, il faut le déclencher un peu plus de 300 s avant d'arriver au périégée pour garder à celui-ci une bonne valeur (la règle est d'allumer quand on atteint un temps avant le périégée égal au temps de combustion nécessaire)

- Se placer en rétrograde
- Quand PeT atteint 320s allumer à pleine puissance
- Quand $Ecc < 1$ et PeA de l'ordre de 40k, stopper les moteurs.

La trajectoire est maintenant elliptique.

- Attendre que PeT soit de l'ordre de 20s et rallumer toujours en rétrograde pour diminuer ApA le plus possible tout en conservant PeA assez grand (>20k)
- Ouvrir le module Orbital de IMFD et faire AB pour circulariser quand Alt est arrivé à la valeur souhaitée proche de PeA



Et voilà, nous sommes en orbite presque circulaire à environ 40k d'altitude. On peut se trouver jusqu'à 100k sans conséquence pour la descente.

C'est tellement beau que je sauve cette situation dans le fichier

13 – En orbite autour d' Europa.scn

9.3 - Atterrissage

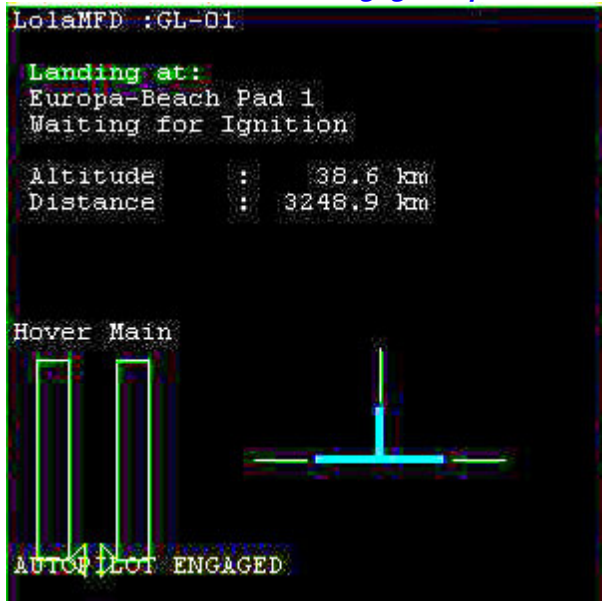
Tous – Bravo Clara c'est la classe ! (standing ovation)

Clara – Attendez mes amis, il reste à atterrir sur la base.

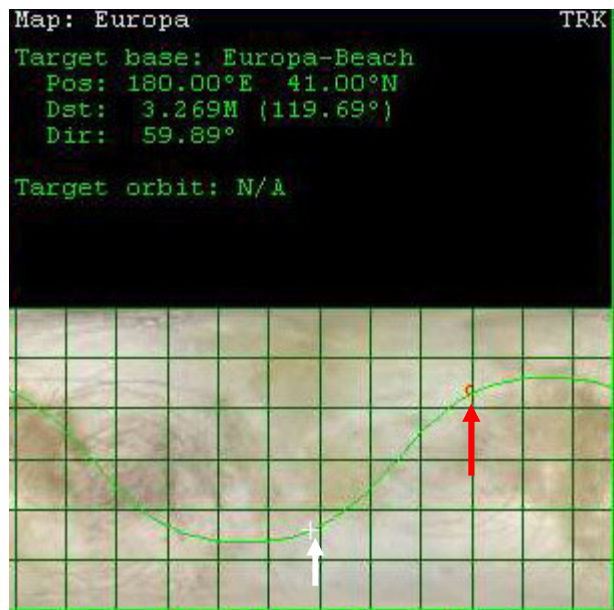
Well – Ce sera dur ?

Clara – Pas du tout, nous allons utiliser LolaMFD du regretté LazyD à qui nous adresserons une pensée émue.

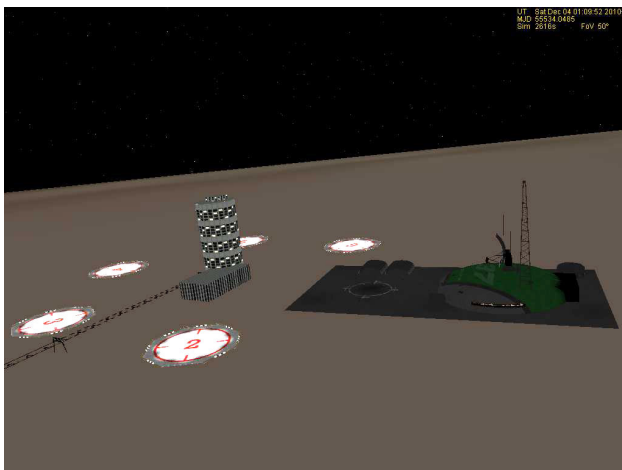
- **Ouvrir LolaMFD**
- **Faire la touche > plusieurs fois pour choisir le Pad1 et engager le pilote**



- **Ouvrir Map**
- **Prendre TGT → Europa Beach**



Il n'y a plus qu'à admirer le spectacle ! Nous atterrirons sur le Pad1 qui est juste devant la base Europa Prélude. C'est très pratique pour la visite !



*Belle approche et atterrissage superbe !
Enregistré dans le fichier 14 – Posé à Europa Beach.scn*

Dan – Pourquoi ne pas se poser sur un autre pad ?

Papy – Nous pourrions, mais ça nous ferait faire plus de chemin pour rejoindre le bar de la base ☺.
On peut reprendre la main en manuel en finale et atterrir sur un autre pad en se servant par exemple de PROG200SPEC7 qui met en vol stationnaire puis de PROG200SPEC8 pour une descente en douceur.

9.4 – Distractions sur Europa

Papy – Le syndicat d'initiative nous propose des distractions. Il paraît qu'il y a un mémorial à visiter à environ 20 km d'ici dans l'axe du monorail mais à l'opposé. Sur le site on trouve également un Papybar qui présente des spectacles de strip-tease motorisé

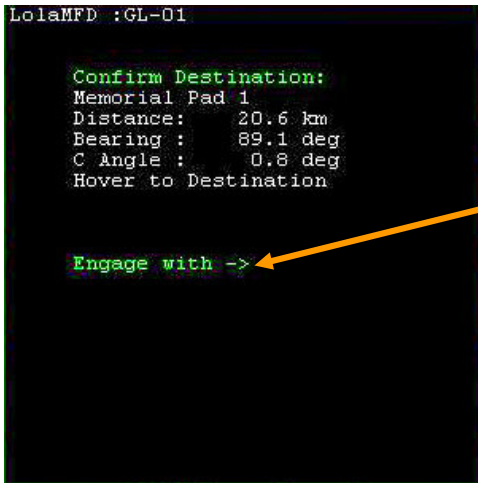
Mustard – Comment on motorise un truc comme ça ?

Dan – Il y a des hélices sur les vêtements ?

Coussini – Chez nous au Canada on fait ça sur des luges à moteur.

Well – Je veux voir ça avant d'aller au lit !

Clara – Le mieux est d'y aller pour voir. Nous allons utiliser le DGIV et LolaMFD dans sa fonction Suborbital transfer qui permet d'aller d'une base à une autre.



