

# MISSIONS APOLLO AVEC AMSO



PAPYREF  
octobre 2007

## INDEX

1. Planning et principe de la mission	page 02
2. Lancement	page 05
3. Recherche de la solution de transfert pour la Lune TLI	page 06
4. Extraction du LEM	page 11
5. Correction à mi course MCC	page 14
6. Insertion en orbite lunaire LOI	page 15
7. Circularisation de l'orbite	page 16
8. Mise en orbite de descente DOI	page 17
9. Insertion en descente finale PDI	page 18
10. Activités lunaires	page 21
11. Remontée du LEM et arrimage au CSM	page 22
12. Largage du LEM	page 28
13. Mise en orbite et retour vers la Terre TEI	page 28
14. Largage du SM	page 32
15. Rentrée et amerrissage	page 32
16. Récupération	page 34
Annexe 1 – Que faire en cas de pannes ?	page 37
Annexe 2 – Abandon de mission pendant le lancement	page 39
Annexe 3 – Les autres missions	page 41

## 1 - PLANNING ET PRINCIPE DE LA MISSION

**Le but de cette note est de détailler la mission Apollo 11 et de donner un guide pour les autres. Elle ne fait pas double emploi avec la documentation de l'auteur de AMSO mais elle précise les réglages pour IMFD et les différentes manœuvres manuelles ou automatiques possibles**

Voici le timing **réel** du voyage effectué en juillet 1969 pour la mission Apollo 11

Les sources sont celles du site <http://history.nasa.gov/>

Les temps UT sont arrondis à la seconde pour faciliter la lecture. Elles peuvent présenter des petites différences d'un document à un autre mais que comptent quelques instants pour un "grand pas" sur la Lune !  
GET est le temps écoulé depuis le début de la mission

Phase de la mission	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	MJD
<b>Lancement</b>	<b>16 juillet</b>	<b>13:32:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>40418.5638</b>
Injection en orbite lunaire (TLI) BT=347s	16 juillet	16:16:16	002:44:16	
Séparation et retournement du CSM	16 juillet	16:47:23	003:15:23	
Arrimage du LEM	16 juillet	16:56:03	003:24:03	
Extraction CSM+LEM	16 juillet	17:49:03	004:17:03	
Correction #1 à mi parcours si nécessaire	17 juillet	16:16:58	026:44:58	
<b>Allumage pour insertion en orbite lunaire LOI (112x314 km BT=357s)</b>	<b>19 juillet</b>	<b>17:21:50</b>	<b>075:49:50</b>	<b>40421.7234</b>
Mise en orbite circulaire (112x112 km BT=17s)	19 juillet	21:43:36	080:11:36	
Séparation du LEM	20 juillet	17:44:00	100:12:00	
Insertion du LEM en orbite de descente DOI (112x15 km)	20 juillet	19:08:14	101:36:14	
Allumage pour descente (PDI)	20 juillet	20:05:05	102:33:05	
<b>LEM posé sur la Mer de la Tranquillité au point 0.67 N 23.47 E</b>	<b>20 juillet</b>	<b>20:17:39</b>	<b>102:45:39</b>	<b>40422.8455</b>
Sortie EVA (premier pas sur la Lune)	21 juillet	02:56:15	109:24:15	
Rentrée EVA	21 juillet	05:11:13	111:39:13	
<b>Remontée du LEM (Lift off)</b>	<b>21 juillet</b>	<b>17:54:00</b>	<b>124:22:00</b>	
Arrimage du LEM sur le CSM	21 juillet	21:35:00	128:03:00	
Largage du LEM	21 juillet	23:41:31	130:09:31	
Injection du CSM en orbite de retour (TEI)	22 juillet	04:55:42	135:23:42	
Correction #1 à mi parcours	22 juillet	20:02:07	150:30:07	
Séparation du CM du SM	24 juillet	16:21:12	194:49:12	
Entrée dans l'atmosphère	24 juillet	16:35:05	195:03:05	
<b>Amerrissage dans le pacifique à 1500 km environ au sud ouest d'Hawaï au point de coordonnées 13°18 N et 169°9 W</b>	<b>24 juillet</b>	<b>16:50:35</b>	<b>195:18:35</b>	<b>40426.7817</b>
Récupération de l'équipage	24 juillet	17:29:00	195:57:00	
Equipage sur le USS Hornet	24 juillet	17:53:00	196:21:00	

**Le but est de réaliser la mission si possible dans le timing prévu et en utilisant au mieux le carburant dont on dispose.**

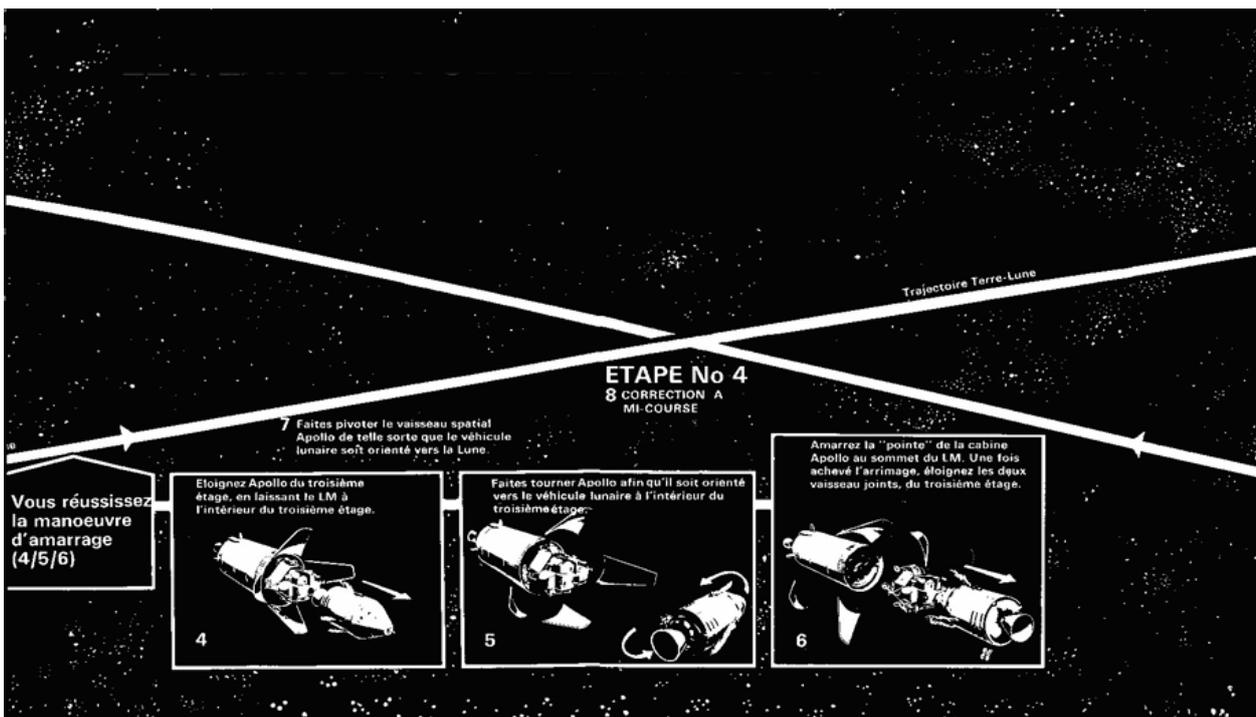
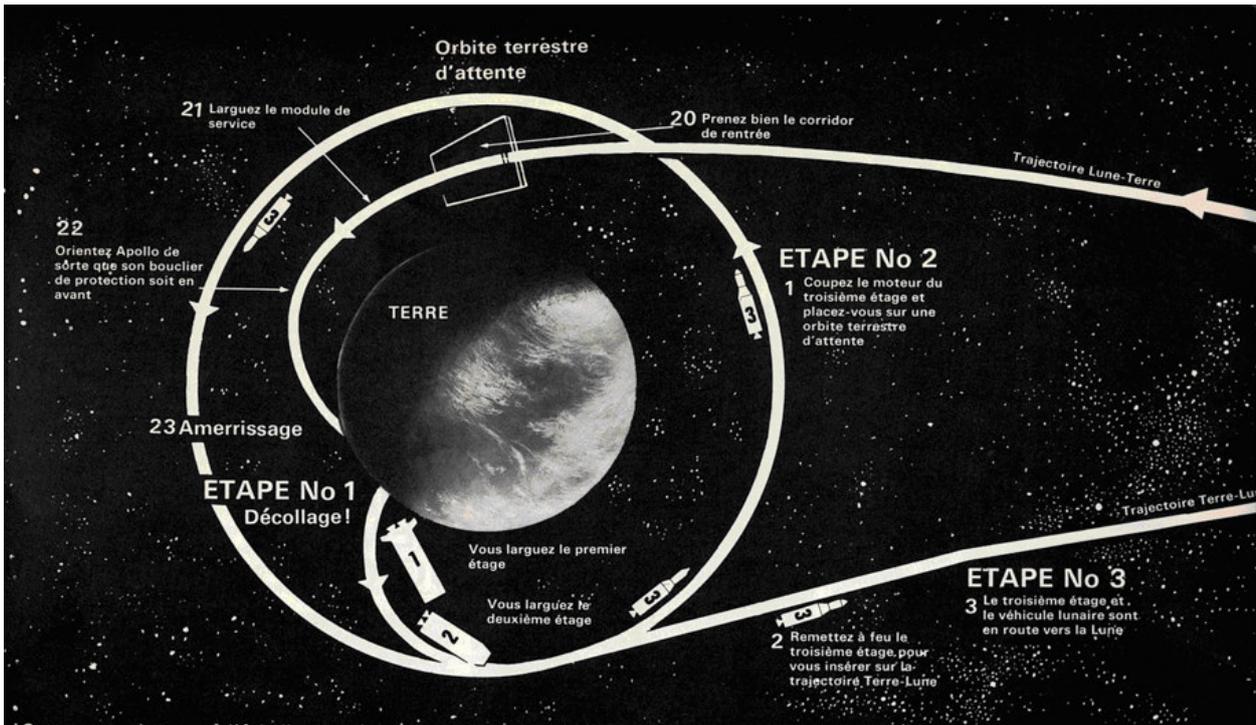
**Il faut aussi se poser le plus exactement possible sur la Lune et sur la Terre**

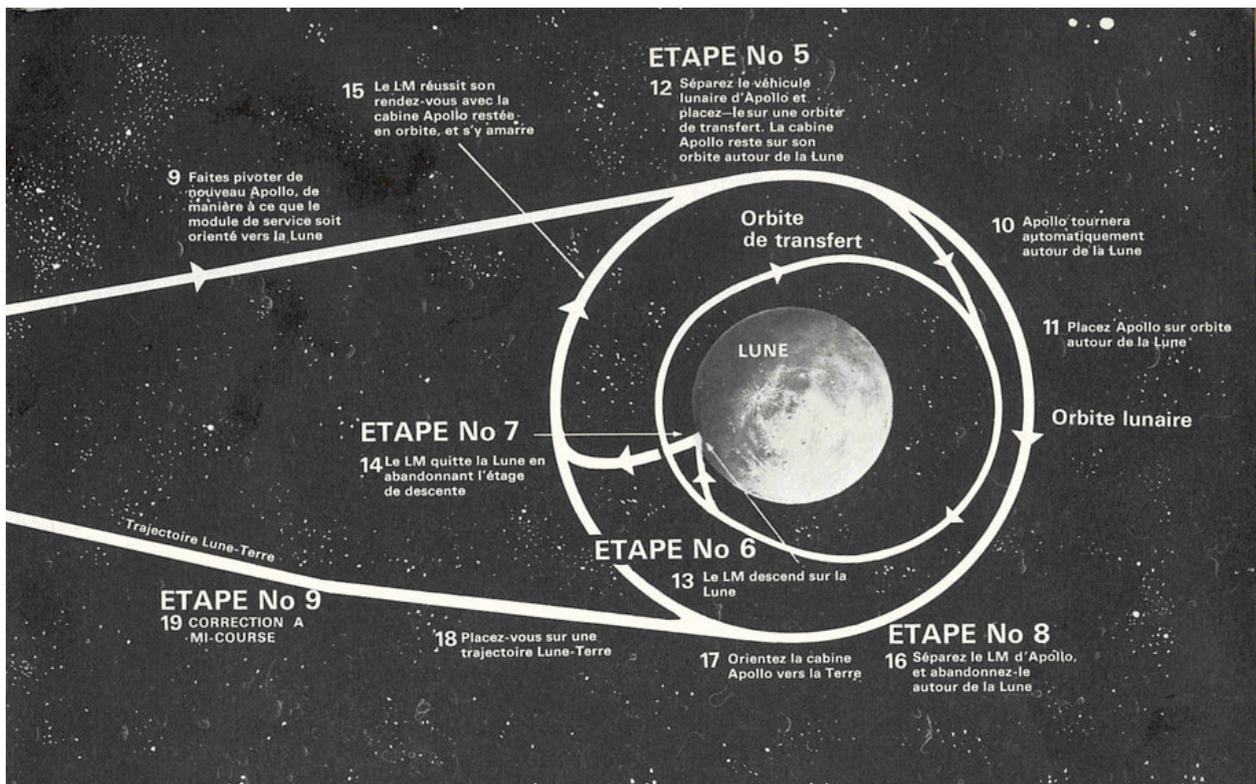
**Il ne faut pas tricher en reprenant du carburant, c'est l'intérêt de la mission qui impose une gestion serrée des ressources à laquelle il faut s'astreindre.**

**Si vous dites que c'est facile c'est que vous ne respectez pas les horaires et les consommations et que vous vous posez n'importe ou !!!**

- CSM désigne l'ensemble composé du module de commande CM (capsule habitée pour le retour) et du module de service SM (avec le moteur principal et son carburant et les auxiliaires comme les piles à combustible)
- LM désigne le module qui permet de descendre sur la Lune, composé d'un étage de descente (qui reste sur la Lune et sert de table de lancement pour la remontée) et de l'étage de remontée qui permet de rejoindre le CSM resté en orbite
- TLI (Trans Lunar Injection) désigne l'opération de mise à feu qui permet de mettre le 3<sup>ème</sup> étage contenant CSM+LEM, sur une orbite conduisant à la Lune
- TEI (Trans Earth Injection) désigne l'opération de mise à feu qui permet de mettre le CSM sur une orbite de retour vers la Terre

Les trois figures ci-après représentent schématiquement les différentes phases de la mission





Nous utiliserons IMFD 5.0 (ou postérieur) pour les opérations principales de navigation et la suite suppose que vous savez l'utiliser.

Les scénarios joints détaillent les différentes phases de la mission pour permettre l'entraînement. Vous n'obtiendrez peut être pas les mêmes réglages dans votre propre mission, mais vous devriez en être proche.

**Je n'ai introduit aucune ligne de pré-réglage pour IMFD dans mes scénarios pour vous laisser le soin de tout réaliser vous-même. Ce sont les lignes**

MJDLOI 40421.723495	; MJD pour l'insertion en orbite vers la Lune
MJDLDG 40422.846528	; MJD pour l'atterrissage sur la Lune
MJDSPL 40426.701794	; MJD pour l'amerrissage sur la Terre
SPLLON -172.4	; Longitude du point d'amerrissage
SPLLAT 10.6	; Latitude du point d'amerrissage

Vous êtes prêts, alors nous partons ! Je vous souhaite un bon voyage.  
N'oubliez pas vos provisions de bouche et votre lecteur mp3 et en route pour la Lune

### REMERCIEMENTS

Je remercie tout particulièrement:

**ACSOFTE et tous ceux qui ont travaillé pour le superbe addon qu'est AMSO**

**Jarmo Hakkinen pour IMFD 5.0**

**DanSteph pour OrbiterSound**

**Nullentout pour sa traduction du manuel AMSO**

**Martin Schweiger pour Orbiter sans qui rien ne serait possible**

**Ainsi que tous ceux que j'aurais oublié !**

**Et bien sûr mon épouse pour sa patience**

## 2 - LANCEMENT

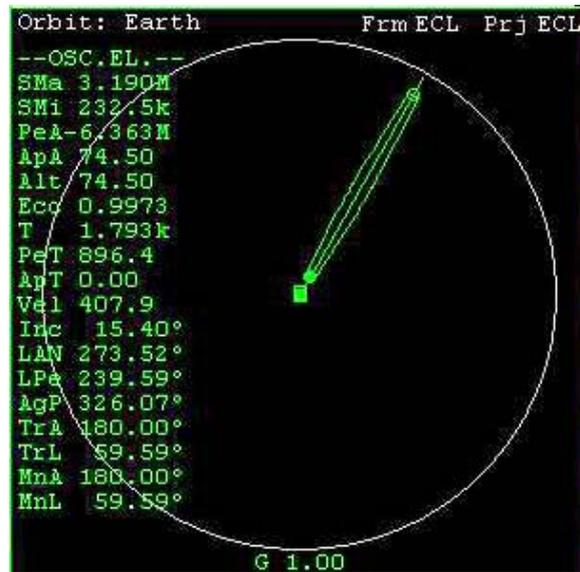
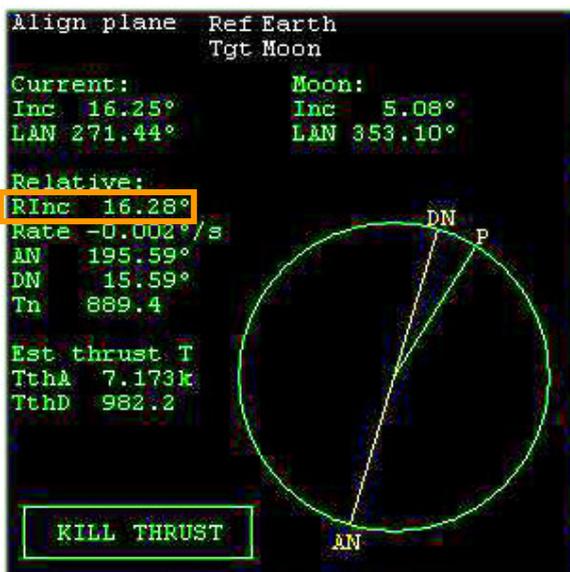
## Charger le scénario 01- Lancement.scn

Vous êtes 10mn avant le départ. Deux possibilités existent:

- **Lancement automatique** avec autopilote en pressant la touche **J**, 5mn avant le départ pour retirer les passerelles puis la touche **K**, 10s avant le départ. On entend le compte à rebours si OrbiterSound est installé  
La mise en orbite de parking quasi circulaire se fait à 187,7 km
- **Lancement manuel** à tout instant en pressant CTRL+ Enter du pavé numérique pour allumer les moteurs et régler la puissance.  
Dans ce cas il faut réaliser manuellement la mise en orbite à 188 km environ en maintenant un cap de lancement de 72°. Ce n'est pas facile et je vous conseille de faire le lancement automatique.