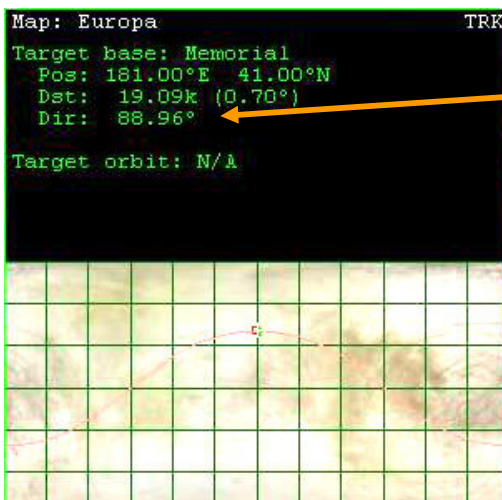
- Ouvrir LolaMFD
- DN deux fois pour choisir Suborbital transfer
- → puis DN pour choisir Memorial
- → pour choisir le pad (il n'y en a qu'un)
- → pour engager le pilote

Il n'y a plus qu'à ce mettre aux hublots pour voir l'approche dans quelques minutes

Vous allez voir un objet dans le ciel mais c'est un mirage. Attendez d'être assez près pour mieux voir. Une approche de nuit est plus jolie

Vous pouvez faire une EVA pour voir les affiches du programme au Papy's Bar

Les purs du pilotage peuvent faire le déplacement en manuel en utilisant le MFD Map qui donne le cap à suivre et l'échelle de cap du HUD en mode Surface



- Monter en Hover entre 50 et 100m
- Stabiliser avec HOLD ALT
- Sur l'échelle de cap en haut du HUD, prendre le cap donné par Dir en utilisant les touches NUM 1/3 et le RCS rotation
- Piloter ensuite comme un hélicoptère en utilisant les touches NUM 8/2 pour accélérer ou ralentir et les touches NUM 4/6 pour garder le marqueur vitesse (croix dans un rond) aligné verticalement avec le marqueur de l'axe du DGIV (V inversé)
- Se mettre en stationnaire au dessus du pad et atterrir doucement (on peut utiliser le programme PRO200SPEC8)

Retour à la base après le spectacle !

Papy - Une autre distraction consiste à tester le MMU. Il faut en libérer un en utilisant une des touches Grapple/Release du panneau Turbo Packs sur le panneau inférieur. Ensuite on sort, on va le chercher et on l'enfile (Voir notice du DGIV pour les touches utiles) et on va faire quelques exercices sur la base comme se poser sur un pad par exemple

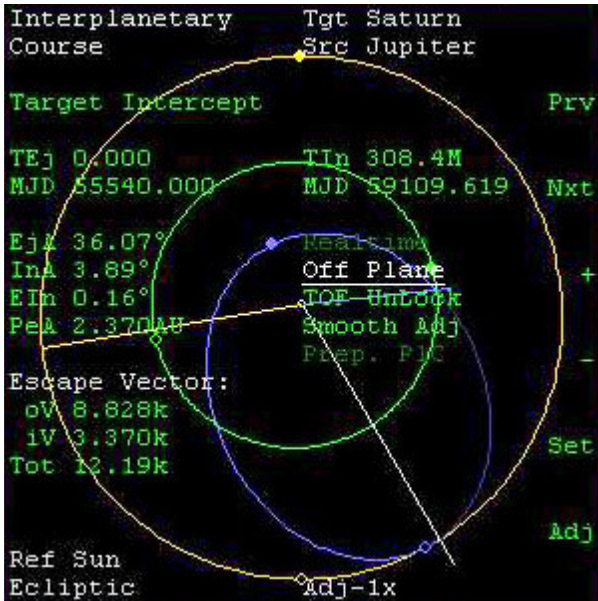
10 – RECHERCHE DE LA FENETRE POUR SATURNE

Charger le scénario 16 - Recherche de la fenêtre pour Saturne.scn

Papy – Bonjour ! Nous sommes le **10 décembre 2010** et nous allons chercher une solution pour gagner Saturne. Nous allons procéder comme nous l'avons fait pour le départ pour Jupiter. A toi Clara

Clara – J'abrège, tout le monde sait faire !

- **Ouvrir IMFD → Course → Target Intercept → TGT = Saturn**



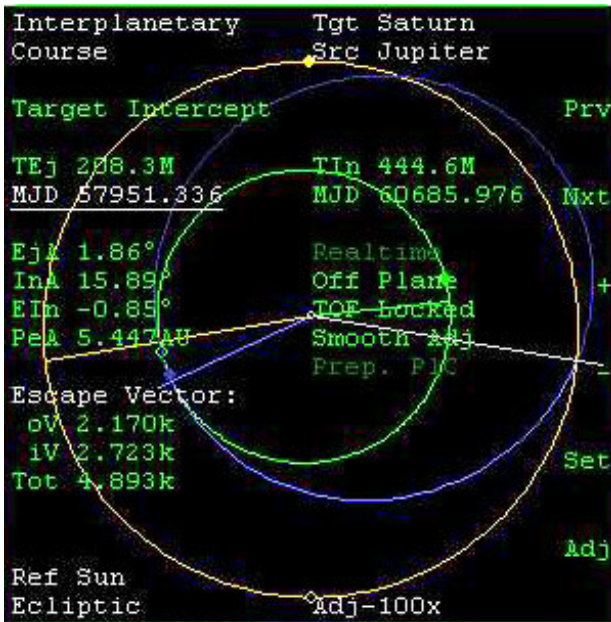
Voilà la solution proposée pour un voyage de durée $TEj = Tin = 308.4$ M soit 9,8 ans.

Si on ouvre Orbit-Eject sur le deuxième MFD en mode Op-mode Shared on voit que $BT = 1096s$

On peut remarquer que le moment du départ n'est pas favorable car nous sommes obligés de passer à l'intérieur de l'orbite de Jupiter et de nous rapprocher du soleil.

Il faudrait trouver mieux mais notre départ risque d'être retardé.

- **TOF- Lock**
- **Augmenter TEj jusqu'à avoir oV le plus petit possible**



- **TOF-Unlock**
- **Réajuster Tin puis TEj pour diminuer oV le plus possible**

On peut trouver une solution voisine de celle-ci qui nous donne un temps de voyage égal à $Tin - TEj = 236.3M$ soit environ 7,5 ans pour $BT = 378k$

On gagne 2,3 ans de voyage mais il faudra repartir en juillet 2017 et nous essayerons encore de réduire le temps de voyage à ce moment là

Mustard – Ouille il va falloir attendre 6.5 ans sur Europa ! Il n'y aura jamais assez de bière.

Dan – Ne t'inquiète pas je suis en train de bricoler un accélérateur temporel allant jusqu'à 100000x qui nous évitera la mise en hibernation et nous pourrons faire le voyage en moins d'une heure

Coussini – J'espère qu'on pourra ralentir de temps en temps pour prendre un pot tranquille avec les hôtesse !

Well – J'aurai le temps d'aller inspecter le PapyBar

Papy – OK, on accélérera avec des pauses. Et maintenant au bar pour la soirée !

11 – DEPART POUR SATURNE

Charger le scénario 17 - Départ d'Europa.scn

Papy – Bonjour, nous sommes le **16 juillet 2017** et nous allons décoller et nous placer en orbite autour d'Europa

11.1 – Mise en orbite autour d'Europa

Clara – Bonjour à tous ! Les pastilles digestives sont dans l'armoire à pharmacie. Ca pourra vous servir après plus de 6 ans de beuveries.