Voilà quelques conseils pour faire un lancement manuel si vous le tentez

Avant le départ ouvrir un MFD avec Align Planes et TGT=Moon qui permet de suivre RInc pendant la montée, le but étant de l'avoir le plus petit possible, et un autre MFD avec Orbit en sélectionnant par DST l'affichage de PeA et ApA



- Déclencher le lancement par CTRL+Enter (pavé numérique)
- Après une vingtaine de secondes de GET, donner du pitch à 80° par la touche 2 (3 pour l'autre sens mais il vaut mieux partir du 2 pour garder le bon cap sur l'échelle) C'est le V renversé qui est la direction de l'axe qu'il faut déplacer
- Avec la touche 3 (ou 1) faire pivoter pour afficher environ 72° sur l'échelle du cap en mode surface et s'assurer que RInc diminue
- Continuer à diminuer le pitch progressivement pour avoir 50° vers 1mn 40s, 40° vers 2 mn et 30° à 2mn 30s
- Maintenir le pitch à 30° jusqu'à 5mn environ tout en maintenant le cap à 72° ou un peu moins pour faire diminuer RInc
- En jouant un peu sur le pitch il faut laisser ApA augmenter doucement jusqu'à atteindre 187 km tout en gardant ApT positif inférieur à 100
- Entre 5 et 9 mn, diminuer le pitch pour atteindre 15° tout en surveillant que le vecteur vitesse (croix dans un cercle) se trouve à 0°, que ApA n'augmente plus, et que ApT reste un peu positif
- Vers 9 mn, le troisième étage est largué et il faut augmenter le pitch vers 20° puis le diminuer pour maintenir le vecteur vitesse sur 0°. S'assurer que ApA reste stable vers 187 km et surveiller PeA qui augmente.
- Quand ECC approche de 0 diminuer la puissance et éteindre quand ECC est presque nul

Si tout va bien vous devez vous trouver sur une orbite quasi circulaire à une altitude voisine de 187 km avec un RInc inférieur à 3°. Il doit rester à peu près 70% de carburant.

**Durant les différentes phases du lancement, la touche J peut être utilisée pour interrompre le lancement en confirmant pendant le message ABORT FLIGHT ?**  
**Un premier mode va jusqu'au largage de la tour de sauvetage qui se produit vers GET= 03:14:00**  
**Au-delà de ce point, 3 modes sont possibles et demandent des manœuvres du CSM**  
**Lisez l'annexe 1 pour les détails**

### 3 - RECHERCHE DE LA SOLUTION DE TRANSFERT POUR LA LUNE (TLI)

Nous sommes arrivés en orbite par une des méthodes (en automatique, c'est plus sûr) en espérant que notre plan orbital est assez bien aligné car si nous devons faire une correction elle sera onéreuse en carburant.

#### **Charger le scénario 02- En orbite terrestre.scn**

Nous sommes en orbite de parking et nous utiliserons IMFD 5 pour trouver la solution de tir sans réaligner les plans pour conserver suffisamment de carburant.  
Si RInc<5° il n'y aura pas de problème

Nous avons cinq astreintes à respecter pour la recherche de solution d'allumage TLI:

- **Tenir compte du carburant restant dans le 3ème étage**  
Il a un temps d'allumage total de 475s et il utilise normalement 145s pour la mise en orbite, ce qui laisse environ 70% de carburant permettant un **allumage pendant 340s au maximum** (il faut tabler sur 4,8 s pour 1% de carburant restant pour garder une petite marge)  
Il est difficile de trouver une bonne solution en allumant moins de 310s et on voit qu'on ne peut pas se payer le luxe de faire une grosse correction d'alignement des plans.
- **Respecter les horaires d'allumage** pour mise en orbite TLI vers la Lune (GET = 2h 44 mn 16s) et de début d'allumage pour mise en orbite lunaire LOI (GET = 75h 49mn 50s)  
**Le temps d'allumage pour la LOI est de l'ordre de 360s. Comme pour avoir une bonne symétrie de cette orbite elliptique il faut allumer 360/2=180s avant d'être au périlune, nous allons régler le GET d'arrivée (Tin) au périlune à la valeur 75:52:50 pour que l'allumage se produise à 75:49:50**
- **Avoir une Inclinaison de la trajectoire sur l'équateur lunaire la plus près possible de 180°** car nous voulons arriver en rotation rétrograde autour de la Lune pour favoriser le freinage pour la mise en orbite et nous trouver près du plan équatorial de celle-ci puisque notre site se situe à 0°69 Nord  
0° - 90° correspond à une rotation prograde (sens Ouest-Est) et 90° - 180° à une rotation rétrograde (sens Est-Ouest) 0° et 180° correspondent à l'équateur.
- **Réaliser une orbite permettant un retour balistique vers la Terre** au cas où il ne serait pas possible de se mettre en orbite lunaire (ça a sauvé la vie de l'équipage Apollo 13 !)
- **Avoir un PeA lunaire de 112 km au moment de l'allumage pour LOI**  
La mise en orbite s'est fait en orbite elliptique 112x314 km suivie environ deux tours après par une mise en orbite circulaire de 112x112 km

IMFD va nous permettre de respecter au mieux ces contraintes. Comme nous devons tirer à GET=2:44:16 nous allons avancer jusqu'à GET=2:15:00 ce qui nous laisse environ 30 mn pour chercher la solution et nous donnera une meilleure précision.

#### **Le scénario 03.0 – Recherche solution TLI.scn vous place dans cette situation si vous le désirez**

Sur le MFD de gauche nous allons ouvrir le module Course en mode Target Intercept pour la Lune et sur le MFD de droite le module Map (de IMFD) couplé à Course en Op-mode Shared pour voir la trajectoire calculée et faire les réglages.

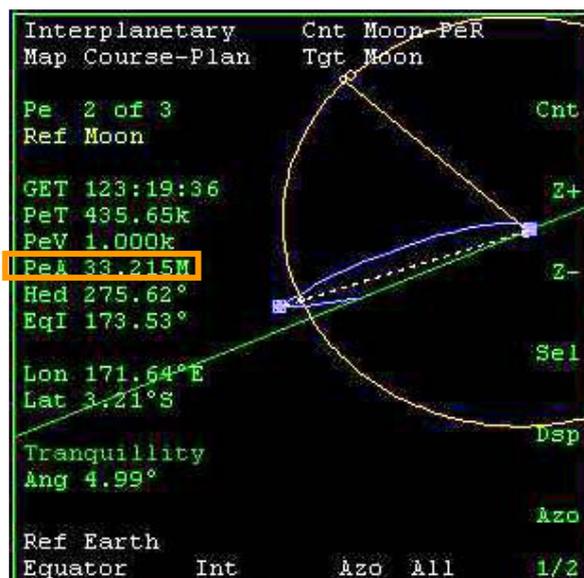
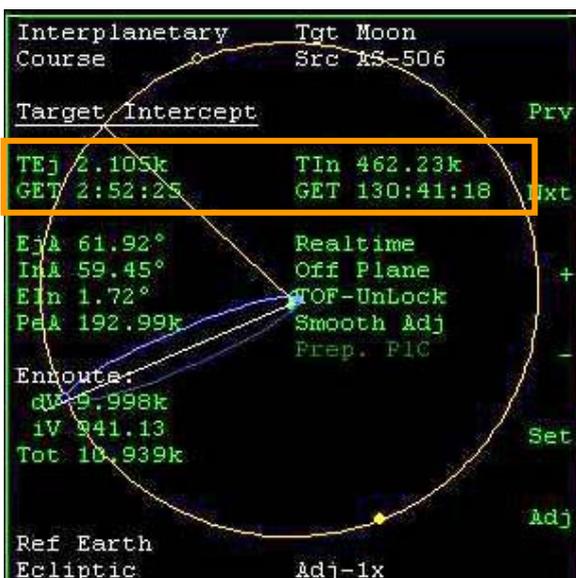


A gauche ouvrir IMFD pour lequel nous allons faire quelques configurations pour l'affichage

- Faire MNU puis MOD pour ouvrir le menu de configuration
- En utilisant Prv/Nxt sélectionner Mission Timer et afficher GET avec + si ce n'est déjà fait
- En utilisant Prv/Nxt sélectionner BurnVector view et afficher Vel. Frame avec + si ce n'est déjà fait
- En utilisant Prv/Nxt sélectionner Secondary target puis faire Set et entrer Tranquillity qui est notre base de destination puis faire Enter

- Faire MNU pour revenir au menu général puis faire Course
- Sélectionner Target Intercept et faire SET
- Faire TGT et entrer Moon puis faire Enter
- A droite ouvrir IMFD et faire MNU
- Faire PG et entrer 0 puis faire Enter pour se coupler au module Course
- Faire Map pour ouvrir le module
- Faire TGT puis entrer Moon et faire Enter
- Sélectionner Cnt et entrer r-moon pour ce centrer au périapsis lunaire
- Faire Dsp pour afficher les trajectoires des planètes
- Faire PG pour changer de page
- Faire Int puis Plan pour faire apparaître la trajectoire calculée (utiliser Z+ et Z- si nécessaire)
- Faire MOD 3 fois pour passer à la page configuration, sélectionner Time limit par Nxt/Prv, faire Set, entrer 700k puis ENTER.  
700k est un temps de trajet suffisant pour permettre d'afficher largement la trajectoire aller-retour. L'aller fait à peu près 76heures soit 273600s (3,12 jours) et le retour est un peu plus court.
- Faire MOD 2 fois pour revenir à Map et afficher la page 1/2 en deuxième mode avec affichage EqI
- Vérifier qu'on est bien en Pe ref moon sinon le changer avec Sel

Vous aurez quelque chose comme ça, et ce n'est pas très bon.



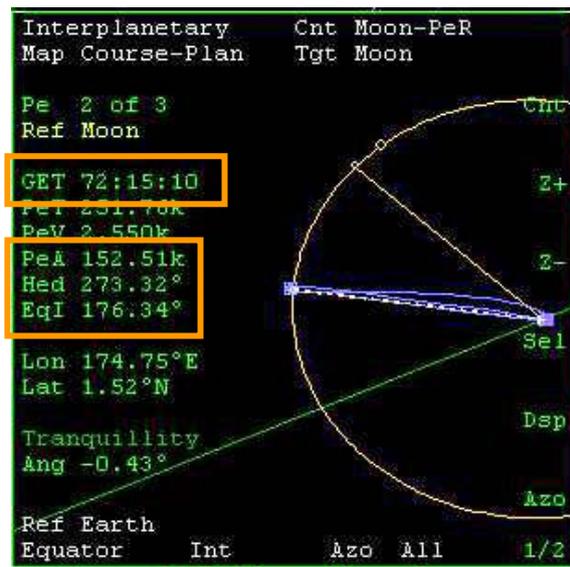
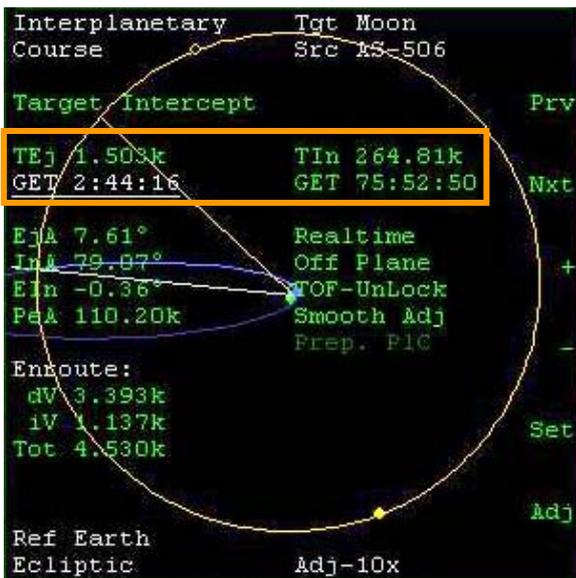
Les temps d'éjection TEj et surtout d'injection à l'arrivée Tin ne sont pas corrects.  
PeA pour la Lune est beaucoup trop grand. EqI un peut trop petit  
Si on fait PG puis BV on voit que BT =348s ce qui est trop grand

IMFD a calculé une trajectoire directe en mode d'allumage Realtime (mal adapté à une TLI) sans se poser de questions et il va nous falloir améliorer pour suivre les horaires de la NASA !

Sur le module Course:

1. **Régler TIn pour avoir la valeur GET souhaitée 75:52:50 (pour allumage à 75:49:50 voir page 6)**  
On peut aussi modifier GET en le sélectionnant et en modifiant Adj. Si Adj-1x un appui sur + ou - fait évoluer les secondes, si Adj-10x ce sont les minutes, si Adj-100x ce sont les heures.
2. **Régler TEJ pour avoir la valeur GET souhaitée 02:44:16**

On obtient un meilleur résultat avec une trajectoire de retour mais un PeA a la Lune un peu grand. GET calculé sur Map est différent de celui escompté. (figure ci-dessous) Eql n'est pas mauvais.



On pourrait faire varier TEj pour essayer d'obtenir sur Map une valeur de PEA proche de 112k mais on aurait une valeur incorrecte pour TEj ainsi que GET et Eql au périlune.

### Il va encore affiner le calcul en utilisant l'Offset et allumer en mode Off-Axis au lieu de Realtime et en se plaçant dans le système de référence Velocity Frame

Pour les curieux, **Vel.Frame (local velocity frame)** définit un système de référence où le vecteur vitesse est décomposé en 3 vecteurs: dVf pointe dans la direction prograde, dVp pointe dans la direction normale à l'orbite et dVo dans la direction radiale

Les valeurs de dVf, dVp et dVo peuvent être positives ou négatives

**L'Offset** permet de déplacer le point visé qui est normalement le centre de la planète en donnant trois valeurs définissant la nouvelle position de ce point en système de coordonnées sphériques locales:

- Rad qui est la distance par rapport au centre
- Lon qui est la longitude
- Lat qui est la latitude

Il faut sélectionner le système de référence pour que l'offset fonctionne

**Le mode Off Axis** est tout à fait adapté pour un allumage long lorsque les plans ne sont pas parfaitement alignés. Il calcule l'orientation du vecteur d'allumage pour maintenir parfaitement le vaisseau sur la trajectoire calculée. Le mode Realtime convient pour les corrections en route avec des temps courts

Il faut modifier les choix sur Course

- Sélectionner Realtime et le changer en **Off-Axis** en utilisant +

- Avec **MOD**, sélectionner sur Course la page de sélection de l'Offset
- Sélectionner Offset disabled avec Prv/Nxt et utiliser + pour sélectionner **Vel.Frame**

On peut observer que la trajectoire est modifiée sur Map ce qui est normal puisque les conditions de calcul sont modifiées.

```

Interplanetary   Tgt Moon
Course           Src AS-506

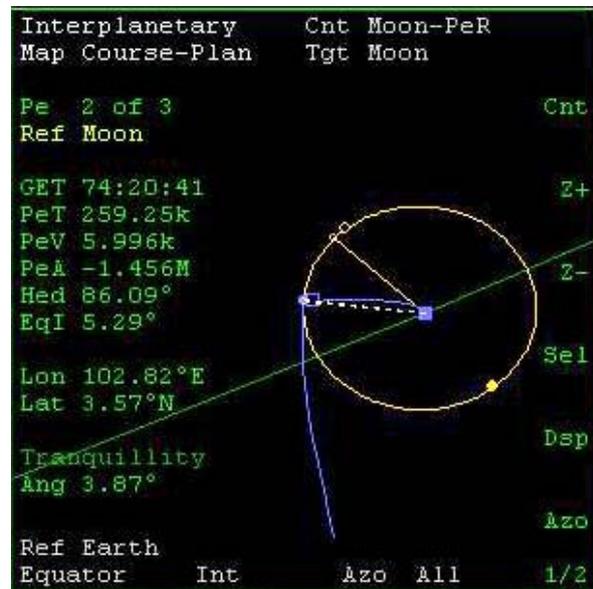
Target Intercept           Prv

Operation Modes: Intercept:
Vel. Frame                Nxt
Prograde                 GET 75:52:50

Lon 0.00°
Lat 0.00°
Rad 1.000

Enroute:
dV 3.201k
iV 1.135k
Tot 4.336k

Ref Earth
Ecliptic        Adj-10x
    
```



A partir de là il va falloir ajuster Rad, Lon et Lat pour obtenir la trajectoire souhaitée. C'est un peu délicat mais si on fait bien ce réglage la précision est au rendez vous !

- **Sélectionner et régler Rad pour avoir PeA à peu près égal à 112k**, altitude d'insertion de la mission réelle.  
Vous pouvez utiliser Set et entrer une valeur pour gagner du temps. Commencez à 8M par exemple car il faut aller assez loin pour contourner la Lune si on veut une trajectoire de retour balistique. Ensuite vous ajustez avec +/-
- **Sélectionner et régler Lat avec +/- pour avoir EqI le plus grand possible** (l'idéal serait au moins 179° mais nous nous contenterons de moins). On voit que PeA a bougé et il faut le régler à nouveau à la bonne valeur
- **Sélectionner et régler Lon pour que GET lu sur Map soit le plus près possible de 75:52:50.**  
Ce faisant PeA varie et il faut faire des réglages alternés entre GET et PeA jusqu'à obtention du résultat (c'est énervant et délicat, mais il le faut !)  
Si on augmente Lon, GET diminue et PeA augmente et vice versa  
Si on augmente Rad, GET augmente et Pea augmente et vice versa

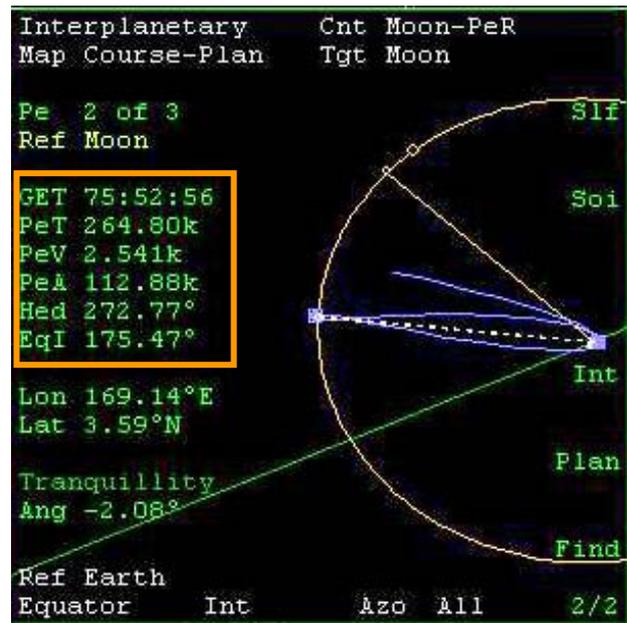
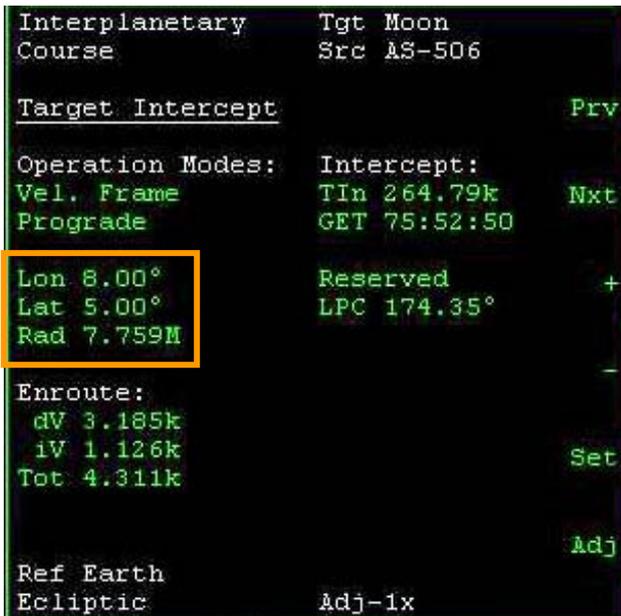
En finale on peut faire une dernière retouche sur Lat pour augmenter encore EqI si possible.