- **Décollage automatique en vertical**
- **Enclencher le programme PRO905SPEC90**

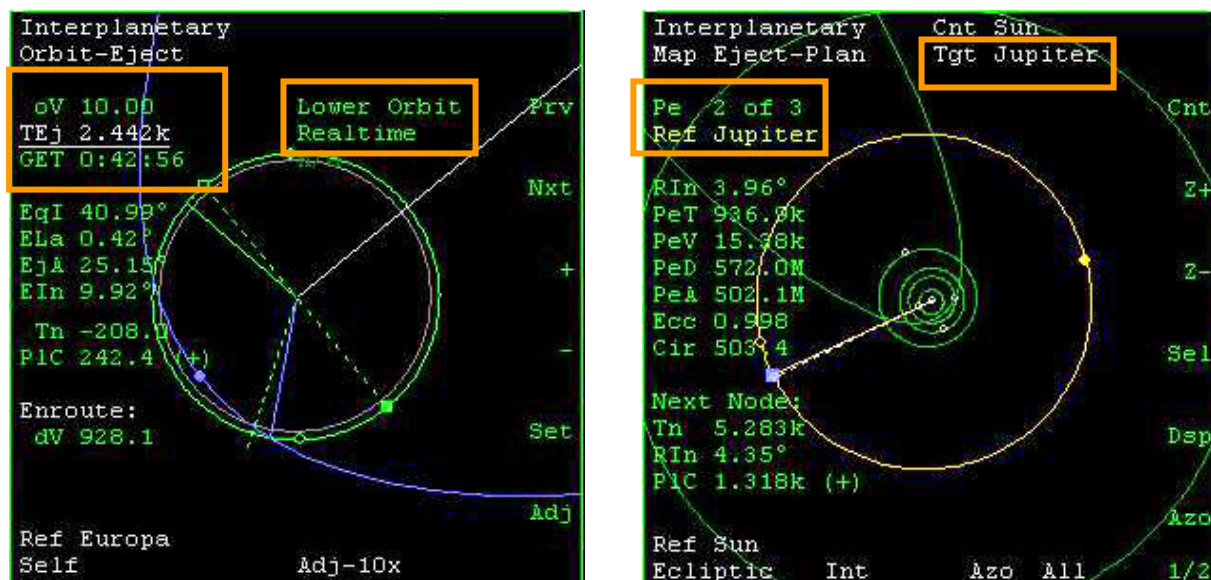
Détendez-vous et regardez par les hublots la base qui s'éloigne. Le petit déjeuner sera servi en fin de mise en orbite dans 10mn

11.2 – Mise en orbite autour de Jupiter

Charger le scénario 17 – En orbite Europa pour Saturne.scn si vous le souhaitez

Papy – On ne peut pas programmer directement le vol vers Saturne car notre DGIV tourne autour d'un satellite de Jupiter qui n'a pas la même planète de référence que notre cible.
On va faire une mise en orbite intermédiaire autour de Jupiter avant le départ vers Saturne et nous profiterons en même temps de la vitesse de Jupiter sur son orbite pour atteindre la vitesse nécessaire pour la HTO vers Saturne.

Clara- Suivez la manœuvre les petits gars c'est très simple !



- **Ouvrir Orbit-Eject en mode Lower orbit nécessaire pour revenir d'un satellite vers sa planète mère)**
- **Ouvrir Map sur le deuxième MFD couplé en mode Op-mode shared**
- **Faire TGT→ Jupiter**
- **Faire Dsp, Int et plan pour l'affichage**
- **Utiliser Sel pour afficher Pe Ref Jupiter**

On peut voir sur Map que PeA prévue pour la HTO à Jupiter est de 502M pour un dV de 10 sur orbit Eject (10 est la plus petite valeur affichée par défaut et il est inutile de gaspiller du carburant puisque ça nous suffit pour la mise en orbite autour de Jupiter)
Nous resterons assez éloigné du soleil pour notre deuxième phase de lancement.

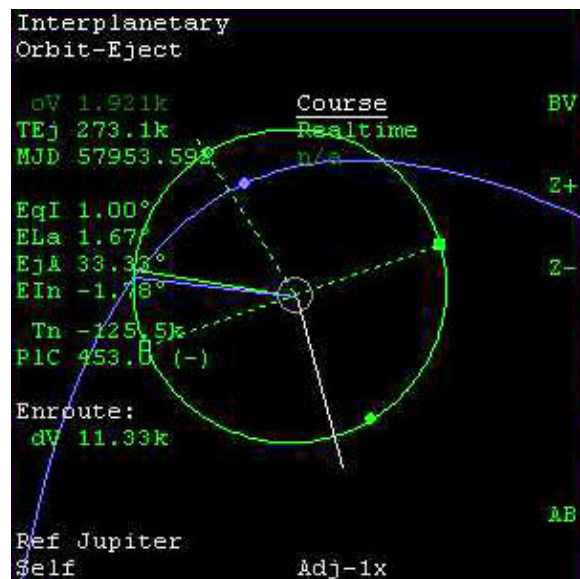
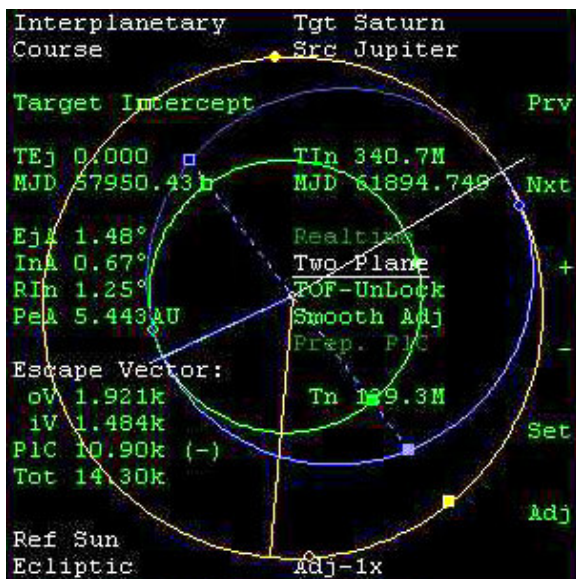
- **Faire AB sur Orbit-Eject et attendre l'allumage**

11.3 – Départ pour Saturne

Papy – Nous sommes sur une orbite 502x597M autour de Jupiter. Il ne reste plus qu'à préparer le départ comme vous savez le faire pour aller d'une planète à une autre.