Ne pas essayer l'impossible, vous aurez toujours une petite différence calculée sur PeA et GET au périlune. L'essentiel est d'être proche des valeurs souhaitées 112k et 75:52:50

Voilà ci-dessous le résultat de mon réglage. Plutôt bien n'est ce pas ? Vous n'aurez peut être pas les mêmes valeurs mais vous devriez en être proche.

Pour terminer, vérifier avec BV que le temps de combustion est correct et probablement il sera inférieur à 300secondes ce qui est parfait. Il est dans mon cas de 294s ce qui laisse une bonne marge en carburant d'environ 8 % pour le 3<sup>ème</sup> étage.

On peut aussi voir sur Map en utilisant Sel que le Pe, ref Earth est d'environ 185k ce qui serait parfait pour un retour en trajectoire balistique.

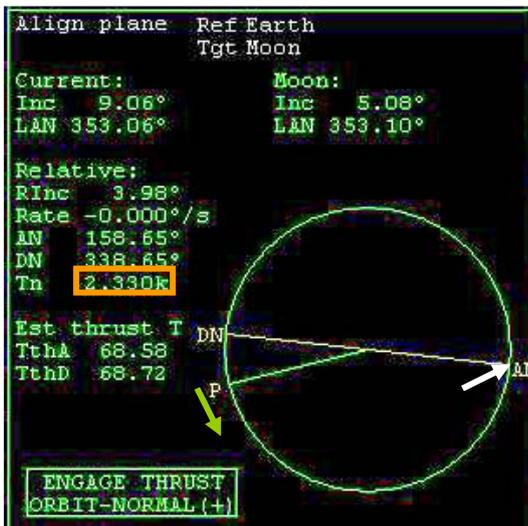


Passer en allumage auto par AB et c'est parti pour la Lune !  
 On peut accélérer à 10x pour l'allumage. Après allumage au temps réel, il reste 8,8% de carburant

**Les scénarios**  
**03.1 – Solution TLI.scn et 03.2 – Fin TLI**  
 vous placent avant et après allumage si vous le désirez

**Astuce !**

A un moment donné sur l'orbite de parking, il est possible de trouver quel est le meilleur instant pour TEj qui en pratique doit se situer en un nœud ascendant de l'orbite par rapport au plan orbital de la Lune  
 Ouvrir Align plane avec TGT =Moon sur le MFD Externe par exemple (CTRL + F4 puis choisir External MFD)



Dés que P dépasse DN, le temps Tn est le temps pour atteindre le prochain nœud ascendant AN  
 C'est le temps qu'il faut afficher comme valeur de TEj sur le module Course a la place de celui proposé par IMFD.

On peut passer en 0.1x pour faciliter car Tn varie sans cesse mais nous ne sommes pas à une seconde près.

Essayez après la mise en orbite ! IMFD vous propose GET=01:24:11 pour le départ mais la trajectoire de retour n'est pas assurée.

Si vous prenez GET=01:17:08 pour TEj et GET=75:52:50 pour Tin il y a une trajectoire de retour.

On a donc trouvé une solution avant celle utilisée par la NASA et on pourrait en trouver d'autres mais BT ne serait pas optimisé.

## 4 – EXTRACTION DU LEM

**Il faut d'abord larguer le CSM et le retourner pour l'arrimer au LM. Ensuite on détache l'ensemble CSM+LM du 3<sup>ème</sup> étage de Saturn V.**

Le largage du CSM s'effectue quand GET=3:15:23 en utilisant la touche J  
La coiffe est larguée en 4 morceaux et le CSM s'éloigne lentement de Saturn V

Deux techniques de manœuvre de retournement sont possibles :

## 4.1 – Retournement à vue

C'est ce que faisaient réellement les astronautes  
On peut s'aider en utilisant les touches de zoom W et X



**Passer en mode RCS linéaire** (touche / du pavé numérique) et stopper si possible le mouvement d'éloignement en utilisant la touche 9 (pavé numérique). C'est facile à réaliser en passant en vue extérieure avec F1. La touche 6 permet d'avancer au besoin.

**Passer en mode RCS rotation** et lancer immédiatement la rotation pour retournement avec la touche 8 ou 2. CSM pivote lentement pour se placer avec le cône d'amarrage face au LEM

Repasser en vue intérieure par F1



Quand le LM apparaît en milieu d'écran, stopper la rotation (touche 5 numérique)

Faire tourner avec les touches 4 et 6 (pavé numérique) pour que la mire en forme de T soit positionnée barre en bas

**Passer en mode RCS linéaire**

Avec les touches 1 ou 3 et 8 ou 2 positionner le V inversé de direction sur le T (voir photo)

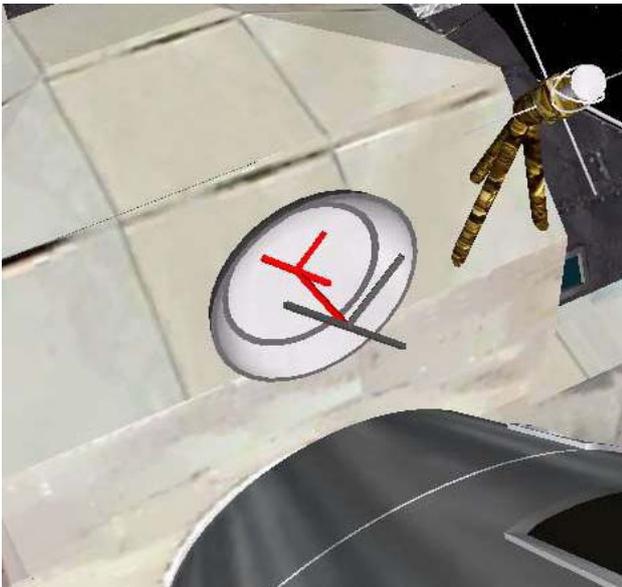
Lancer l'approche avec la touche 6 (pas trop vite) et maintenir ensuite le V inversé sur le T jusqu'à l'arrimage.

**Passer en mode RCS rotation pour préparer aux manœuvres de correction ultérieures**

### Comment savoir si les axes du CSM et du LEM sont bien alignés ?

Au cas ou on aurait déclenché une rotation malheureuse, on peut avoir besoin de réaligner les axes  
En fait AMSO admet un décalage des axes mais je vous donne quand même la méthode qui est nécessaire si vous utilisez NASSP. Voilà l'arme secrète.....

## Missions Apollo avec AMSO



En fait le T résulte visuellement de la superposition de deux T, un noir devant un rouge comme on peut le voir en se plaçant en vue extérieure. Ils sont portés par une tige fixée parallèlement à l'axe du LM.

Que va voir l'opérateur si il n'est pas bien aligné ?  
Un T rouge qui dépasse un peu d'un T noir c'est très simple

Il lui suffira de corriger en utilisant la méthode suivante :

### Aligner le V inversé de direction sur le T

- Si on ne voit pas de rouge alors c'est bon  
- Si on voit du rouge alors faire une petite rotation dans le sens du débordement du rouge puis réaligner en translation le V inversé sur le T

**Si on voit encore du rouge recommencer la manip**



Rotation avec 1



Rotation avec 3



Rotation avec 2



Rotation avec 8

- Le décalage du T rouge peut être à la fois vertical et horizontal et dans ce cas il faut corriger en deux temps.
- Stabiliser la position du CSM en utilisant les touches 6-9 en mode translation
- Utiliser la fonction zoom avec les touches W et X pour mieux voir le T

Système rustique mais efficace et sûr. Bravo la NASA !

## 4.2 – Retournement en utilisant le MFD Docking

Méthode moderne infaillible mais moins historique !

Larguer CSM puis sur le MFD de droite afficher le MFD Docking, faire TGT et sélectionner AS506\_Stage3 puis Dock1 (utiliser les flèches de déplacement)



On voit que la vitesse relative CVEL est négative et que par conséquent CSM s'éloigne. Il faut stopper le mouvement rapidement pour rester assez près de Saturn et faciliter l'arrimage avec le LM sans dépenser trop de carburant.

Passer en mode linéaire avec la touche / du clavier numérique ou par le l'interrupteur du tableau de bord

Donner des petites impulsions avec la touche 6 pour amener CVEL à 0

La touche 9 permet de corriger en cas de dépassement

Lorsque CVEL égale 0, repasser en mode rotation avec la touche / du clavier ou l'interrupteur.

**Attention ne pas oublier de faire ça !**

Nous sommes OK pour le retournement

Lancer la rotation en pitch avec la touche 8 (ou 2) en faisant deux ou 3 impulsions pour que TVEL affiche 0.30 environ puis surveiller le MFD.  
 Quand on approche de l'alignement des axes on va voir ceci, On aperçoit le LM sur notre avant.



Il faut continuer la rotation jusqu'à ce que la croix rouge X soit centrée et devienne blanche (arrêt par la touche 5 du clavier numérique)  
 Les axes du CSM et du LM sont alors parallèles. Le cercle vert est le cône d'approche pour l'alignement

Nota : La croix rouge X peut être centrée en agissant sur les touches de rotation 1-3 et 2-8  
 Ici nous n'utilisons que le pitch car nous n'avons fait aucune rotation après l'extraction mais si on fait une fausse manœuvre on peut avoir besoin de rectifier sur les autres axes

Le triangle rouge montre que notre position en rotation par rapport à l'axe longitudinal n'est pas bonne. On peut le voir sur la figure précédente où j'ai repéré la mire du LM par une flèche rouge. Celle-ci doit se trouver en position de T inversé pour que l'arrimage puisse réussir.  
 Il va falloir opérer une rotation avec les touche 4 et 6 pour amener ce triangle en haut et qu'il soit blanc



Comme vous le voyez, la mire est en bonne position.

Maintenant nous sommes en axes parallèles et bien positionné en rotation. Nos axes sont également confondus comme le montre la croix verte + qui est centrée.

Passer en mode translation avec la touche /

Agir sur la touche 6 par courtes impulsions pour se rapprocher du LM en gardant un CVEL < 0.3 (la touche 9 permet de ralentir).

Quand on se trouve à DST = 5 m diminuer le CVEL pour qu'il soit inférieur à 0.1

Il faut maintenir la croix verte si possible centrée et au moins dans le cercle vert d'approche pour rester sur le bon axe en agissant si nécessaire sur les touches 3 (si décalage à droite) 1 (si décalage à gauche) 8 (si décalage vers le bas) 2 (si décalage vers le haut)

Donner des très courtes impulsions, c'est sensible ! Avec un peu d'entraînement on y arrive sans beaucoup de difficulté.

Si tout va bien, quand on se trouve à DST = 0.50 l'arrimage se produit et c'est la joie !

Vous pouvez le faire sans forcer en moins de 10 mn.

Éventuellement on peut utiliser un joystick mais personnellement je trouve le clavier plus précis.

Pour respecter le planning nous larguerons Saturn à T + 4h17mn après notre départ ce qui laisse le temps pour le visiter et le préparer

### 4.3 – Extraction de l'ensemble CSM + LM

**Elle se fait à GET=04:17:03 en appuyant sur la touche J ce qui a pour effet de libérer l'ensemble CSM+LM.**

#### **Attention !**

Si on appuie à nouveau sur J, le texte ABORT FLIGHT ? apparaît et si on confirme à nouveau par J pendant l'affichage du texte, le LM se sépare de CSM et la mission est ratée...

Il y a toutefois un cas particulier qui sert dans le cas de la mission Apollo 13.

Aller dans le LM et l'activer par la touche J puis **revenir dans le CSM** et (utiliser la touche ? à droite du N pour commuter de l'un à l'autre)

Dans ce cas, comme le LM est activé, si on appuie sur la touche J et que l'on confirme ABORT FLIGHT le SM se sépare de l'ensemble CM + LM

8 mn après largage du 3<sup>ème</sup> étage, son moteur est remis à feu pour qu'il s'éloigne en orbite solaire, ou impacte la Lune à partir d'Apollo 13.

Vous pouvez assister au spectacle en vous plaçant en vue extérieure et en réglant le point de vue pour percevoir le 3<sup>ème</sup> étage s'orientant puis s'éloignant derrière le CSM.

#### **Les scénarios**

**04.0 – Retournement CSM.scn, 04.1 – Arrimage du LM.scn et 04.2 –Extraction CSM+LM.scn vous placent en situation pour entraînement**

## **5 - CORRECTION A MI COURSE MCC (MI COURSE CORRECTION)**

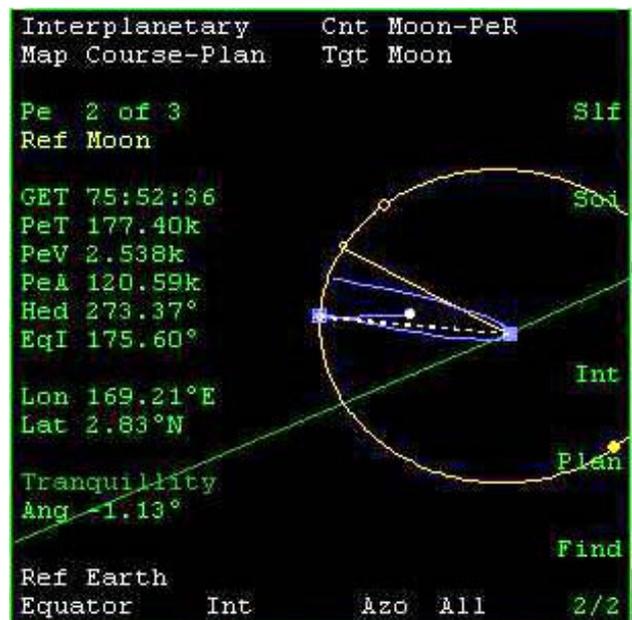
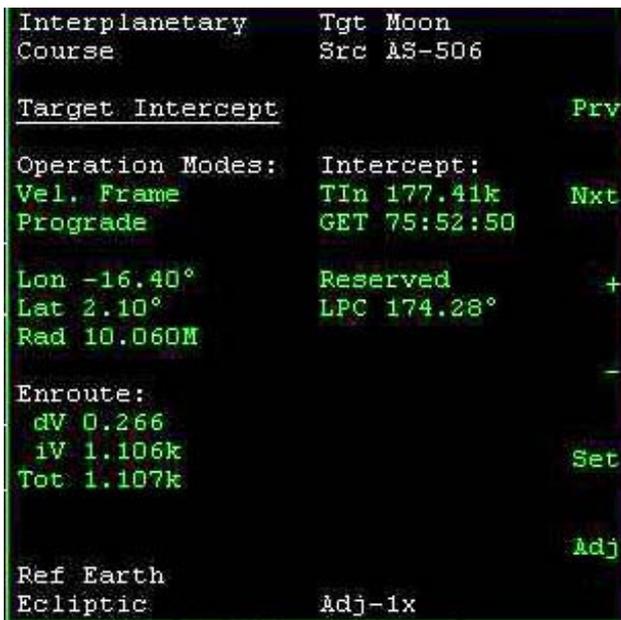
**Si nécessaire elle s'est fait à GET=26:44:58**

#### **ATTENTION, TRES IMPORTANT**

**Il faut repasser sur le module Course en mode Realtime et ne pas oublier de mettre le RCS en mode Rotation si ce n'est pas le cas.**

Il suffit ensuite de procéder comme pour la TLI et de refaire les réglages pour Rad, Lon et Lat pour respecter au mieux l'altitude PeA=112k et le temps GET=75:52:50 pour atteindre le perilune.

**Il est bien de choisir une valeur pour PeA un peu supérieure de 5k à 10k** à la valeur souhaitée car PeA a tendance à diminuer un peu dans le temps. Ici j'ai pris 120k au lieu de 112k



Le temps d'allumage est très inférieur à 1s et ne coûte presque rien en carburant mais il permet d'améliorer la précision en altitude et en temps d'insertion pour la LOI (en plus ça vous fait un exercice!)

**Les scénarios**  
 05.0 - Avant correction TLI.scn, 05.1 - Solution correction TLI.scn et 05.2 - Apres correction TLI.scn vous placent en situation pour entraînement

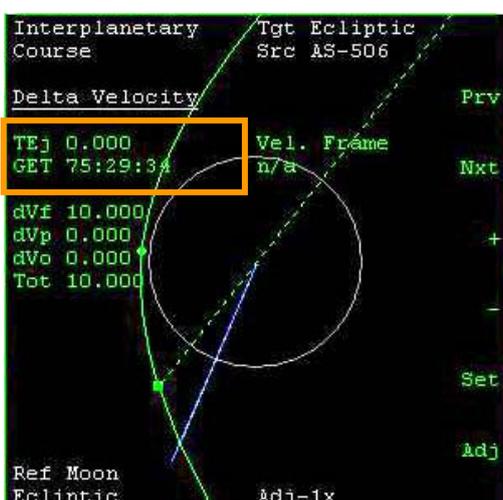
**6 - INSERTION EN ORBITE LUNAIRE LOI (LUNAR ORBIT INSERTION)**

L'allumage pour une insertion légèrement elliptique doit théoriquement se faire vers GET=075:49:50 pour un périlune PeA=112k prévu à GET=075:52:50. L'orbite devrait être de 314x112 km  
 L'allumage se fait coté face cachée de la Lune.

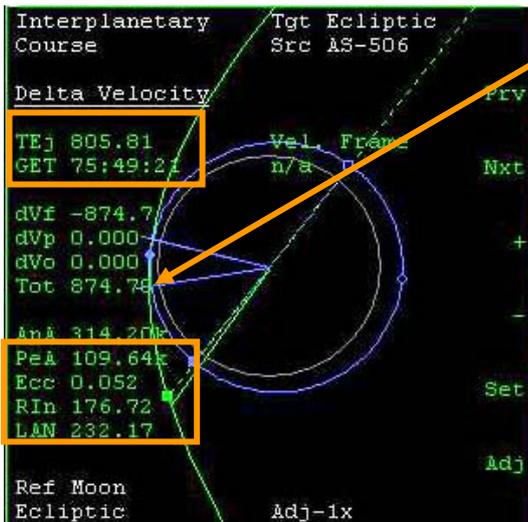
Nous utiliserons le module Delta Velocity qui nous permettra de régler si possible PeA vers 112k et ApA vers 314k.