Mustard – Comme d'habitude on va utiliser Target Intercept en mode Two Plane et réaliser l'allumage avec Orbit Eject couplé en mode Course puisque nous allons d'une planète du système solaire à une autre

Clara – *Bien, allons y et faisons comme ça !!*
On obtient cette solution



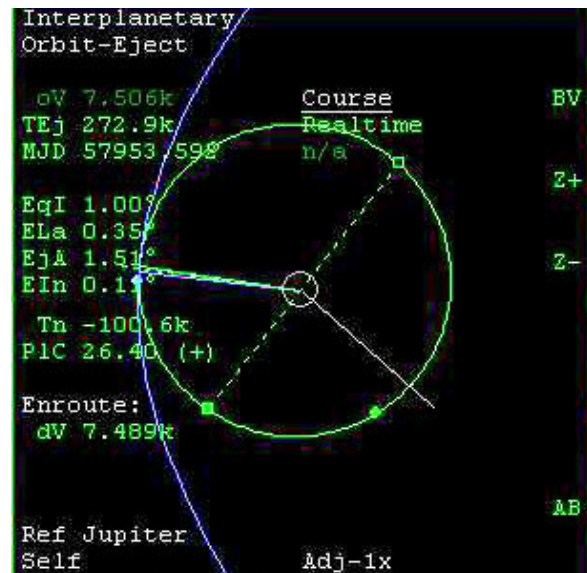
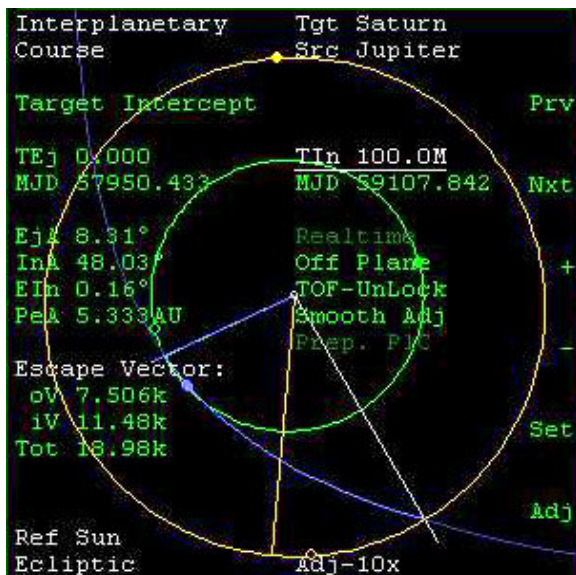
Durée du voyage Tin-TEj=340.7M s soit 10.8 ans
Temps d'allumage BT= 1312 s sur Orbit-Eject

Well – Il y a quelque chose d'étrange ! On espérait moins de 8 ans et on trouve un peu plus de 10 ans

Papy – C'est exact ! IMFD fait un calcul d'orbite de Hohmann théorique en réalisant une orbite tangentielle à l'orbite de la cible. Ceci nous donne un temps de transfert d'un peu plus de 10 ans mais en contre partie la vitesse relative au point de rencontre sera la plus petite possible et la mise en orbite autour de Saturne sera plus économique.

Comme nous sommes 5 dans le DGIV nous ne disposons d'oxygène que pour 4 ans. A moins de sacrifier un ou deux d'entre nous pour augmenter notre autonomie (ce serait cruel et il faudrait manger les plus jeunes !) nous allons reprendre la solution pour réduire le temps de transfert à moins de 4 ans, disons en prenant Tin = 100M qui représente 3,2 ans et nous laisse une marge. Clara tu veux rectifier ?

Clara – C'est fait !



Une remarque ! Je suis repassé en mode Off-Plane pour pouvoir prendre TIn = 100M. En effet c'est impossible en mode Two Plane car comme on le voit sur la figure précédente, le point nodal est à Tn = 109M et on ne pourrait pas par le principe du Two Plane, terminer le voyage avant de l'atteindre.

Dans ces conditions le temps de combustion avec Orbit Eject sera de 908 s

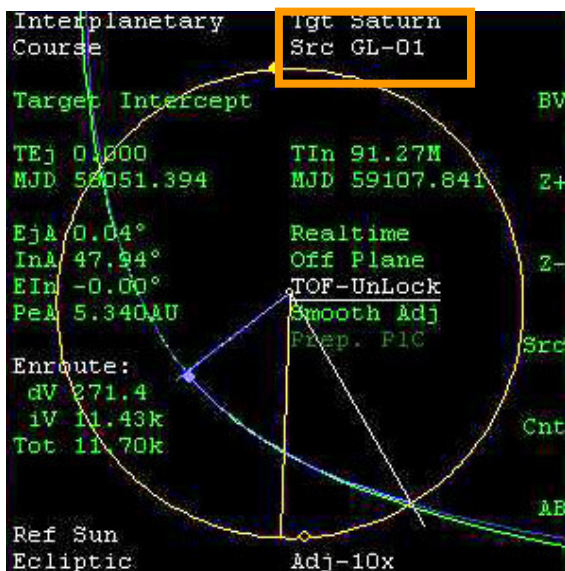
- **Faire AB sur Orbit Eject et attendre l'allumage**

Papy – Après l'allumage, nous passerons en compression du temps en 100000x. Ca nous évitera la mise en hibernation.

En ce qui me concerne elle me donne des fourmis dans les doigts de pied ☺

11.4 – Corrections en route

Clara – Maintenant vous savez faire. Quand Orbit Eject affiche "Have a nice voyage " il faut prendre GL-01 comme source et ouvrir Map en OpMode Shared en mode Int, Disp, Plan pour y suivre l'évolution de PeA



Papy – La précision de IMFD est telle qu'il n'y a normalement pas de correction à faire en route. Si il en fallait on peut faire un allumage par AB à mi parcours.

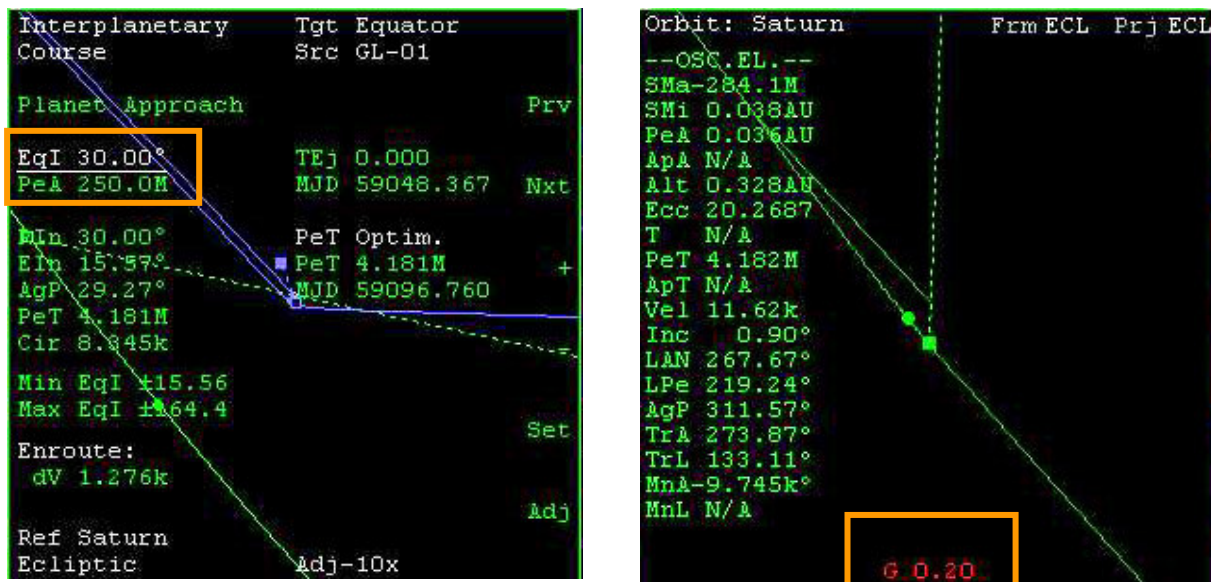
Nous ferons une ou deux corrections d'altitude du PeA et d'inclinaison quand nous approcherons de Saturne.