Avancer le temps jusque vers GET =075:30:00. La Lune n'est plus qu'à 15 mn environ  
 Le MFD de gauche qui portait Course n'est plus utilisable car on est entré dans le champ d'attraction de la Lune et  $G > 0.4$ .

- Sur le MFD de gauche, faire Menu, puis sélectionner et ouvrir le module Delta Velocity
- Sur le MFD de droite, ouvrir le module standard Orbit avec référence Moon et affichage PeA et ApA (par DST) pour suivre la LOI



On peut voir que PeA sur Orbit est un peu au dessus des 112k qu'on voulait mais n'en est pas trop éloigné. Il y a toujours un peu d'écart entre le prévu par IMFD et le réel.



- **Augmenter TEj** sur Delta Velocity pour avoir PeA le plus grand possible ce qui revient à rapprocher le point d'allumage du périgée
- **Sélectionner dVf et augmenter la valeur en négatif** (il faut pousser en rétrograde) jusqu'à ce que Apa soit de l'ordre de 314k. Ecc est de l'ordre de 0.05
- **PeA peut bouger un peu** et il faut affiner le réglage de Tin et dVf pour avoir les valeurs PeA et ApA les plus correctes possibles
- **Faire PG pour changer de page et lancer AB**

L'allumage se fait ici 29s avant l'horaire réel et PeA est un peu faible. Après un allumage de 345s on se trouve sur orbite elliptique de 110.4 x 313.4 km .  
Ça n'est pas trop mal et nous avons bien travaillé.

### Les scénarios

06.0 - Avant LOI 314x112.scn, 06.1 - Solution LOI 314x112.scn et 06.2 - Fin LOI 314x112.scn vous placent en situation pour entraînement

## 7 - CIRCULARISATION DE L'ORBITE

L'allumage doit se faire normalement à GET= 81:14:36 soit deux tours environ après la LOI. Il ne sera pas possible de respecter rigoureusement cet horaire qui est un peu fluctuant car dépendant des conditions de la mise en LOI.

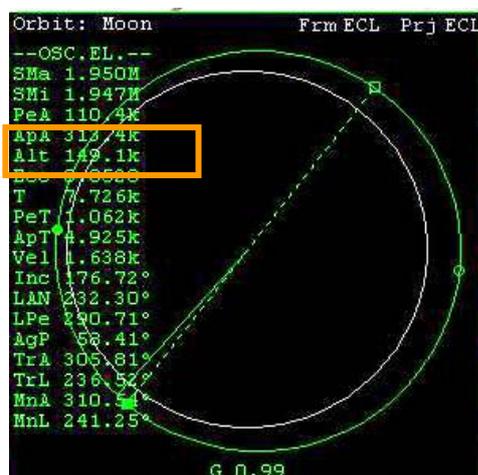
Effectuons presque deux tours pour nous trouver à GET= 80:00:00 et nous préparer à circulariser. Deux méthodes possibles :

**1 - Utiliser le programme P19 Parking Orbit Circularization** en utilisant la touche K qui fait apparaître un menu en bas à gauche de l'écran.

On sélectionne le programme avec les flèches Gauche/droite puis on valide avec la flèche haute. Ce programme répondant à des conditions bien spécifiques de temps et d'altitude ne fonctionne pas bien et il faut utiliser IMFD comme suit.

**2 – Utiliser le module Orbital de IMFD** qui traite parfaitement le vecteur d'allumage et permet de circulariser à n'importe quelle altitude de l'orbite supérieure à PeA et inférieure à ApA

- Ouvrir Orbital sur MFD gauche en faisant MNU puis Orbital (par défaut il s'ouvre sur Circularize)
- Ouvrir Orbit référence Moon sur le MFD droit



Quand Alt qui est l'altitude actuelle atteint presque 112k (attention ! il faut que l'ensemble se centre avant l'allumage et il y a de l'inertie) démarrer l'allumage par AB.  
Il faut que PeA soit inférieur à 112k sinon il faudra se contenter de la valeur la plus proche.

Pour avoir une bonne précision il vaut mieux centrer la croix sur la mire avant le moment de l'allumage quand Alt atteint 130k par exemple. On peut le faire manuellement en utilisant le RCS en rotation ou encore mieux en agissant sur AB pour que le centrage automatique se déclenche mais en désarmant AB quand la croix atteint le petit cercle pour ne pas allumer prématurément

**Dans cet exemple, après allumage, nous sommes en orbite sensiblement 112x112k et il nous reste 36.8% de carburant. Nous avons allumé avec environ 5mn d'avance sur le temps réel**

On peu aussi se mettre en rétrograde et allumer quand PeT (temps pour atteindre le périapsis ) est presque nul. Comme l'allumage BT dure 19s environ il faut allumer quand PeT = 9s pour respecter la règle qui veut que l'on allume à T- BT/2 avant d'atteindre le periapsis.  
Cette méthode a l'inconvénient de ne pas permettre de choisir l'altitude ou l'on veut se circulariser et nous serons en final près de la valeur de PeA.

### Correction éventuelle d'alignement

Ouvrir le MFD standard Map sur le MFD de gauche, avec TGT tranquillity.

L'orbite doit passer pratiquement sur la base. Nous allons avancer jusqu'à GET=98:00:00 1 tour avant séparation du LM pour vérifier si c'est bien le cas.

**Presser K** pour faire apparaître le menu de choix avec le premier item

Check orbit>base alignment

**Presser la flèche haut** qui nous présente l'écart prévu par rapport à la cible et le maximum acceptable en valeur absolue

Actual Crossrange: -10.96 km <Max: 20 km>

Si l'écart n'est pas bon ce qui ne doit pas être le cas si vous avez bien réglé Eq1 pour la TLI et lors de la correction, il faut faire une correction qui nous consommera malheureusement du carburant.

**Presser la flèche gauche** pour sélectionner le programme Engage Orbit

Engage orbit>base alignment

**Presser la flèche haut** pour lancer le programme P18 qui fera l'allumage au temps prévu

P18>RUN - Next burn: 1043

#### Les scénarios

07.0 - Avant circularisation.scn et 07.1 - Fin de mise en circulaire.scn  
vous placent en situation pour entraînement

## 8 – MISE EN ORBITE DE DESCENTE

**Il faut séparer le LM du CSM puis l'insérer sur une orbite 112x15 km, le périée étant au dessus du site choisi pour alunir**

### 8.1 – Séparation du LEM

**Elle est à faire quand GET = 100:12:00 ce qui représente environ 10 orbites après la mise en circulaire qui se produit à quelques minutes près autour de GET = 80:11:36 (temps réel).**

On peut voir sur le MFD Orbit que la période T de l'orbite est d'environ 2h (7141s dans mon exemple)  
Nous avons le temps de faire un petit somme, de manger un esquimau et de faire quelques photos de la Lune (ne pas ouvrir la fenêtre !)

Maintenant il est temps de se préparer à descendre.

- **Aller dans le LM** en appuyant sur la touche ? (à droite du N)  
On peut aussi utiliser F3 et sélectionner AS-506\_LM\_Vessel
- **Activer le LM** en appuyant sur J. On entend le bruit de déploiement du train
- **Séparer le LM du CSM en utilisant CTRL+D**

**ATTENTION, TRES IMPORTANT !**

**Il est impératif de se trouver dans le LM si on utilise J sinon si on se trouve dans le CSM la mission est interrompue et le LM est largué sans qu'on puisse le redocker**  
**Après séparation du LM, il ne faut plus reutiliser J sinon l'étage de descente est largué et adieu la Lune!**

**8.2 – Insertion en orbite de descente DOI DOI (Descent Orbit Insertion)**

L'opération consiste à créer une orbite elliptique de descente telle que son périégée se trouve à 15km d'altitude au dessus du site d'atterrissage.

L'insertion a été réellement faite à GET=101:36:14 soit un peu moins d'une heure et demi après la séparation du LM et après que l'on ait survolé le site d'atterrissage à une distance Dst lue sur Map de l'ordre de 5M (on allume en rétrograde lorsqu'on est presque à l'opposé du site)

Presser **K** puis **flèche droite** plusieurs fois pour sélectionner le programme DOP  
Presser **flèche haut** pour lancer le programme P17

**Engage DOI**

**P17>RUN - Next burn: 878**

L'allumage se fait quand Next burn=0



Pour s'amuser, on peut faire l'opération en manuel en plaçant le LM en position NML+ qui orientera son moteur dans le sens rétrograde (c'est un Hover) et en allumant le moteur (touche 0 du pavé numérique) quand Dst=5M sur Map jusqu'à ce que PeA lu sur Orbit = 15k

Attention à ne pas effectuer une trop forte poussée car PeA décroît vite.

Arrêter le moteur en temps utile avec la touche . (point) du pavé numérique)

L'heure d'alunissage dépend de la précision de cette correction d'orbite et il vaut mieux utiliser le programme P17

**Les scénarios**

**08.0 - Avant separation du LEM.scn, 08.1- Avant DOI.scn et 08.2 - Apres DOI.scn vous placent en situation pour entraînement**

**9 - INSERTION EN DESCENTE FINALE PDI (Powered Descent Insertion)**

L'allumage pour PDI est déclenché environ 1h après la DOI soit à GET=102:33:05 en réel à environ 500 km du site

Le principe pour alunir et que l'on peut utiliser en "manuel" est le suivant :

- Allumage en rétro-freinage à environ 500 km du site
- Contrôle du pitch pour diminuer les vitesses horizontale et verticale et descendre jusqu'à la "High Gate" qui est un point fictif situé à environ 8 km du site et à 2300 m d'altitude  
En même temps on effectue un contrôle de direction pour se diriger vers l'objectif
- Redressement progressif du LM pour faire diminuer les vitesses et atteindre la "Low Gate" qui est un point situé à 600 m du site et à 150 m d'altitude. La vitesse horizontale doit être inférieure à 10 m/s
- Stabilisation et derniers ajustements en mode manuel en vitesse et en direction, puis descente finale a vitesse verticale inférieure à 3 m/s et horizontale inférieure à 2 m/s

### 9.1 - Descente programmée

C'est le moyen utilisé lors de la mission, l'équipage ayant seulement pris les commandes en fin d'approche pour se poser un peu plus loin à un endroit plus favorable que celui prévu.

**Nous allons utiliser le programme P63** que nous lancerons quand nous serons à Dst = 1M du site lu sur Map. Une fois ce programme lancé, il est impossible d'accélérer le temps à plus de 10x aussi est il préférable de ne le déclencher que quand on ne se trouve plus très loin.

<b>Presser K</b>	<b>Time to PDI</b>
<b>Presser flèche haut</b> pour vérifier le temps avant PDI	<b>Time is: 129 sec</b>
<b>Presser flèche droite</b>	<b>Check PDI conditions</b>
<b>Presser flèche haut</b> pour vérifier si les conditions sont bonnes	<b>You are go for PDI, window end in: 120 sec  </b>
<b>Presser flèche droite</b> pour sélectionner le programme	<b>Engage PDI</b>
<b>Presser flèche haut</b> pour engager le programme	<b>P63&gt;RUN - Next burn: 322</b>

La séquence de descente automatique de descente se produit au moment voulu.

Elle se divise en trois phases avec enchaînement des programmes P63, P64 et P65

Retro freinage et guidage vers le site	<b>P63&gt;RUN - Braking Phase</b>
Approche à partir de la High Gate	<b>P64&gt;RUN - Approach Phase &gt; TARGET CHANGE</b>
Descente lente en quasi stationnaire	<b>P65&gt;RUN - Landing Phase</b>

### 9.2 - Commandes manuelles

- Pendant la phase d'approche P64, on peut modifier l'emplacement prévu pour l'atterrissage en utilisant les flèches de déplacement droite/gauche et haut/bas pour déplacer le pointeur de direction (V inversé) sur le nouvel emplacement choisi.
- Pendant la phase d'approche P64 et la phase de descente P65 on peut prendre le LM totalement en commande manuelle en appuyant sur la touche **Insert** ou **Suppr**.  
Il y a alors affichage par le calculateur (programme P66) des paramètres permettant le contrôle manuel : vitesse horizontale **FwdV** en nœuds (en positif vers l'avant), vitesse latérale **LatV en nœuds** (en positif vers la droite), vitesse verticale **VerV** en pieds/s (en positif on monte), altitude **Alt** en pieds

**P66>RUN - FwdV: 226.47 knot - LatV: 0.39 fts - VerV: -146.65 fts - Alt: 4383 ft |**

Il y a environ 3 pieds pour 1m et 1 nœud=1,852 km/h

En appuyant à nouveau sur la touche **Insert** on incrémente VerV de +1ft/s (on descend moins vite) et en appuyant sur Insert on le **décrémente** de -1ft/s (on descend plus vite). Le calculateur maintient le taux de

descente demandé quelque soit l'assiette du LM et l'opérateur peut seulement se préoccuper de changer l'assiette du LM au joystick pour respecter les valeurs limites pour FwdV et LatV

### ATTENTION, CA N'EST PAS FACILE !

**En particulier au moment du toucher de la Lune, il faut avoir FwdV et LatV inférieur en plus ou en moins à 6 ft/s (soit moins de 2 m/s) et VertV inférieur à -12 ft/s (soit moins de -4 m/s) sinon c'est le crash et vous voyez l'Ange!**

A vrai dire le contrôle manuel est surtout faisable en fin de P64 et en P65 car le réglage de VerV n'est pas assez rapide pendant la majeure partie de la phase d'approche pour réussir un bon atterrissage. Je pense que comme pour les missions réelles il est bien de ne passer en commande manuelle qu'en phase de descente P65 pour corriger le point d'atterrissage en manuel en finale

#### Remarques :

Le LM est un peu particulier à piloter car il ne possède pas de moteur principal et il a seulement un moteur ventral HOVER. Il a des réactions assez brutales au moteur principal Hover et au RCS et de plus il a tendance à "pitcher" tout seul

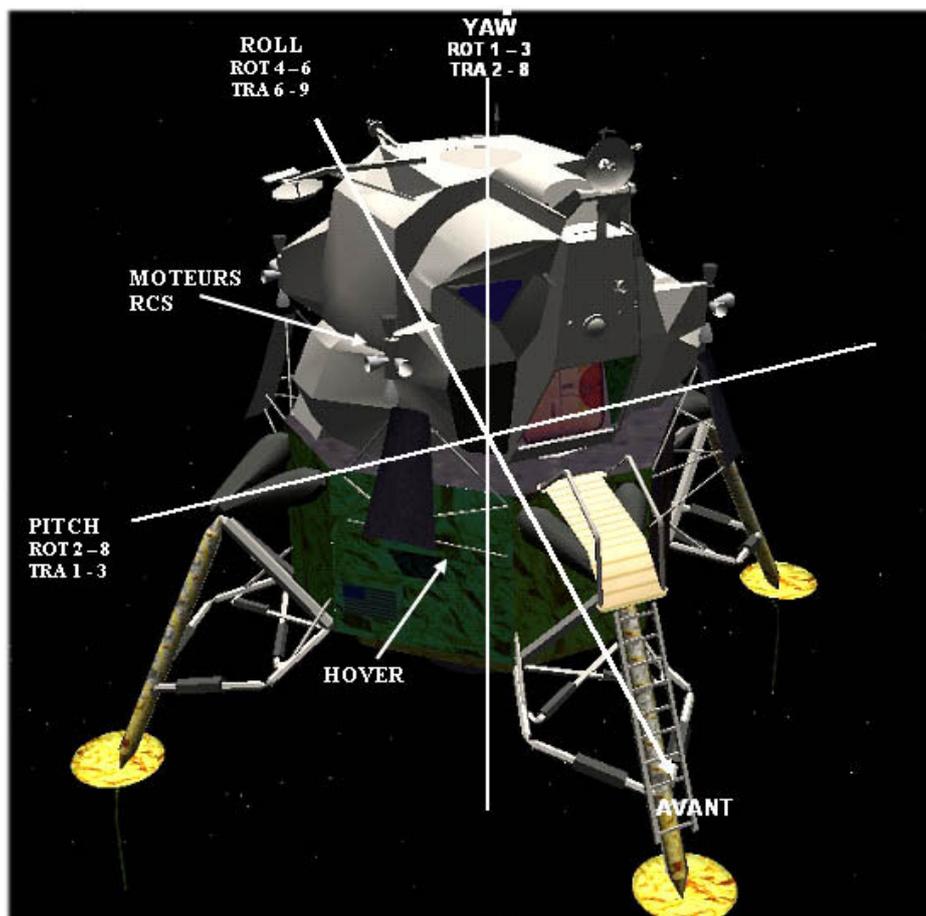
La figure ci-dessous vous donne ses axes de références et les touches permettant la rotation et la translation.

On ne peut pas freiner en le plaçant en position Retrograde puisqu'il n'a pas de moteur à l'arrière.

En fait, le moyen le plus simple pour le mettre en position de freinage est de demander NORMAL + ou NORMAL -

On agit sur VerV avec les touches 8 et 2 ou le joystick (pousser/tirer pour modifier le pitch. Une fois que VerV est réglé, le calculateur maintient cette vitesse de descente et il ne faut pas modifier la poussée

Je vous conseille de lire ma note "UTILISER LE LEM" que vous trouverez sur le forum pour en savoir plus.



### 9.3 - Annulation de la descente

On peut annuler à tout moment la descente en appuyant sur la touche J

Un texte apparaît et les flèches de déplacement permettent de choisir deux possibilités:

**Execute ABORT**

La remontée s'effectue en utilisant d'abord le carburant restant de l'étage de descente qui est ensuite largué

**Execute ABORT-STAGE**

L'étage de descente est d'abord largué puis on remonte en utilisant le carburant de l'étage de remontée.

Après choix et validation par flèche haut, la remontée et le rendez vous s'effectuent automatiquement et il ne reste plus qu'à réaliser l'approche finale en manuel (voir plus loin)

#### Les scénarios

09.0 - Avant PDI.scn et 09.1 - Avant phase approche.scn  
vous placent en situation pour entraînement

## 10 – ACTIVITES LUNAIRES

#### Le scénario

10 - Eagle posé.scn

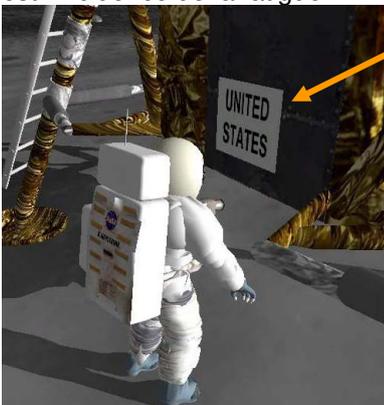
vous place après la prise de contact

Après un repos bien mérité d'environ 7 heures, la sortie EVA est à faire à GET=109:24:15  
Il suffit d'appuyer sur K au bon moment et le premier astronaute pose le pied sur la Lune.

La touche ?(à droite du N) permet de revenir au LM et de faire sortir le deuxième astronaute en appuyant à nouveau sur K

Ensuite un nouvel appui sur ? fera passer d'un astronaute à l'autre tant qu'ils sont tous les deux sortis.

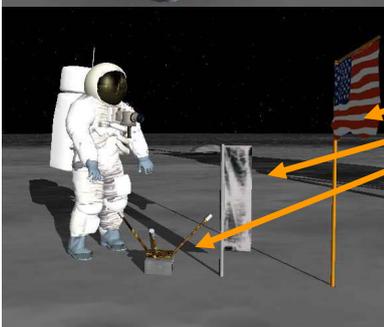
Vous voudrez bien vous reporter à la notice AMSO pour voir quel est le trajet à effectuer pendant la mission en déplaçant les astronautes avec les touches de clavier numérique, comment surveiller l'oxygène et quelle est l'incidence de la fatigue.



On peut prendre les objets utilisés pendant la mission en se plaçant près d'un des panneaux latéraux situés entre les pieds puis en appuyant sur la **touche J**

On peut poser l'objet ou on le souhaite en s'éloignant du LM d'au moins 8m et en appuyant sur J (c'est à peu près la hauteur du LM)

Ultérieurement, on peut reprendre un objet avec J et le déposer ailleurs



Trois objets sont utilisés pour la mission:

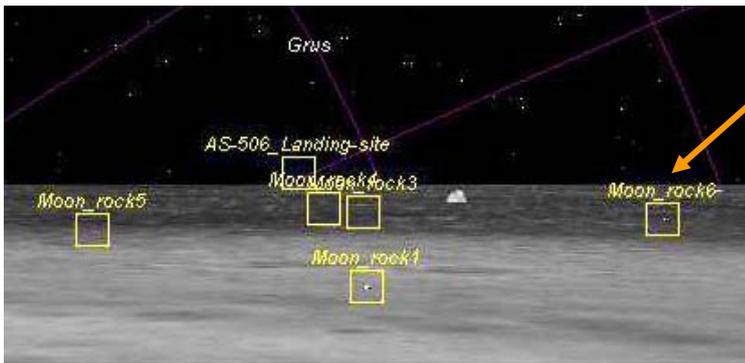
Le drapeau (Flag)

L'expérience de vent solaire SWC (Solar Wind Composition)

Le magnétomètre

Normalement c'est la camera au sol ALSCC qui devrait être représentée car le magnétomètre n'a été utilisé qu'à partir d'Apollo 12

Il faut aussi ramasser quelques échantillons de roches et ne pas oublier de reprendre le SWC en revenant au LM.



Un moyen pour localiser les échantillons, consiste à afficher le planétarium par F9 et utiliser CTRL+F9 pour cocher Vessels dans les markers.

La combinaison **CTRL+K** permet de supprimer la nécessité de ramasser les échantillons.

On rentre successivement les astronautes en les amenant au pied de l'échelle et en appuyant sur J  
La rentrée des deux astronautes s'est faite en réel à GET=111:39:13 après une EVA de 2h15mn environ.

**Nota: Après la rentrée, il n'y a plus de MFD affichés. Si vous voulez les rappeler, il faut utiliser les combinaisons de touches Shift gauche + Echap et Shift droit + Echap**

## 11 - REMONTEE DU LEM ET ARRIMAGE AU CSM

La remontée s'est faite à GET=124:22:00 environ une demi journée après la rentrée EVA et un temps passé sur la Lune de 21h 36mn 21s.

Il faut rejoindre le CSM sur son orbite de parking et s'y arrimer.

### Le scénario

11.0 - Avant remontée.scn

vous place avant la remontée du LM

### 11.1 - Remontée automatique

Le lancement doit se déclencher quand le CSM passe au dessus du site avec un plan orbital suffisamment aligné.

Nous pouvons avancer le temps jusqu'à GET=122:00:00 qui nous place environ 2 heures soit un peu plus d'une orbite avant le lancement réel. Ceci nous permet de vérifier l'alignement pas trop longtemps avant le lancement et de le rectifier si nécessaire sans attendre le dernier tour, ce qui pourrait nous faire rater le lancement au temps prévu

- **Passer dans le CSM** en utilisant la touche ? (à droite du N) ou F3

- Utiliser la touche K puis la touche flèche haut pour vérifier les conditions d'alignement

- Si Crossrange est supérieur au max en plus ou en moins, faire la correction en utilisant flèche droite puis flèche haut pour lancer le programme P18

**Check orbit>base alignment**

**Actual Crossrange: -3.73 km <Max: 20 km**

**Engage orbit>base alignment**

**P18>RUN - Next burn: 1421**

Notez que l'alignement peut se faire au passage à un nœud ce qui normalement se situe après passage au dessus de la base

- **Revenir au LM** en utilisant la touche ? (à droite du N) ou F3 et faire avancer le temps jusqu'à GET=124:00:00 pour se trouver une vingtaine de minutes avant le lancement

- Utiliser la touche J pour activer la séquence de préparation de remontée

- Utiliser la touche K puis les touches flèche droite et haut pour vérifier les conditions de lancement

**Check ASCENT conditions**

**You are go for ASCENT, window end in: 1532 sec**

- Si les conditions ne sont pas bonnes il faudra corriger en refaisant l'alignement et vous perdez un tour

**Crossrange too great, actual: -20.07 km <Max: 12 km>  
Invalid ASCENT window**

- Avec flèche droite sélectionner

**Engage ASCENT countdown**

- Valider avec flèche haut pour lancer le countdown avec P12

**P12>RUN - Countdown: 590**

Ensuite tout se déroule automatiquement en enchaînant des programmes pour réaliser les opérations suivantes:

- Mise en orbite elliptique 18x 85k avec alignement des plans
- Quand on atteint l'apogée, il y a allumage pour circulariser à 85x85k sur une orbite environ 35k en dessous de celle du CSM
- Allumages successifs pour établir une orbite synchronisée avec le CSM
- Approche du CSM après deux orbites du LM (une seule orbite à partir du vol Apollo 14)
- Immobilisation du LM à CVEL=0 à environ 30m du CSM puis pivotement pour qu'il dirige son sas vers le CSM

Il est intéressant de suivre ces manœuvres en ouvrant le MFD Map et le MFD Orbit avec TGT = AS-506  
On peut accélérer le temps jusqu'à 100x sauf pendant les allumages.

## 11.2 - Arrimage manuel du LM

Il faut réaliser l'arrimage manuellement et c'est le CSM qui le réalise car en raison de la position du sas du LEM on ne voit pas le CSM par les hublots.

- Passer dans le CSM en utilisant la touche ?(à droite du N) ou F3
- En mode RCS rotation, faire pivoter le CSM en utilisant les touches 8 et 4 pour avoir le LEM dans le HUD
- Procéder ensuite comme on l'a fait avant d'extraire le LM du 3<sup>ème</sup> étage après le lancement.



Il est possible d'utiliser le MFD Appr/Dock pour réaliser l'opération en prenant comme objectif AS-506\_LM\_vessel → dock1 avec TGT

En RCS rotation, centrer la croix X rouge (devient blanche) avec les touches 8/2 et 1/3 et placer l'index en haut avec les touches 4/6

En RCS translation, centrer la croix + verte en utilisant les touches 8/2 et 1/3

Avancer doucement en utilisant les touches 6/9 jusqu'au docking.

On peut utiliser un joystick.

Cette méthode permet de manoeuvrer en utilisant le LM mais elle est beaucoup plus délicate vu la spécificité du LM qui est un Hover et certaines commandes sont inversées.

### Le scénario

#### 11.1 - Arrimage CSM.scn

vous place avant l'arrimage avec le CSM

### 11.3 - Remontée en contrôle manuel si on le désire (le calculateur pourrait être en panne !)

#### 11.3.1 – Mise en orbite de parking

On peut le faire au clavier (un joystick ne convient pas très bien car les réactions du LM avec lui sont trop brutales)

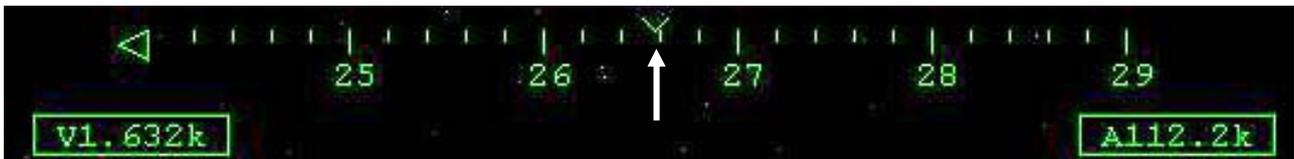
Il faut utiliser un MFD en mode Orbit et l'autre en mode Surface plus les échelles du Hud

Il faut en principe trouver le cap du CSM qui nous servira pour choisir le cap de lancement du LEM. En pratique, il est préprogrammé et nous ne devrions pas avoir à le contrôler

Voilà une façon simple pour le faire que nous utiliserons au dernier passage avant le lancement.

- Aller dans le CSM et le tourner dans le sens Prograde (touche ^)
- Afficher le HUD en mode Surface
- Ouvrir un MFD sur Map avec TGT = Tranquillity

Lorsque CSM passe au dessus de la base, noter la valeur du cap qui sera celle du cap de lancement que nous devons prendre avec le LEM pour avoir un plan le mieux aligné possible par rapport à l'orbite de CSM. Le passage au dessus se fait quand Dst lu sur Map est le plus petit possible. C'est aussi la valeur que l'on obtient en faisant Check Orbit>Base Alignement (touche K + flèche haut)



Nous avons ici 266 °

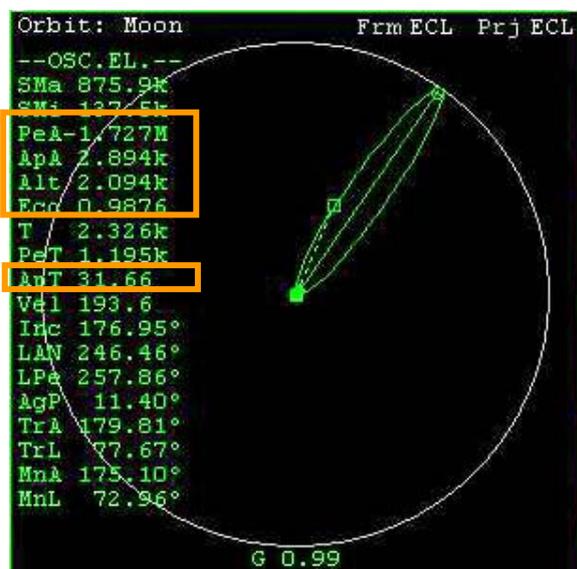
Normalement, le CSM devrait avoir une orbite passant correctement sur la base sinon il faudrait la réaligner en faisant tourner le LM avec les touches 1 et 3 au moment du lancement..

Maintenant que nous avons le cap de lancement, il faut le préparer en revenant dans le LM. Nous lancerons 1 à 2 mn après le passage du CSM sur la base pour le rejoindre en poursuite ce qui facilite les manoeuvres

- Sur le MFD de gauche, ouvrir Map avec TGT=AS-506
- Sur le MFD de droite ouvrir Orbit et afficher PeA et ApA en utilisant DST
- Placer le HUD en mode surface SRFCE
- Quand CSM base au dessus de la base sur Map, attendre environ 2mn pour déclencher le lancement par la touche J et ouvrir en attendant le MFD Surface à gauche

En première phase il faut établir une orbite elliptique proche de 18x85k

- Incliner le LM rapidement entre -50 et -55° en donnant du pitch avec la touche 8
- Surveiller Vs sur Surface pour le maintenir aux environs de 60 m/s
- Surveiller ApT qui doit rester supérieur à 40



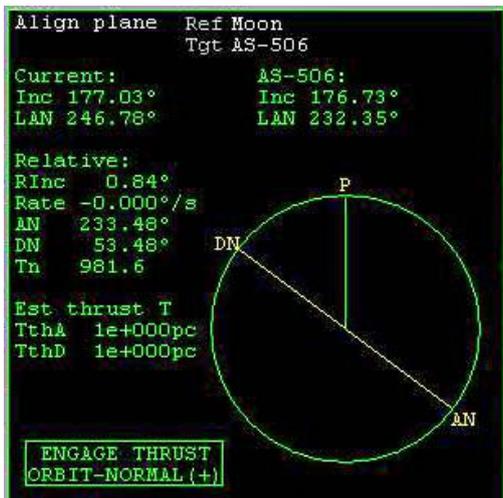
- En jouant sur le pitch, maintenir Vs à 60 environ jusqu'à avoir ApA de l'ordre de 15k
- Diminuer ensuite progressivement le pitch pour atteindre -88 quand ApA approche 18k. Vs doit décroître pour être presque nul.
- Quand ApA atteint 18k; mettre le pitch à -90 voir un peu plus pour que ApA ne varie plus. A ce moment Alt doit être presque égal à ApA et ApT doit être près de 0 car on doit se trouver au periapsis
- Surveiller PeA qui va augmenter rapidement. Il est bon de réduire la poussée au minimum quand il atteint 0 car à partir de ce moment PeA et ApA s'inversent et ApA va augmenter très vite
- Stopper le moteur quand ApA est voisin de 85k

Pour avoir une bonne précision il faut finir la circularisation en passant en RCS linéaire et en utilisant les touches 8 et 2

Pour régler le pitch avec RCS en rotation, il convient de donner des impulsions sur 8 ou 2 en tenant la touche CTRL enfoncée pour éviter des variations brutales et d'utiliser la touche 5 pour stopper la rotation. Avec un peu d'entraînement vous devez y arriver ce n'est pas trop difficile.

Il doit rester un peu moins de 10% de carburant et l'orbite doit être alignée à moins de 1% avec celle du CSM.

### 11.3.2 - Alignement des plans orbitaux



- Ouvrir le MFD Align Planes avec TGT = AS-506. On a quelque chose comme ça

RInc est inférieur à 1° ce qui est bien mais pour la précision du rendez vous il est préférable de le réduire le plus près de 0 possible

Quand P approche du point DN avec  $DN < 1^\circ$  il faut allumer en position Normale + pour réduire RInc

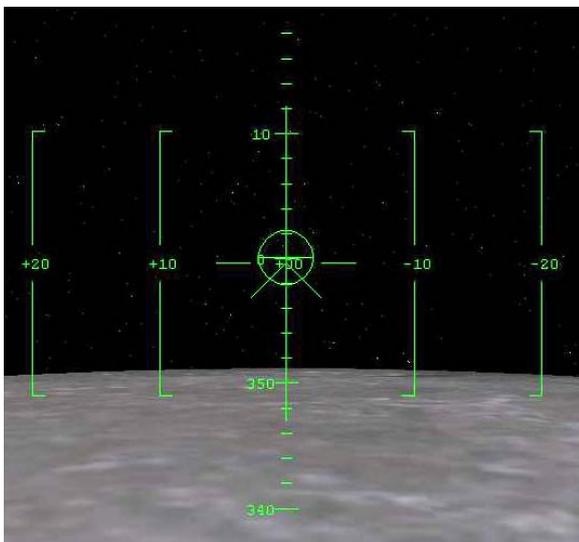
La règle est :

- pour DN → Normale +
- pour AN → Normale -

Ne vous fiez pas à Engage Thrust qui ne donne pas le bon moment

Il y a un problème qui est de se mettre en position N+ avec le LM qui a son moteur "sur le ventre". Les touches NML+ et NML- le mettent en position rétrograde.

Nous allons partir d'une position connue qui est la position horizontale obtenue en pressant la touche L qui place le LM avec son moteur dirigé vers le sol



En passant le HUD en mode Orbit (avec touche H) on doit se trouver avec le pointeur de direction (V inversé) centré sur le 0 des échelles et on doit avoir le pointeur vitesse (Croix dans un rond) également centré.

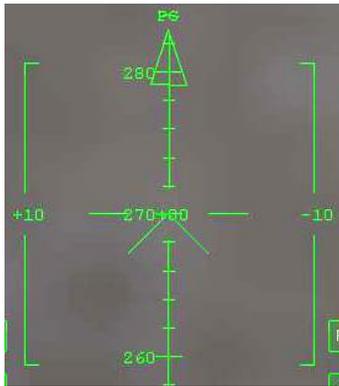
L'avant ou se trouve l'échelle de montée et les hublots est tourné dans le sens du déplacement.

Si le pointeur de vitesse n'est pas centré il faut le positionner en utilisant les touches 1 et 3 du pavé numérique (Yaw)

Nous avons maintenant la position de référence à partir de laquelle nous pouvons définir les autres

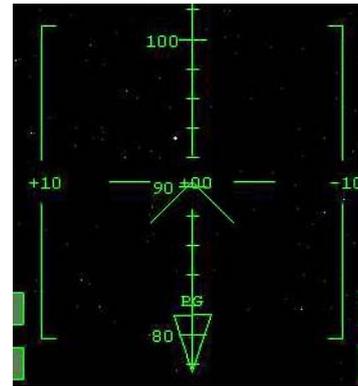
Il faut désengager la position automatique en pressant à nouveau L

Les touches 8 et 2 permettent de déplacer le pointeur de direction V inversé sur l'échelle verticale (Pitch)



**Position prograde**

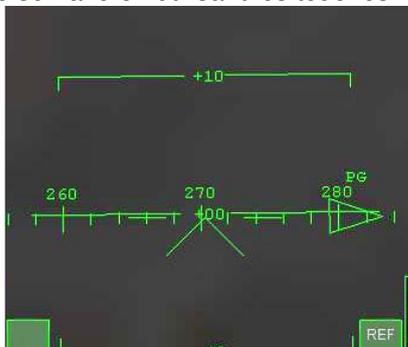
Pointeur sur 270 sur l'échelle verticale  
 Pointeur sur 0 sur l'échelle horizontale  
 Pointeur PG vers le haut  
 Les hublots sont tournés vers le bas et on voit défilier le sol puisqu'on est en orbite



**Position rétrograde**

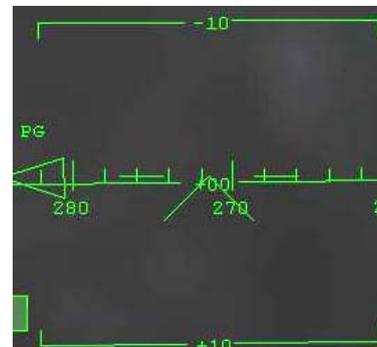
Pointeur sur 90 sur l'échelle verticale  
 Pointeur sur 0 sur l'échelle horizontale  
 Pointeur PG vers le bas  
 Les hublots sont tournés vers le haut et on voit les étoiles

En partant de la position prograde ou rétrograde on peut passer en position N+ ou N- en faisant tourner le LM autour de son axe en utilisant les touches 4 et 6 (Roll)



**Position N+**

Pointeur PG vers la droite



**Position N-**

Pointeur PG vers la gauche

En vous plaçant en vue extérieure vous pourrez voir l'effet des différentes manœuvres.