11.5 – Corrections en approche

Clara –

- Quand Tin atteint 10M ouvrir Orbit standard avec Ref = Saturn
- Ouvrir Planet Approach avec Ref = Saturn (**très important !**)
- Entrer EqI = 30° et PeA = 250M qui nous donneront une bonne orbite pour observer les anneaux
- Quand G=0,20 sur Orbit, on entre sous influence suffisante de Saturne sans être trop loin de la SOI pour faire une bonne correction. Allumer par BV sur Planet Approach

PeA sur Orbit va être de l'ordre de 250M



Continuer l'approche et surveiller PeA sur Orbit pour s'assurer qu'il reste à peu près égal à 250M.
On peut refaire un allumage quand on entre dans la SOI et que G=0,5 mais ce n'est pas nécessaire
On ne demande pas une grande précision pour PeA

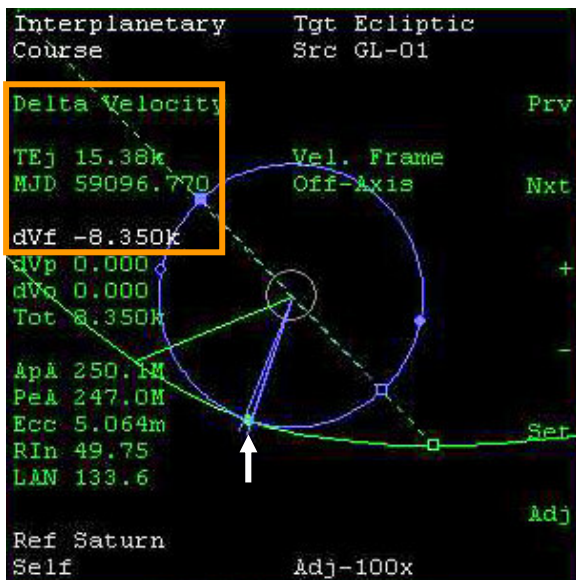
Vous dormez les amis, on ne vous entend plus !

Tous – Nous admirons tes manœuvres Clara...

11.6 – Mise en orbite autour de Saturne

Clara – Nous allons utiliser le module Delta Velocity de IMFD pour réaliser cette opération quand nous serons à Pet >20k. Le module Orbit Insert peut ne pas bien fonctionner sur ce type de trajectoire.

- Ouvrir Delta Velocity
- Augmenter TEj pour amener le rayon bleu marquant la position sur le point marquant le périégée (flèche blanche sur figure ci dessous)
- Augmenter dVf en valeur négative (c'est la poussée en rétrograde) pour que ApA soit égal ou très voisin de PeA (Ecc est voisin de 0)
- Retoucher TEj et dVf si nécessaire pour que PeA# ApA
- Faire AB pour préparer l'allumage automatique



Ca y est, nous sommes en orbite !

12 - DEPART POUR RHEA

Dan – C'est très joli mais il ne nous reste que 35% d'oxygène ! Que faisons nous maintenant ?

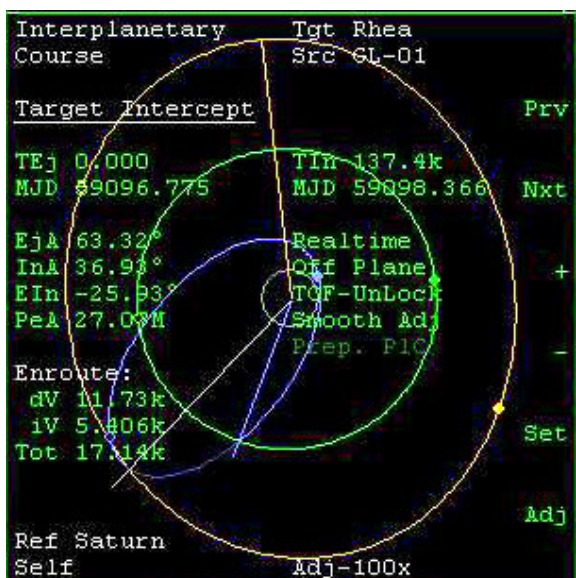
Mustard – D'abord, nous buvons une bibine ..

Well – Il doit bien y avoir un PapyBar dans le secteur ?

Coussini – Qui veut un bonbon au sirop d'érable ?

Papy – Tout est prévu. Il y a une base Rhea-Beach qui va nous permettre le réapprovisionnement. Nous allons aller nous placer en orbite autour de Rhea

12.1 - Lancement



Clara –

Nous irons au plus direct en utilisant Target Intercept en mode Off- Plane

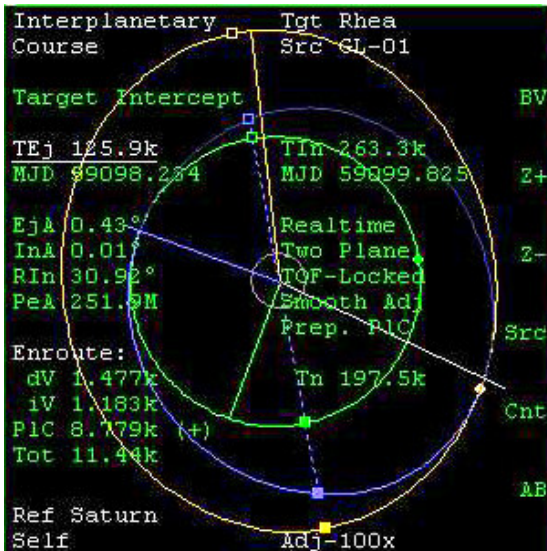
Puisque nous allons vers un satellite de Saturne on peut réaliser directement l'allumage avec Target Intercept

Remarquez une fois de plus que la source est dans ce cas GL-01

- **Allumage par AB**

En route ! N'oubliez pas de regarder à l'extérieur le passage des anneaux de Saturne.

Tous – C'est magnifique !



Normalement pas de correction à faire en route. Vous pouvez suivre avec Map ou sur le MFD Orbit Standard.

12.2 – Corrections en approche

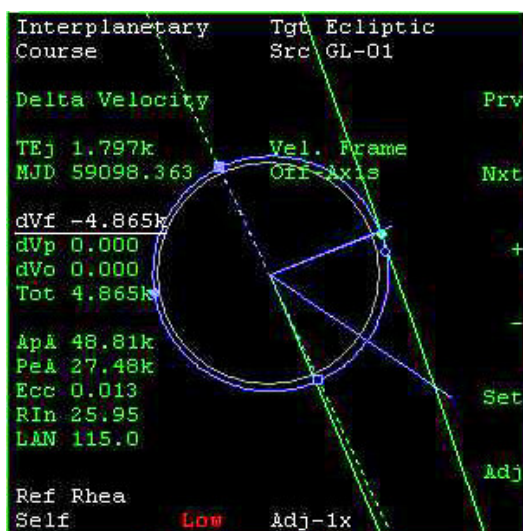


Nous utiliserons BaseApproach pour faire une insertion en orbite alignée avec la base Rhea-Beach.