### 11.3.3 - Circularisation de l'orbite

- Se mettre en position prograde et allumer doucement avec la touche 0 du pavé numérique quand on se trouve proche de l'Apoapsis avec  $ApT=10s$  (on allume avec une avance d'environ  $BT/2$ ) pour se circulariser vers  $85 \times 85k$   
**Attention**,  $PeA$  augmente très vite et il faut mettre peu de poussée. Hover à 0.3 max
- Quand on approche de l'excentricité nulle avec  $PeA > 80k$ , stopper rapidement le Hover avec la touche , du pavé numérique
- Rectifier la position du curseur de direction pour bien le placer sur 270
- Passer en RCS translation et utiliser la touche CTRL avec les touches 6 et 8 pour finir de circulariser. Il est pratique de passer le temps en 0.1x pour ajuster finement l'orbite

### 11.3.4 - Synchronisation avec le CSM

Il faut maintenant rejoindre le CSM qui orbite en circulaire vers 112k en augmentant l'apoapsis de l'orbite du LM pour qu'elle soit synchrone avec le CSM (c'est-à-dire pour arriver au même moment au même endroit et à la même altitude)

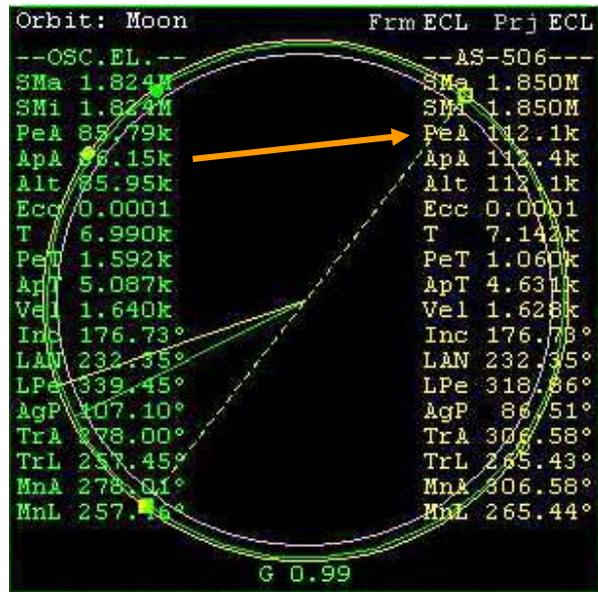
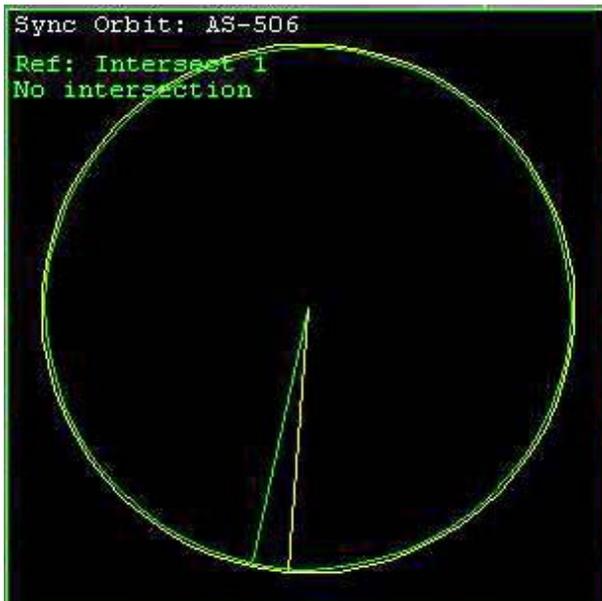
Ouvrir le MFD standard Sync Orbit sur le MFD gauche

Prendre TGT = AS-506

Faire MOD plusieurs fois pour choisir Ref: Intersect 1. Puisque nous orbitons plus bas que CSM nous augmenterons notre apoapsis pour pouvoir faire la rencontre

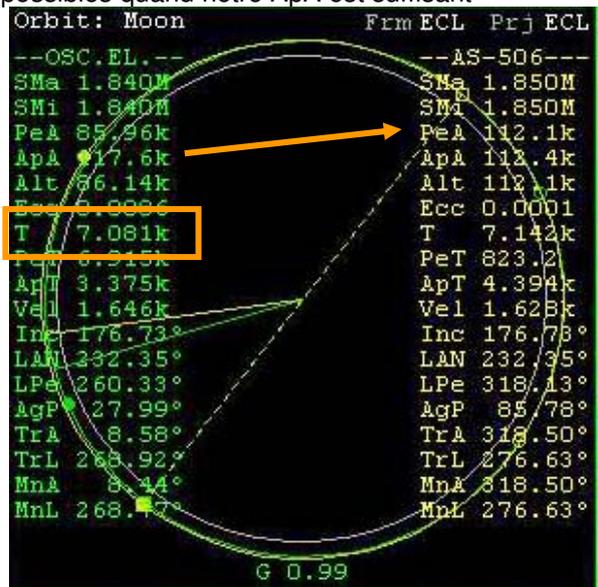
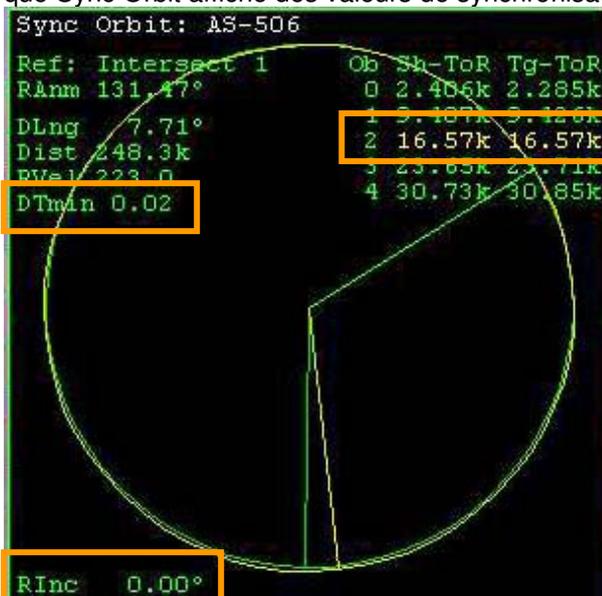
Ouvrir sur le MFD Standard Orbit sur le MFD droit

Prendre TGT = AS-506



Il n'y a pas de point d'intersection possible sur Sync Orbit ce qui est normal puisque notre ApA est inférieur au PeA de la cible

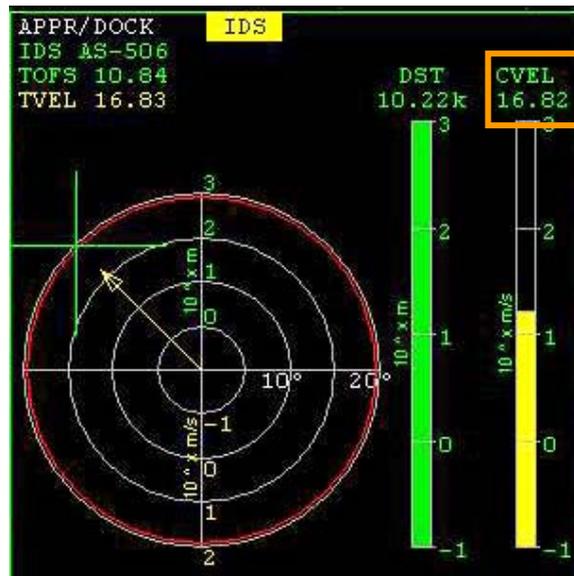
En nous mettant en position prograde comme pour la circularisation, il faut allumer doucement jusqu'à ce que Sync Orbit affiche des valeurs de synchronisation possibles quand notre ApA est suffisant



Continuer l'allumage pour obtenir une solution comme ici avec DTmin le plus faible possible  
On peut ajuster finement en utilisant le RCS en translation et les touches 8 et 2

Si votre RInc est toujours 0 ou voisin de 0 et DTmin voisin de 0 les conditions de rencontre sont bonnes et dans notre cas elle se produira dans 16570 secondes soit un peu plus de deux tours (on peut voir sur Map que la période de notre orbite est 7081 s)

Il ne reste plus qu'à tourner jusqu'à arriver au tour 0 qui s'illumine en jaune (première ligne en haut à droite).  
Ouvrir le MFD Docking à droite avec TGT= AS-506 \_Dock1 et faire HUD pour afficher l'objectif



Si vous placez le pointeur de direction du LM (Vinversé) sur le carré représentant la cible et si vous avez bien réglé RInc et DTmin voisins de 0 vous devez voir la croix symbolisant le vecteur vitesse relative pratiquement dans le carré

La croix doit normalement se rapprocher seule du carré. Quand elle s'y trouve faites des petites corrections pour la garder centrée en passant en RCS linéaire et en utilisant les touches 1/3 et 8/2. Garder aussi le V inversé dans le carré en faisant des petites corrections en RCS rotation.

Contrôler la vitesse CVEL pour la garder positive (échelle en jaune) mais la réduire en approchant du but.

Il est bon d'avoir  $CVEL < 2$  à  $DST = 100$  pour pouvoir stopper l'approche à 40m de AS-506

**Nous sommes arrivés et il ne nous reste qu'à finir l'arrimage comme pour la remontée automatique.** Vous aurez certainement fait un tour de plus qu'en réel mais quelle belles manœuvres ! Moi ça m'amuse bien et j'y arrive à tous les coups...

## 12 - LARGAGE DU LEM

Après son arrimage et le retour des astronautes à bord du CSM, le LM a été largué à GET=130:09:31. Si vous avez fait la rencontre en manuel vous ne serez probablement pas arrimé à cette heure là mais ce n'est pas grave, l'essentiel est de se débarrasser du LM avant la TEI

- Passer dans le CSM si ce n'est pas le cas en utilisant la touche ? (à droite du N) ou F3
- Faire CTRL+D pour larguer le LM

J'espère que vous n'avez pas oublié de prendre les cailloux et le SWC !!

**Le scénario**  
12- Largage LEM.scn  
vous place avant l'arrimage avec le CSM

## 13 - MISE EN ORBITE DE RETOUR VERS LA TERRE (TEI)

L'allumage pour mise en TEI a été déclenché à GET=135:23:42. Nous allons utiliser IMF2 pour le calcul de la trajectoire après avoir avancé jusqu'à 135:00:00 pour avoir le temps de chercher la solution.

## 13.1 – Recherche de la solution

**Il faut optimiser la solution car il doit nous rester un peu plus de 35% de carburant et le moteur consomme 1% pour 5,6s d'allumage à plein régime.**

**Il faut donc tabler sur un temps d'allumage maximum de 200s environ à pleine puissance pour l'injection en TEI et les corrections si nécessaires. Ce sera juste !**

On ne peut pas utiliser le module Course comme pour l'aller puisque l'on part de la Lune qui est un satellite de la Terre et qu'il faut établir une orbite héliocentrique.

**Il faut utiliser le module Orbit Eject couplé à un module qui nous permette de chercher la solution.**

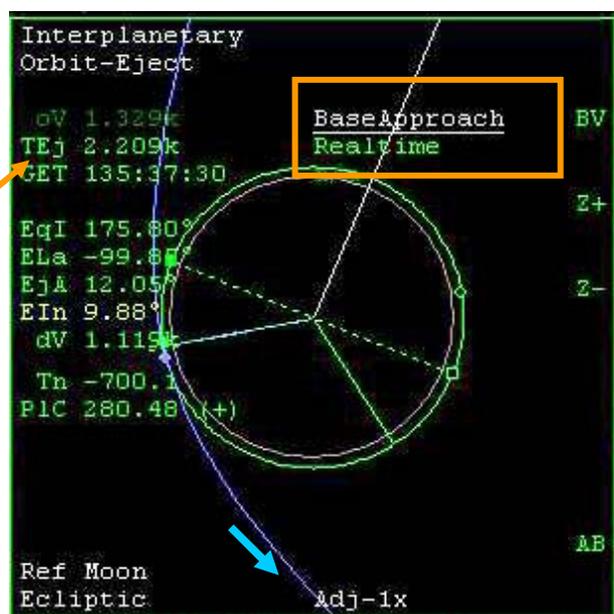
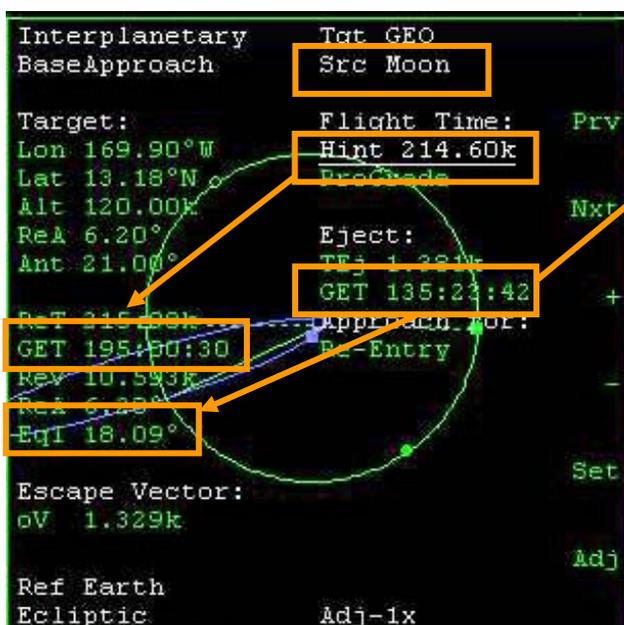
On pourrait coupler Map sur Orbit Eject en mode Lower Orbit et faire varier les paramètres sur ce dernier pour calculer une trajectoire se rapprochant de la Terre.

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle ne nous permet pas d'optimiser le temps de retour et de choisir le point de retour.

De plus elle impose des corrections en route trop onéreuse en carburant pour atteindre le but fixé

Nous utiliserons **Base Approach** puisque nous ne sommes pas très loin de la sphère d'influence de la Terre et à moins de 3 fois la SOL.

- Ouvrir le module Base Approach de IMFD sur le MFD de gauche. Vérifier que Src = Moon car on orbite autour d'un satellite et il faut considérer que c'est lui qu'on lance fictivement.
- En utilisant Prv/Nxt sélectionner Lon et entrer la valeur -169.9 qui est la longitude du point d'amerrissage réel. On met un signe – pour les longitudes Ouest (W) et Sud (S)
- En utilisant Prv/Nxt sélectionner Lat et entrer la valeur 13.18 qui est la latitude du point réel d'amerrissage. On ne met pas de signe car la latitude est Nord
- Régler GET pour Eject à la valeur prévue pour l'allumage
- Sélectionner Hint qui est la valeur prévue pour le temps de vol et l'augmenter jusqu'à ce que GET (à gauche) pour le temps d'insertion à l'arrivée soit proche de celui souhaité. L'amerrissage s'est fait à GET=195:18:35 et comme il faut environ 15mn de descente en atmosphère la valeur donnée est correcte
- Il faut que EqI soit supérieur à la latitude du point visé. Si ce n'est pas le cas, faire varier GET Eject
- Ouvrir Orbit Eject à droite en mode Op-Shared =0 pour le coupler à Base Approach
- Sélectionner Base Approach pour le mode de fonctionnement en utilisant Prv/Nxt pour sélectionner puis + pour le choix.
- On voit que GET prévu pour l'allumage sur Orbit Eject est un peu plus grand que celui de Base Approach. C'est pour éviter que la trajectoire de départ (flèche bleue) ne viennent recouper la planète



Pour cette première phase on ne fera pas d'autres ajustements qui d'ailleurs n'apporteraient rien. Hint progresse par sauts et GET prévu pour l'insertion ne peut être qu'approché

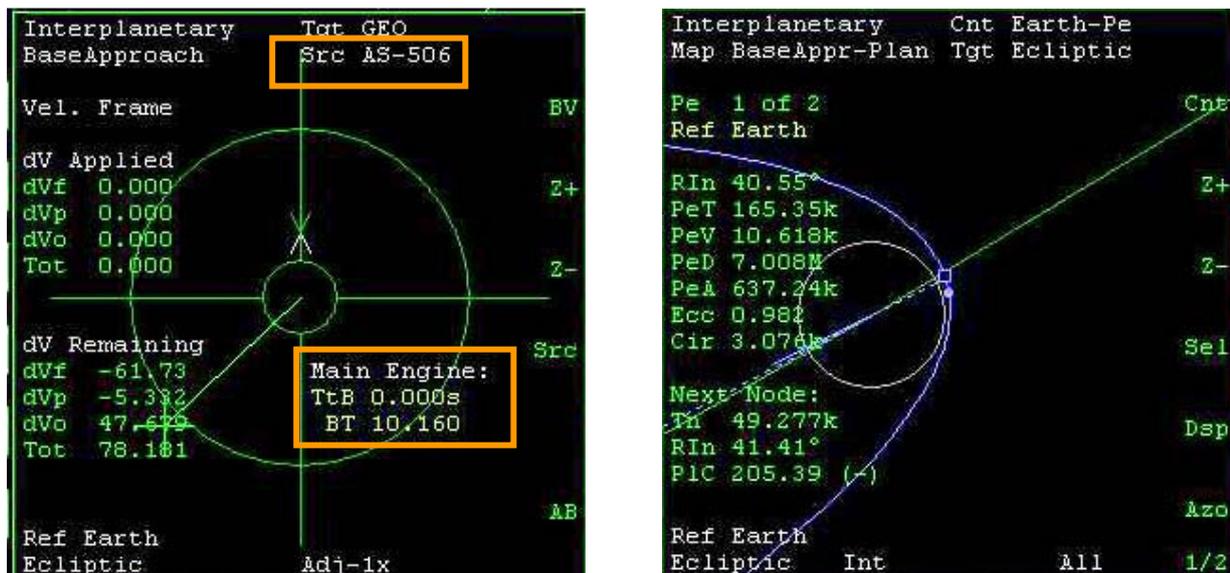
Comme on peu le voir en faisant BV sur le module Orbit Eject, le temps d'allumage sera d'environ 177s ce qui nous consommera à peu près 31% de carburant

Il nous reste 6% de carburant après TEI ce qui nous permet un maximum de 33 s pour les corrections. Il va falloir jouer serré !