- Ouvrir le MFD Orbit Standard avec Ref → Rhea
- Ouvrir le module en mode Orbit-Insert avec Ref → Rhea
- Entrer TGT → Rhea-Beach
- Enter Alt → 50k
- Faire AB quand G suivi sur Orbit devient supérieur à 0 (on entre sous influence de Rhea, PeT est environ égal à 3k)

L'insertion en orbite ne se fera pas exactement à l'altitude prévue car Rhea a une gravité faible et Saturne à une grosse influence. Nous corrigerons à la mise en orbite

12.3 – Mise en orbite



On utilise Delta Velocity comme nous l'avons déjà fait en essayant d'avoir PeA et ApA < 50k

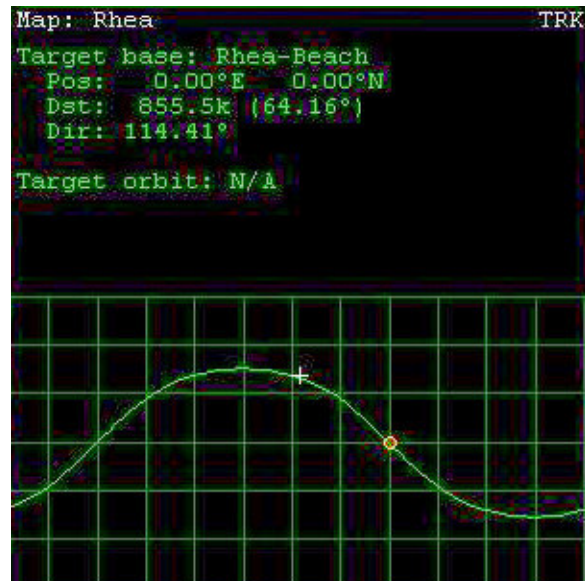
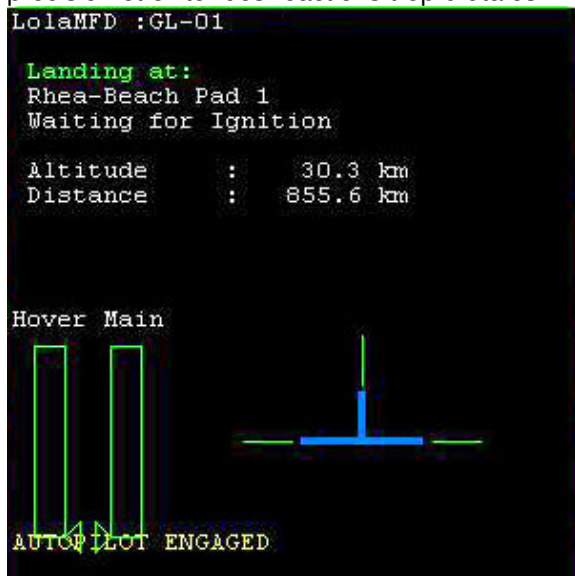
La gravité de Rhea est faible et il est difficile d'avoir des altitudes précises.

Ce n'est pas un problème et il faut rectifier de façon classique après mise en orbite par des poussées en rétrograde à l'apogée et au périgée pour situer PeA et ApA à moins de 50k pour préparer l'atterrissage.

12.4 - Atterrissage

Papy – Nous allons utiliser Lola pour l'atterrissage automatique à Rhea-Beach. Il est bien d'enclencher le pilote automatique quand Dst< 1M

Ensuite il n'y a plus qu'à suivre l'approche en évitant d'accélérer le temps pour garder une bonne précision et éviter des réactions trop brutales



Coussini – Le paysage n'est pas riant !

Dan – J'espère qu'on ne va pas casser le train, c'est assez instable...

Mustard – Il faut surtout penser à le sortir ...

Well – Ca balance, j'ai mal au coeur !

Clara – *Ca y est on se pose ! On va pouvoir refaire les pleins de carburant et d'oxygène comme nous l'avons fait sur Europa avant de repartir.*

Si nous avons la forme nous pourrions aller faire un tour jusqu'à Titan et nous repasserons ensuite refaire les pleins avant le retour à la maison.

13 – RETOUR VERS LA TERRE

Papy – Comme nous l'avons fait pour Europa nous allons d'abord nous mettre en orbite autour de Rhéa, puis autour de Saturne avant de partir pour la Terre.

Nous réduirons au minimum raisonnable le temps du voyage de retour pour avoir de l'oxygène pour 5 en tablant sur un voyage de 100M de secondes (3.2 ans environ)

Clara – *Suivez la manœuvre !*

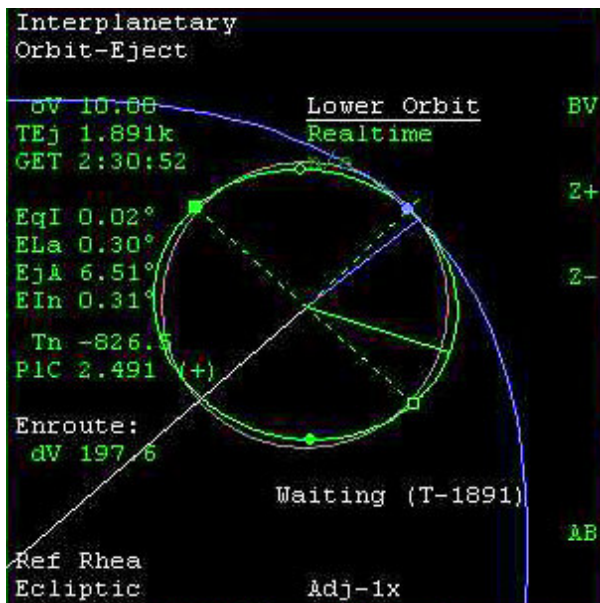
13.1 – Mise en orbite autour de Rhéa

- Ouvrir le MFD Orbit avec Ref → Rhéa
- Engager le programme PRO905SPEC90 pour faire un décollage vertical
- Désengager le programme quand PeA est d'environ 50k pour couper le moteur. Le DGIV continue à monter
- Quand ApT est proche de 0, allumer le moteur en position prograde pour augmenter PeA à moins de 50k

Nous avons utilisé partiellement le programme de décollage vertical depuis la Lune car la gravité de Rhéa est bien plus faible.

Il faut se mettre en orbite pour rester sous influence gravitationnelle majoritaire de Rhéa (G doit être supérieur à 0,5 sur le MFD Orbit avec Ref → Rhea)

13.2 – Mise en orbite autour de Saturne



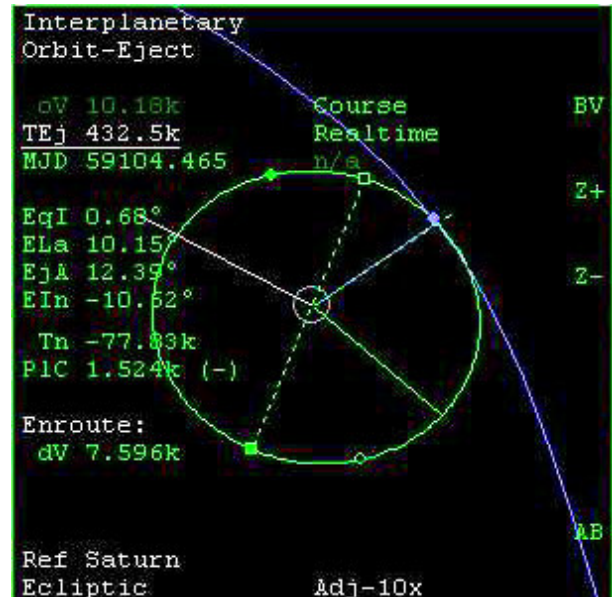
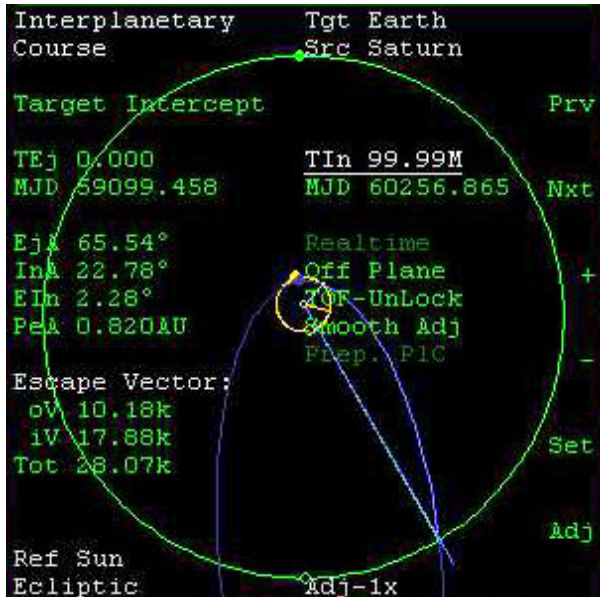
- Ouvrir Orbit Eject
- Sélectionner le mode Lower Orbit
- Faire AB pour avoir l'allumage automatique

Après allumage le DGIV s'éloigne de Rhéa et passe rapidement sous influence majoritaire de Saturne.

Il se trouve alors sur une orbite de 475x530 M qui est proche de celle de Rhéa puisque l'on a utilisé un faible oV pour lui échapper.

13.3 – Injection en HTO vers la Terre

- Ouvrir Target Intercept avec TGT → Earth
- Faire Tin = 100M (pour voyager moins de 4 ans)
- Ouvrir Orbit Eject couplé en Opmode Shared
- Sélectionner le mode Course
- Faire AB pour lancer l'allumage automatique



Papy - Temps d'allumage BT d'un peu moins de 1000s. Ce n'est pas économique mais nous gagnerons du temps pour rentrer à la maison ! Nous irons au plus court en mode Off Plane

Tous – Home, sweet home !!! C'est bon de rentrer

Mustard – On gagne du temps mais on va arriver vite !

Dan – Exact, mais il faudra se préparer assez tôt pour la mise en orbite

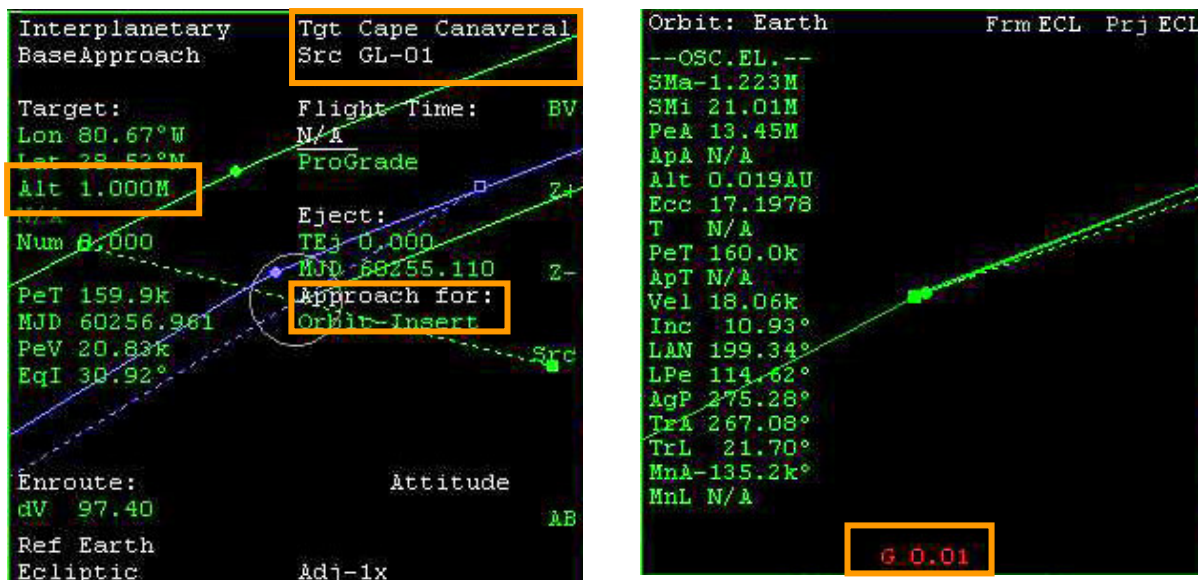
13.4 – Corrections en route

Clara – Nous accélérerons le temps pour le voyage

- Quand Orbit-Eject affiche "Have a nice voyage" l'influence du soleil devient prépondérante et il faut faire Src → X pour que DG-01 devienne la source
- Faire une correction à mi voyage quand Tin = 45M environ en faisant AB sur le module Target Intercept.

13.5 – Correction en approche

- Ouvrir le MFD Orbit à droite avec Ref → Earth
- Quand $G > 0$ sur Orbit (on entre sous influence de la Terre) ouvrir Base Approach
- Prendre REF → Earth et sélectionner mode Orbit Insert
- Faire TGT → Cape Canaveral (c'est là qu'on nous attend)
- Faire Alt = 1M (il ne faut pas chercher à s'insérer trop bas)
- Faire AB sur Base Approach pour l'allumage



- Faire une deuxième correction quand $G = 0.5$ (on entre dans la SOI)

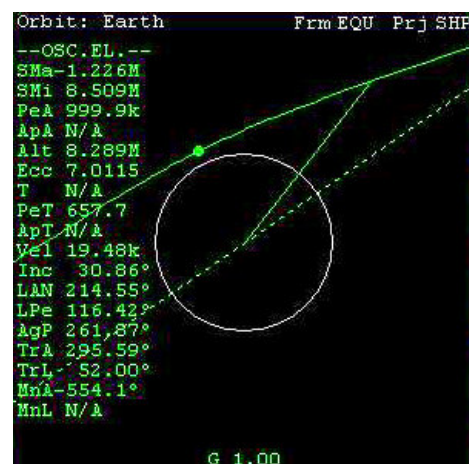
13.6 – Mise en orbite autour de la Terre

Nous arrivons à une vitesse élevée sur une orbite hyperbolique par rapport à la Terre ($Ecc > 1$) et la mise en orbite ne se fera pas de manière rigoureuse.

Nous utiliserons le MFD Orbit pour faire un allumage qui nous mettra en une première orbite elliptique et nous corrigerons par la suite.