### 13.2 Correction à mi parcours MCC (Mid Course Correction)

Dans la mission réelle il n'y a eu qu'une correction à mi parcours à GET = 150:30:07. C'est ce que nous allons réaliser à peu près à ce moment mais nous en ferons deux autres pour améliorer la précision d'atterrissage. IMFD n'est pas un calculateur de la NASA ! Préparons nous à la manœuvre vers GET = 149:00:00

- Garder Base Approach sur le MFD de gauche, mais sélectionner AS-506 comme source en ouvrant la deuxième page par PG puis en faisant Src pour entrer X (désigne le vaisseau par défaut) et valider.  
**Maintenant que nous sommes en orbite d'échappement, il faut prendre le vaisseau comme référence**
- Ouvrir Map sur le MFD de droite en mode Op Shared sur 0 avec comme référence Earth



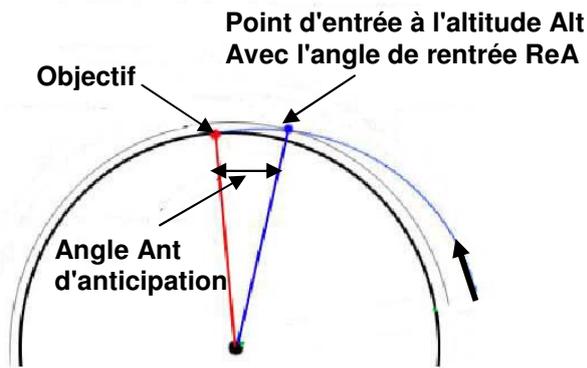
Il n'y a rien de particulier à modifier. BT diminue et il suffit d'attendre le moment optimal pour faire l'allumage quand BT est le plus faible possible. Nous n'avons pas trop de carburant ! Soyez attentif pour ne pas louper le meilleur moment qui doit se produire dans mon exemple aux alentours de GET=150:00:00 avec un peu d'avance sur le réel

Il nous reste un peu plus de 4 % de carburant ce qui nous donne environ 25s d'allumage total

### 13.3 - Deuxième correction

Nous la ferons en tablant sur un BT maximum de 10s pour garder de la marge pour la correction finale Nous la ferons vers GET=178:00:00

Pour cette correction nous allons corriger la valeur du périégée PeA sur Map pour avoir une orbite de pénétration correcte dans l'atmosphère.



Alt définit à quelle altitude la trajectoire doit avoir l'angle de rentrée ReA  
 Ant définit l'angle entre le rayon passant par l'objectif et le rayon passant par le point d'entrée.

L'atmosphère terrestre commence vers 120 km et les effets de freinage provoquent un ralentissement très sensible à partir de 75 km

Le CM arrive à plus de 10 km/s dans l'atmosphère et il faut que sa trajectoire de rentrée soit très "plate" pour qu'il puisse ralentir doucement sans brûler mais il faut aussi qu'elle ne le soit pas trop sous peine de rebondir sur l'atmosphère.

L'angle de rentrée ReA doit être de 5 à 6° en principe  
 Un bon réglage avec AMSO consiste à prendre Ant=21° et ReA=6.18° qui assure un ralentissement pas trop brutal et une bonne précision d'atterrissage en réglant Alt sur Base Approach de façon à avoir PeA peu différent de 45k sur Map

```

Interplanetary Tgt GEO
BaseApproach Src AS-506

Target:
Lon 169.90°W
Lat 13.18°N
Alt 111.93k
ReA 6.18°
Ant 21.00°

ReT 59.882k
GET 194:57:47
ReV 10.623k
ReA 6.18°
EqI 24.06°

Enroute:
dV 63.454

Ref Earth
Self Adj-1x
    
```

```

Interplanetary Cnt Earth-Pe
Map BaseAppr-Plan Tgt Ecliptic

Pe 1 of 2
Ref Earth
RIn 42.39°
PeT 60.025k
PeV 11.111k
PeA 45.068k
LCC 0.987
Cir 3.229k

Next Node:
Tn 60.179k
RIn 42.39°
PIC 8.081k (+)

Ref Earth
Periapis Int All 1/2
    
```

On peut voir sur Map en faisant un zoom que la trajectoire en bleu est très "tendue" ce qui fait que nous entrons progressivement dans l'atmosphère.

Il nous reste à faire AB pour allumer tant que BT <10s  
 Environ 3% de carburant restant permettant 16s environ d'allumage.

### 13.4 Troisième correction

Nous la ferons vers GET=191:00:00 et le plus près possible de la Terre pour améliorer au maximum la précision de l'arrivée.

On procède de la même façon que pour la deuxième correction en se contentant de régler Alt pour avoir PeA=45k sur Map et on lance l'allumage pour BT<10s



Pour ne pas risquer de dépasser 10s pour BT, je vous conseille de procéder comme suit.

- Sélectionner Alt sur Base Approach avec Prv/Nxt
- Passer sur la mire en faisant PG puis BV ce qui affiche le temps de combustion BT
- Refaire PG pour pouvoir régler Alt qui est resté sélectionné avec + et - ce qui permet d'ajuster l'altitude PeA lue sur Map tout en surveillant BT
- Quand BT approche de 10s, faire PG pour pouvoir lancer l'allumage par AB

Cette façon de procéder peut être utilisée dans d'autres cas quand on cherche à avoir BT minimum en agissant sur un paramètre qu'on ne peut pas voir en même temps

Il nous reste environ 1,5% de carburant dans le SM et maintenant il n'y a plus grand-chose à faire pour notre rentrée. Prions pour ne pas voir l'Ange et entendre la marche funèbre !

**Les scénarios**

- 13.0 - Recherche TEI.scn      13.1 - Solution TEI.scn      13.2 - Apres TEI.scn
  - 13.3 - Avant correction 1.scn    13.4 - Apres correction 1.scn
  - 13.5 - Avant correction 2.scn    13.6 - Apres correction 2.scn
  - 13.7 - Avant correction 3.scn    13.8 - Apres correction 3.scn
- vous placez en situation pour entraînement

**14 - LARGAGE DU SM**

Il a été effectué environ 30 mn avant l'amerrissage ce qui place le CSM à environ 5M de la terre ce que l'on peut lire sur le HUD en mode SRFCE.



Comme nous avons un petit quart d'heure d'avance, on peut séparer le SM à GET=194:36:00 en pressant sur la touche J

Le SM se sépare et après une minute il est mis sur une trajectoire qui le fera brûler dans l'atmosphère et les débris tomberont dans l'océan.

**Le scénario**

- 14- Largage SM.scn
- vous placez avant le largage à 5M de km de la Terre

**15 – RENTREE ET AMERRISSAGE**

Nous sommes tous petits dans le CM et près de l'arrivée si tout va bien. Nous avons un peu peur de cette phase dangereuse. Buons un coup et restons calmes !

- Appuyer sur la touche \$ ou cliquer sur RETR GRD pour placer le CM en position rétrograde pour présenter le bouclier thermique devant  
Quand la position rétrograde est atteinte refaire la demande pour libérer le verrouillage de la capsule en rétrograde et la laisser libre de ses mouvements.
- Passer le MFD gauche sur Surface
- Passer le MFD droite sur Map

Si tout a été bien réglé il n'y a plus qu'à observer la rentrée sur les MFD ou en vue extérieure



Notas:

**Pour la rentrée, un paramètre est très important. C'est la pression dynamique DNP sur le bouclier, qu'on peut lire sur le MFD Surface et qui commence à croître quand on entre dans l'atmosphère.**

**Si sa valeur dépasse 250kPa, le bouclier se désintègre et vous êtes mort !**

**Une autre valeur importante est AOA qui donne l'angle d'attaque** de la capsule qui est l'angle entre sa trajectoire et son axe longitudinal. Elle se règle en modifiant le pitch  
Elle permet si il le faut de gérer la valeur de DNP dans les cas de rentrée directe sur abandon de mission.

Quand AOA = + ou - 180 il n'y a pas de cabrage (la référence est 180 parce que le CM est en position rétrograde, 0 correspondant à la position tournée dans le sens du mouvement)

L'ascension verticale positive (on remonte avec VS moins négative) est maximum pour AOA = -148  
L'ascension verticale négative (on descend avec VS plus négative) est maximum pour AOA = 148

Comme pour un avion si on pousse le joystick, on diminue l'angle d'attaque et on pique, et si on le tire on augmente l'angle d'attaque et on monte

**A titre indicatif, on peut surveiller Acc** qui en le divisant par 10 donne le nombre de G encaissé par les astronautes et on se rend compte que la rentrée doit être assez pénible !

Il est également intéressant d'ouvrir le Flight Data Monitor avec CTRL+F4 et de sélectionner les paramètres Pressure, Lift and drag et Match number pour voir comment ils évoluent

**Pour pouvoir afficher le point de retour prévu** sur Map, il suffit d'ouvrir le fichier Earth.cfg du dossier AMSO situé dans le dossier CONFIG et d'ajouter le point prévu d'amerrissage dans Surface Bases. Le nom est à votre choix. Par exemple!

```

; === Surface Bases ===
; place additional bases or
; base directories in this list
BEGIN_SURFBASE
DIR Earth\Base\AMSO
Retour_Apollo11: -169.90 +13.18
END_SURFBASE
    
```

**Le scénario****15- Splash**

vous place dans l'océan Pacifique en train de flotter avec le CM

**16 - RECUPERATION**

**Nous sommes posés sur l'océan pas trop loin du point visé nous l'espérons et nous attendons la récupération.**

**Si nous sommes à une distance de moins de 100km lue sur Map c'est très bien et à moins de 200km ce n'est pas mal.**

Le porte avions USS Hornet qui va nous récupérer a fait route vers notre point de chute et un hélicoptère Sikorsky SH5 Seaking va nous récupérer.

En réel il a fallu 44mn avant que l'équipage Apollo soit récupéré et 23mn pour que l'hélicoptère regagne le Hornet ce qui fait à une vitesse de 250km/h un trajet de retour d'environ 95 km en 23mn.

Pour faciliter la manœuvre, l'auteur de AMSO à automatiquement placé le Hornet à 5km de nous. C'est un peu utopique mais ça nous évite de rester trop longtemps à l'humidité.

**16.1 - Préparation de l'hélicoptère**

- Aller sur le porte avions en utilisant F3 et sélectionnant AS-506\_USS-Hornet
- Appuyer sur la touche J pour faire apparaître l'hélicoptère sur le pont
- Aller dans l'hélicoptère en utilisant F3 et en sélectionnant AS-506\_USS-Hornet\_SH5-Seaking ou plus simplement en utilisant la touche ? (à droite du N) qui permet de passer du Hornet à l'hélicoptère
- Démarrer le moteur avec la touche J.

Il faut attendre quelques instants pour que le moteur arrive à pleine puissance et que s'affiche une fenêtre de contrôle des paramètres en bas de l'écran à gauche

**FwdV: 0.00 knot - LatV: 0.00 fts - VerV: 0.00 fts - Alt: 72.9 ft - Gear: DOWN**

FwdV est la vitesse horizontale positive vers l'avant, négative vers l'arrière

LatV est la vitesse latérale positive vers la droite, négative vers la gauche

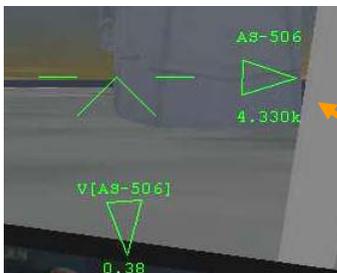
VerV est la vitesse verticale positive vers le haut, négative vers le bas

Alt est l'altitude au dessus de la mer qui est de 72.9 ft posé sur le pont comme ici

Gear est l'état du train d'atterrissage baissé DOWN ou levé UP

Les vitesses sont en nœud. Un nœud (knot en anglais) vaut 1,862 km/h

L'altitude est en pieds (fts) Un pied valant 0,3048 m il y a sensiblement 3 pieds par mètre



Appuyer plusieurs fois sur H pour placer le HUD en mode Dock et afficher les repères qui vont nous permettre de nous diriger vers le CM qui s'appelle AS-506

Je vous l'ai dit il est à moins de 5k sur notre droite, il ne nous reste plus qu'à y aller

**16.2 - Décollage et récupération**

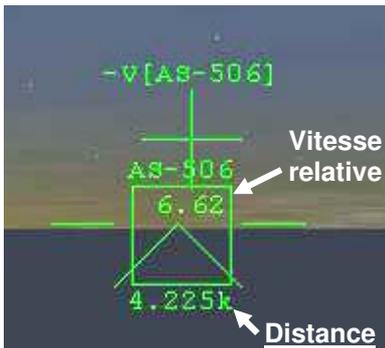
L'hélicoptère se dirige au joystick comme un avion. Ne pas utiliser les commandes d'Orbiter

Le pas collectif pour la montée ou la descente se règle avec les touches INSER qui augmente la vitesse verticale de +1 ft/s et la touche SUPPR qui diminue la vitesse verticale de -1 ft/s

La touche FIN permet de stabiliser la vitesse verticale pour garder l'altitude atteinte.

Pour jouir du spectacle en vue interne de l'hélico il est bon de supprimer les MFD qui ne servent à rien.

Décoller en appuyant 2 fois sur INSER pour commencer à s'élever et rentrer le train avec G  
 Dès que l'altitude atteint une centaine de pieds diriger l'hélico vers le CM en utilisant les repères du HUD et réduire la vitesse de montée en appuyant une fois sur SUPPR



Comme pour un rendez vous, il faut aligner à la verticale le pointeur de direction V inversé et la croix du vecteur vitesse d'approche avec le carré représentant la cible

Tirer/pousser le joystick pour monter et descendre le V inverse (commande profondeur d'un avion)

Incliner latéralement le joystick décale la croix à droite ou à gauche (commande aileron d'un avion)

Tourner le joystick si il possède cette fonction décale le V inversé droite ou à gauche (commande direction d'un avion)

Surveiller l'échelle de contrôle en même temps pour régler la vitesse FwdV qu'on augmente en poussant le joystick et qu'on diminue en le tirant (on peut reculer en passant en négatif)  
 On peut aussi lire la vitesse relative par rapport à la cible

Dans une première phase du vol il faut s'approcher à bonne vitesse du CM mais quand la distance est de 1k il faut réduire la vitesse à moins de 10 nœuds pour ne pas louper l'approche et à partir de 500k ne pas dépasser 2 à 3 nœuds.

L'objectif est de se positionner pratiquement à la verticale du CM à une altitude de 72.9 pieds qui est le minimum possible en vol stationnaire.



Il est bien de passer en vue externe pour terminer la manœuvre.

- Amener l'hélico presque au dessus du CM à vitesses FwdV et LatV proches de 0
- Passer en vol stationnaire en appuyant sur FIN
- Réduire l'altitude au minimum en utilisant SUPPR

Les paramètres de vitesse passent tous à 0 sur l'échelle et on peut faire des petites corrections temporaires avec des courtes impulsions sur le joystick pour rectifier la position.

- Ouvrir la porte en utilisant la touche D  
 Si l'hélicoptère est bien positionné avec la porte à peu près au dessus du radeau ou se trouvent les astronautes, il est possible de faire apparaître le palan avec la touche K  
 Quand le palan est en bas, il peut servir de guide pour rectifier légèrement la position de l'hélico
- Utiliser ensuite la touche K plusieurs fois pour remonter les astronautes un à un
- Fermer la porte avec D quand tout le monde est à bord

Cette manœuvre est assez délicate mais avec un peu d'entraînement, vous y arriverez

### 16.3 - Retour sur le Hornet

Quand l'équipage est à bord de l'hélico, reprendre doucement de l'altitude avec la touche INSER et se diriger vers le porte avion en mettant le HUD en mode Dock (touche H) comme nous l'avons fait pour le CM

Il n'y a pas de problème particulier sauf qu'il faut aborder la pont par l'arrière pour que la porte de l'hélico soit située devant la tourelle du porte avion pour la cérémonie d'arrivée.

Passer en vol stationnaire et diminuer l'altitude avec SUPPR

- Poser doucement et arrêter le rotor avec J
- A l'arrêt complet du rotor, appuyer sur D pour ouvrir la porte
- Appuyer sur K pour la cérémonie de retour avec hymne américain



### Les scénarios

16.0- Preparation helico.scn   16.1 - Helico pret.scn   16.2 - Proche du CM.scn  
16.3 Au dessus du CM.scn   16.4 A bord helico.scn   16.5 Pret a aponter.scn  
vous placent en situation pour entraînement

Nous sommes de retour sains et saufs.  
J'espère que vous aurez apprécié le voyage ?

Il n'y a rien de très difficile surtout si on utilise les fonctions des pilotes automatiques. Il faut être patient et sauvegarder régulièrement avant et après les manœuvres importantes pour pouvoir recommencer. Les scénarios joints avec le tutorial servent de points de référence pour s'entraîner et essayer de bien comprendre les bases d'utilisation en particulier pour IMFD.

Pour savoir utiliser IMFD vous pouvez utiliser mon tutorial pour la version 4.6 qui est pratiquement identique en attendant la sortie de ce tutorial corrigé pour 5.0 qui ne tardera pas j'espère.

J'ai joint en annexe la liste des défauts possibles si on active la fonction "Damage and failure simulation" et donné les actions pour y remédier.  
J'ai également donné les Timings des autres missions pour vous permettre de les accomplir au mieux sur le modèle d'Apollo 11 et détaillé les manœuvres des corrections spécifiques pour Apollo 13.

## ANNEXE 1 - QUE FAIRE EN CAS DE PANNES ?

Les pannes peuvent intervenir si on active la fonction "Damage and failure simulation" dans l'onglet Parameters du Launchpad  
Un texte s'affiche sur le HUD pour signaler la panne.

### **Autopilot malfunction – disconnected (Panne de l'autopilot)**

Elle peut apparaître pour n'importe quel autopilot.

***La seule solution est de prendre le vaisseau quel qu'il soit en commande manuelle.***

Le pilote automatique redevient opérationnel après une heure

J'ai donné la façon de réaliser la plupart des manœuvres importantes. A vous de jouer au mieux !

### **Carburant leak – Danger of explosion (Fuite de carburant – Danger d'explosion)**

Ce défaut peut se produire quand Saturn V est sur son pas de tir ou quand le LEM est en préparation pour remontée.

***Ne vous posez pas de question, la seule solution consiste à abandonner la mission (Abort mission) en utilisant la touche J en moins de 10s après l'apparition du texte***

Si c'est au départ de Saturn V appuyer deux fois pour valider. La tour d'éjection arrache le CM; puis il est lâché et retombe avec ses parachutes. Rien à faire si ce n'est d'assister au spectacle !

Si c'est à la préparation de remontée du LEM, il suffit d'appuyer une fois et l'étage de remontée est lancé. On peut alors passer en pilote automatique si il est disponible ou piloter en manuel pour la mise en orbite et le rendez vous.