- Se placer en position rétrograde
- Allumer quand PeT est compris entre 700 et 800
- Surveiller l'évolution de Ecc qui va tomber en dessous de 1 quand l'orbite devient elliptique
- Stopper l'allumage quand PeA atteint une valeur comprise entre 250k et 200k

L'allumage dure plus de 1000s car nous arrivons vite à $Vel > 19k$



13.7 – Circularisation de l'orbite

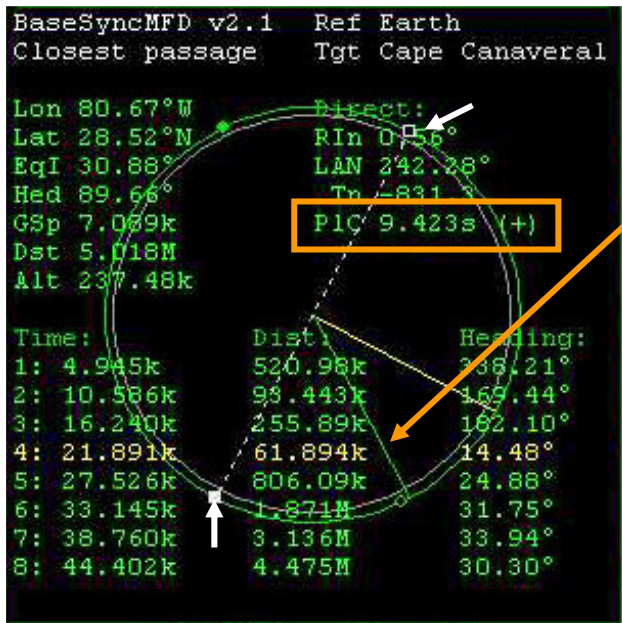
Papy - Elle est réalisée quand on approche du PeA en se plaçant en position rétrograde et en allumant 30s environ avant de l'atteindre pour avoir Ecc proche de 0
On peut aussi utiliser le module Orbital de IMFD en déclenchant l'allumage par AB quand Alt sur Orbit est proche de la valeur souhaitée.

Peut importe la méthode, l'essentiel est d'avoir une orbite quasi circulaire à une altitude comprise entre 200 et 250 km.

14 – RENTREE ET ATERRISSAGE A CAPE CANAVERAL

14.1 Synchronisation avec la base

Clara - On utilise Base Synchro

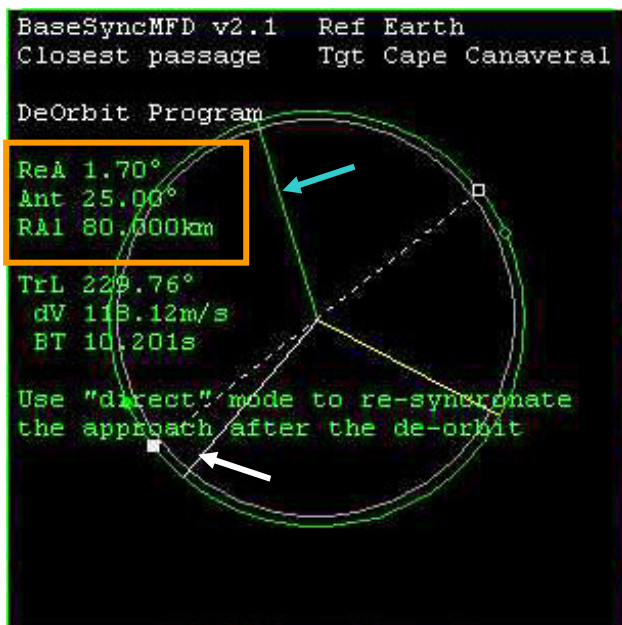


- Ouvrir Base Synchro
- Faire TGT → Cape Canaveral
- Faire E/D pour être en mode direct
- Décrire un certain nombre d'orbites pour avoir Dist le plus faible possible apparaissant dans la liste

On voit ici par exemple qu'on passera à moins de 62k de la base au 4ème tour.

La distance peut être réduite lorsque le rayon vert passe par un point nodal (voir flèches blanches) en se plaçant en position NML+ ou NML- suivant le signe de PIC et en allumant pour réduire RIn à environ 0.

Il est bien de le faire à l'avant dernier tour



- Continuer à tourner jusqu'à atteindre le dernier tour sur le module Closest Passage
- Faire alors DEO pour ouvrir le module DeOrbit
- Entrer ReA = 1.7, Ant = 27 et Alt = 80 qui sont des valeurs d'angle de rentrée, d'angle d'anticipation et d'altitude de rentrée convenables avec le DGIV
- Placer le DG en position rétrograde et poursuivre la rotation
- Quand le rayon vert (flèche verte) se superpose au rayon blanc (flèche blanche) allumer le moteur principal jusqu'à ce que BT soit proche de 0 (il sera probablement légèrement négatif)

14.2 - Préparation pour l'atterrissage

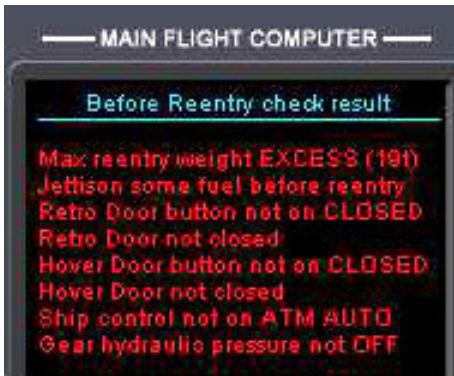
Il faut :

- **alléger le DGIV en vidangeant du carburant en cliquant sur Main Fuel Dump (sur tableau bas) pour que le poids total (poids à vide + poids charges + poids carburant) soit inférieur à 19000 kg.**
- **placer les commutateurs des Thrusters doors sur CLOSED (tableau bas)**
- **placer le commutateur Ship Ctrl sur ATM (tableau milieu)**
- **placer le commutateur de pression hydraulique du train sur OFF (tableau haut)**

Le poids peut être ajusté en lisant les données figurant sur le tableau inférieur



Ici on a un poids total de : 14085 (poids sans carburant) + 7827 (Main) + 511 (RCS) = 22423 kg
Il faut donc perdre $22423 - 19000 = 3423$ kg. On peut le faire en vidangeant une partie du réservoir principal réservoir principal par exemple pour ne plus avoir que $7827 - 3423 = 4404$ kg maximum



On peut vérifier si les conditions de rentrée sont bonnes en appelant la check list sur l'affichage du calculateur de bord

- **Faire DISP puis 6 puis 5**

Il ne doit pas y avoir d'alerte en rouge comme ici si toutes les conditions de rentrée sont respectées.

- **Quand tout est correct, engager le programme PRO105SPEC40 qui maintiendra un bon angle de cabrage pendant la descente**

14.3 – Approche et atterrissage

Si tout se passe bien nous arrivons pratiquement au dessus de la base à une altitude de moins de 30 km et une vitesse suffisante pour vous permettre un large virage d'approche ou une approche directe sur une des pistes prenant le contrôle au joystick

On peut utiliser le trim (touches Inst et Supp) et les aérofreins (touche B)

On peut remettre un peu de moteur si on se trouve court ou si on risque une perte de vitesse.

On doit atterrir entre 180 et 170 m/s avec une vitesse verticale inférieure à 20 m/s (bien moins si possible)

Se poser n'est pas le plus facile. Ne vous découragez pas et entraînez vous jusqu'à obtenir le bon coup de main.

Vous pouvez utiliser des programmes qui vous aiderons (merci Dan !) comme

PRO400SPECnn ou nn est la vitesse à maintenir automatiquement
PRO200SPEC8 permet une descente en vol stationnaire

Bienvenue sur Terre après ce long voyage !

**Papyref
Mars 2008**