### **High vibrations – Potential structural damage ( Fortes vibrations – Dommage potentiel des structures)**

Ce défaut peut se produire pendant l'allumage d'un moteur orbital d'un vaisseau Apollo ou du LM

***La seule solution est d'arrêter le moteur avant qu'il ne soit trop tard.***

Il faudra alors voir rapidement quelle est la meilleure conduite à tenir suivant la situation.

Si on est en phase de TLI avec le CSM il faudra probablement envisager de rester sur l'orbite qui nous ramènera vers la Terre et de faire une rentrée avec le CM seul au bout de plus ou moins de temps. On peut corriger la trajectoire en utilisant le LM avant de le larguer avec le SM en approche de la Terre.

Si on est en phase de TEI ou de TOI on agira de même en essayant de nous replacer en orbite de retour.

Si on est en DOI ou en PDI avec le LM, il faut abandonner en utilisant la touche J pour larguer l'étage de descente

On engagera ensuite la remontée automatique (K et flèches comme vu plus haut) ou manuelle si le pilote est aussi en défaut

Si on est en phase de remontée avec le LM, il n'y a pas d'espoir si on ne se trouve pas déjà en orbite de sécurité avec  $PeA > 0$ . Il faudra alors venir chercher le LM avec le CSM mais avec la consommation de carburant, le retour risque d'être compromis. C'est le pire des cas !!

### **20% thrust power lost (20% de perte de poussée)**

Ce défaut peut se produire pendant l'allumage d'un moteur orbital d'un vaisseau Apollo ou du LEM.

***La solution dépend de la phase de vol. On continue en espérant s'en sortir ou on abandonne la mission.***

Il ne faut pas oublier qu'on se trouve juste en carburant et je pense qu'il ne faut pas tenter le diable !

Je crois qu'il est prudent de rentrer à la maison et de laisser la Lune attendre la prochaine mission en cherchant à établir une trajectoire de retour si on est en TLI, TEI ou TOI ou en abandonnant si on se trouve en phase de DOI et PDI

**Pression null in cryo-tank #2 (Pression nulle dans réservoir cryogénique #2)**

C'est la simulation du défaut qui s'est produit sur Apollo 13 à GET =56h (on peut aussi l'avoir sur Apollo 11 et 12 aléatoirement tant que GET<100h)

Si on reste à bord du CSM, il restera opérationnel 1h30mn mais le temps n'est compté que si on reste à bord.

On peut vérifier l'autonomie de la batterie avec la touche K

**La solution va être de passer dans le LM (touche?) pour garder un maximum d'autonomie du CSM et de rester en orbite de retour. Le LM servira à faire les corrections de trajectoire**

**Une fois dans le LM il faut l'activer en pressant J (Attention une seule fois !)**

Quand on sera de retour vers la Terre, revenir dans le CSM et on peu larguer le module de service SM devenu inutile en appuyant sur la touche J. Le CM reste accouplé avec le LM

En final ob larguera le LM en appuyant sur la touche J.

**ANNEXE 2 - ABANDON DE MISSION PENDANT LE LANCEMENT**

Au décollage et pendant la montée d'Apollo on peut vouloir abandonner la mission en cas de défaut. Il suffit d'appuyer deux fois sur J (deuxième fois pour confirmer)

Trois possibilités principales:

**1 – La tour de sauvetage n'a pas encore été éjectée** ce qui se produit à GET = 03:14:00

La tour extrait le CM puis il continue seul sur sa trajectoire et retombe au bout d'un certain temps.

La seule chose à faire est de présenter le bouclier bers l'avant en plaçant le CM en position rétrograde.

L'amerrissage se fait au maximum à 740 km

**2 - La tour de sauvetage a été éjectée** et GET <9 mn 22s

La rentrée peut s'effectuer à une distance comprise entre 640 et 5800k du Cape Canaveral



La rentrée peut être faite en larguant le CSM puis le LM et en plaçant celui-ci en position rétrograde pour préparer la rentrée. Une fois cette position atteinte, faire pivoter le LM avec les touches 4 et 6 pour voir le sol en dessous et mettre le HUD sur SRFCE

A l'aide du joystick et uniquement en pousser/tirer, il faudra contrôler l'angle AOA de rentrée lu sur le MFD Surface de manière à ce que DNP<250kPa

Il faut maintenir AOA à -148° environ pendant la décélération en tirant sur le joystick.

Attention il est essentiel de maintenir DNP<250 kPa en contrôlant bien AOA, ce qui peut nécessiter de tirer assez fort sur le manche.

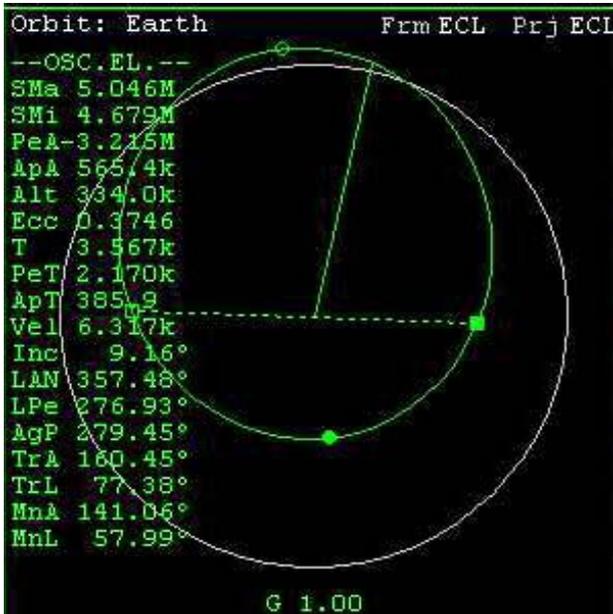
**3 - La tour de sauvetage a été éjectée** et GET >9 mn 22s qui est le moment à partir duquel on peut utiliser le moteur du CSM pour insérer en orbite de retour ou de parking

On peut alors en cas d'incident sur le 3<sup>ème</sup> étage éjecter le CSM avec la touche J et il y a deux possibilités:

- Faire une rentrée directe
- Faire une mise en orbite de parking pour choisir le moment de déorbiter

J'ai éjecté le CSM vers GET=10mn en arrêtant le moteur de Saturn pour simuler une panne puis en utilisant la touche J.

Le CSM se trouve sur une trajectoire libre de retour qui le ramènera vers la Terre



C'est parfait direz vous ! Pas du tout et pour deux raisons :

- 1 - Nous toucherions le sol en Afrique (flèche orange) et la capsule est prévue pour un amerrissage
- 2 - L'orbite en vert a un angle important à la rentrée dans l'atmosphère (PeA est très fortement négatif) et ça sera la catastrophe !

Nous utiliserons le CSM pour modifier l'orbite et la rendre presque tangente à la Terre (tangente = touche en un seul point. Comme on veut rentrer en douceur il sera bien de prendre PeA de l'ordre de 40k comme nous l'avons déjà fait.

Plaçons CSM dans le sens prograde et allumons avant d'arriver à l'apogée (apT < 100) pour obtenir PeA voisin de 40k.

Ensuite il suffit de séparer CM en utilisant J puis de le mettre en position rétrograde et espérons !

Le point de chute se situera dans l'océan à une distance plus ou moins grande des côtes africaines suivant l'instant de la panne et il est difficile de prévoir à quel endroit.

Pour cette raison, il est préférable dans ce cas de placer le CSM en orbite de sécurité avec un PeA d'environ 200k et d'attendre le bon moment pour déorbiter en se plaçant en position rétrograde et en allumant pour réduire le PeA à 40k.

On suit sur le MFD Map en prenant Cape Canaveral comme TGT

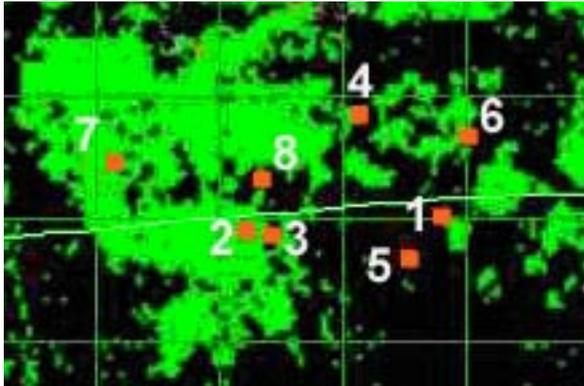
- Si vous allumez à Dst = 20M (lu sur Map) de Cape Canaveral vous tombez dans le Pacifique pas trop loin des côtes californiennes
- Si vous allumez à Dst = 13M (lu sur Map en valeur décroissante on est au delà de l'Australie) vous tombez dans l'Atlantique pas trop loin de Cape Canaveral

Il faudra être un peu patient en attendant d'être repêché, dans ce cas le Hornet n'est pas au rendez vous !

**ANNEXE 3 – LES AUTRES MISSIONS**

Vous pourrez les réaliser en partant des scénarios de lancement compris dans le dossier All missions lift off des scénarios AMSO en essayant de suivre les plannings réels  
 Il faut utiliser les principes des manœuvres décrites pour Apollo 11 pour toutes les missions en les adaptant seulement aux valeurs particulières.

Les données qui suivent vous donnent tous les éléments nécessaires.  
 Pour le détail des EVA consulter la notice AMSO. A vous de jouer !



- A11 1 – Tranquillity
- A12 2 – Oceanus procellarum
- A14 3 – Fra Mauro
- A15 4 – Hadley Apennine
- A16 5 – Descartes
- A17 6 – Taurus Littrow

- Prévus en principe mais non réalisé
- A18 7 – Marius Hills
- A19 8 – Copernicus
- A20 8 - Copernicus

**Apollo 8**

Le but était de réaliser une mise en orbite lunaire et de tester les appareillages et les procédures de mise en orbite et de corrections de trajectoire. Le LM était simulé par une charge.  
 Les cosmonautes ont eu la joie de faire le réveillon de Noël en orbitant autour de la Lune !

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>21/12/1968</b>	<b>12:50:53</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 190x180 km Inc = 32°50</b>
TLI	21/12	15:47:05	002:56:05	2 MCC à 010:59:59 et 060:59:55
LOI	24/12	09:89:20	069:08:20	Orbite 312x111 km 10 orbites avant TEI
TEI	25/12	06:10:16	089:19:16	1 MCC à 104:00:00
<b>Amerrissage</b>		<b>15:51:42</b>	<b>147:00:42</b>	<b>Pacifique 08°10 N 165°00 W</b>

**Apollo 9**

Le but était de réaliser les tests d'arrimage, d'extraction et de rendez vous avec le LM en restant en orbite terrestre.  
 Une sortie EVA a été effectuée après extraction du LM

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>03/03/1969</b>	<b>16:00:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 185x187 km Inc=32°60</b>
Réaliser l'arrimage du LM et son extraction puis faire une EVA et des allers retour entre les hatchs (sas) du CSM et du LM. Entrer dans le LM, l'activer et le dédoker Faire un petit allumage en rétro pour être à environ 5 km du CSM et faire un rendez vous				
<b>Amerrissage</b>	<b>13/03</b>	<b>16:04:00</b>	<b>240:04:00</b>	<b>Atlantique 23°22 N 67°98 W</b>

**Apollo 10**

C'est la répétition pour Apollo 11 utilisant les enseignements tirés des missions 9 et 10. C'est la mission Apollo 11 sauf que le LM ne fait pas de PDI et d'alunissage. Après la DOI il faut faire un Abort Flight en auto ou remonter en contrôle manuel pour provoquer directement le rendez vous

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>18/05/1969</b>	<b>16:49:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 185x186 km Inc=32°50</b>
TLI	18/05	19:28:20	002:39:20	1 MCC à 026:33:03
LOI	21/05	20:44:54	075:55:54	Orbite 315x110 km
Circularisation	22/05	01:15:08	080:25:08	Orbite 109x113 km
LM séparé	22/05	19:00:57	098:11:57	
DOI	22/05	20:35:01	099:46:01	
Remontée	22/05	23:44:02	102:55:02	Après séparation de l'étage de descente
Rendez vous	23/05	03:11:02	106:22:02	Sur environ 2 tours
LM séparé	23/05	05:32:23	108:24:36	
TEI	24/05	10:25:28	137:36:28	MCC à 188:49:58 et 241:21:59
<b>Amerrissage</b>	<b>22/11</b>	<b>16:52:23</b>	<b>192:03:23</b>	<b>Pacifique 15°07 S 164°65 W</b>

### Apollo 12

Identique à Apollo 11 mais avec un site lunaire différent et deux EVA au lieu d'une

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>14/11/1969</b>	<b>16:22:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 181x186 km Inc=31°50</b>
TLI	14/11	19:08:22	002:47:15	1 MCC à 030:52:44
LOI	18/11	03:47:23	083:25:23	Orbite 313x116 km
Circularisation	18/11	08:10:48	087:48:48	Orbite 116x122 km
LM séparé	19/11	04:16:02	107:54:02	
DOI	19/11	05:45:39	109:23:39	
PDI	19/11	06:42:38	110:20:38	
<b>Alunissage</b>	<b>19/11</b>	<b>06:54:36</b>	<b>110:32:36</b>	<b>Ocean Procellarum 03°64 S 23°42 W</b>
Remontée	20/11	14:24:47	142:03:47	Après 2 EVA
Rendez vous	20/11	17:38:20	145:36:20	Sur environ 2 tours
LM séparé	20/11	20:21:31	147:59:31	
TEI	21/11	20:49:16	172:27:16	2 MCC à 188:27:15 et 241:21:59
<b>Amerrissage</b>	<b>22/11</b>	<b>20:58:25</b>	<b>244:36:25</b>	<b>Pacifique 15°47 S 165°22 W</b>

### Apollo 13

Mission catastrophe prévue pour un alunissage à Fra Mauro. La mission 14 la remplacera avec le même site de destination.

La seule solution a été le retour à la maison en se servant du LEM comme "canot de sauvetage" et en utilisant ses moteurs pour faire deux corrections de trajectoire nécessaires.

L'équipage a regagné le CM et l'a réactivé environ une heure avant la rentrée en atmosphère

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>11/04/1970</b>	<b>19:13:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 181x185 km Inc=32°50</b>
TLI	11/04	21:48:00	002:35:00	LOI prévue à GET = 77:25:52 MCC à 30:40:00 pour insertion 314x115 km
<b>Accident !</b>	14/04	03:07:00	055:54:00	Le CSM est endommagé. Il faut se réfugier dans le LEM dont le moteur va servir aux corrections et revenir en balistique
<b>Correction 1</b>	15/04	02:45:00	079:32:00	Le moteur du LM est allumé 4mn 23s pour réduire le temps de retour et placer le point d'amerrissage dans le Pacifique
<b>Correction 2</b>	16/04	04:31:00	105:18:00	Correction " a vue" pour rectifier la trajectoire pour la rentrée
SM largué	17/04	13:15:00	138:02:00	A environ 70M de la Terre
LM largué	17/04	16:43:00	141:30:00	L'équipage rentre dans le CM et sépare le LM a environ 40M de la Terre
<b>Amerrissage</b>	<b>17/04</b>	<b>18:07:00</b>	<b>142:54:41</b>	<b>Pacifique 21°63 S 165°37 W</b>

Le début de la mission s'exécute de façon analogue à Apollo 11 jusqu' au moment de l'accident.

Voilà quelques conseils pour vous aider à réaliser les corrections après l'accident

**Il faut activer "Damage and failure simulation" dans l'onglet Parameters du Launchpad**

Charger le scénario **Apollo 13 step 06.scn** du dossier AS-508 du dossier des scénarios AMSO qui nous place 3mn environ avant l'accident.

Quand il se produit il y a bruit d'explosion, affichage du texte **Pressure Null in Cryo-Tank #2** et la sirène se déclenche.

Acquitter la sirène en appuyant sur K ce qui affiche la tension du Power Bus qui diminuera si nous restons dans le CM

Il ne nous reste plus qu'à nous réfugier dans le LM pour survivre en actionnant la touche ? et à l'activer avec la touche J (les pieds se déploient).

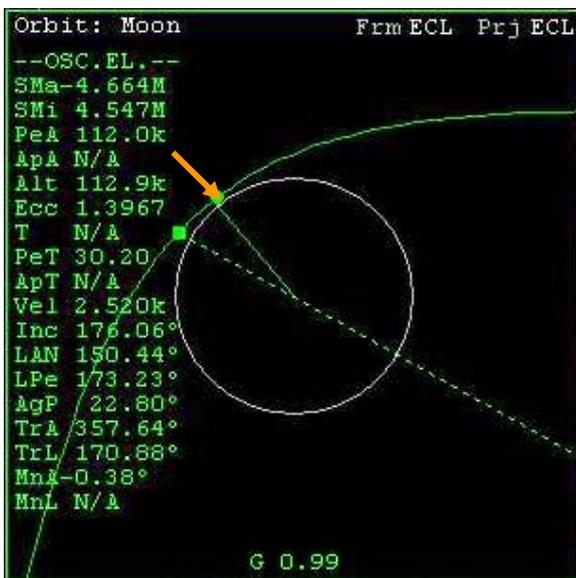
Il faut revenir en trajectoire libre en faisant les corrections en utilisant le LEM pour assurer la rentrée

### Première correction

Ouvrir Orbit avec REF = Moon

Ouvrir IMFD Map avec REF = Earth et utiliser MOD pour afficher la page ½ et avoir Lon et Lat

Faire avancer le temps jusqu'à arriver au périégée à la Lune vers GET = 77:25:00.



On se trouve du côté de la face cachée et on peut voir sur Map que les coordonnées Lon et Lat au périégée de la Terre ne sont pas bonnes (elles correspondent à un point près de la péninsule d'Arabie bien loin du point souhaité dans le Pacifique) De plus le PeA est beaucoup trop grand.

Enfin il est souhaitable de raccourcir au mieux le temps de voyage de retour car il y a des problèmes critiques d'énergie pour le conditionnement et les calculateurs entre autres.

La solution sera de faire un allumage avec le moteur du LM en plaçant celui-ci en position prograde de manière à avoir Lat voisin de 21°33 S et Lon voisin de 165°37. L'augmentation de vitesse va également nous diminuer GET.

Il faut attendre comme en réalité que le LM ne soit plus sur la face cachée pour être aidé par Papy Houston et un bon moment se situe deux heures après le passage du périégée à environ 10M de la Lune

Deux possibilités à ce moment:

- Allumage en automatique en utilisant le module Delta Velocity de IMFD
- Allumage en manuel mais il va falloir positionner correctement le LM et ce n'est pas le plus facile

**Pour la solution automatique** (figure suivante)

- Ouvrir le module Delta Velocity et coupler Map en Op Mode Shared sur lui
- Sélectionner GET et afficher une valeur supérieure de 2 h à celle de passage au périégée (ici 79:27:01)

- Sélectionner et augmenter dVf et dVo pour obtenir Lat et Lon le plus près possible des valeurs souhaitées et PeA près de 45k

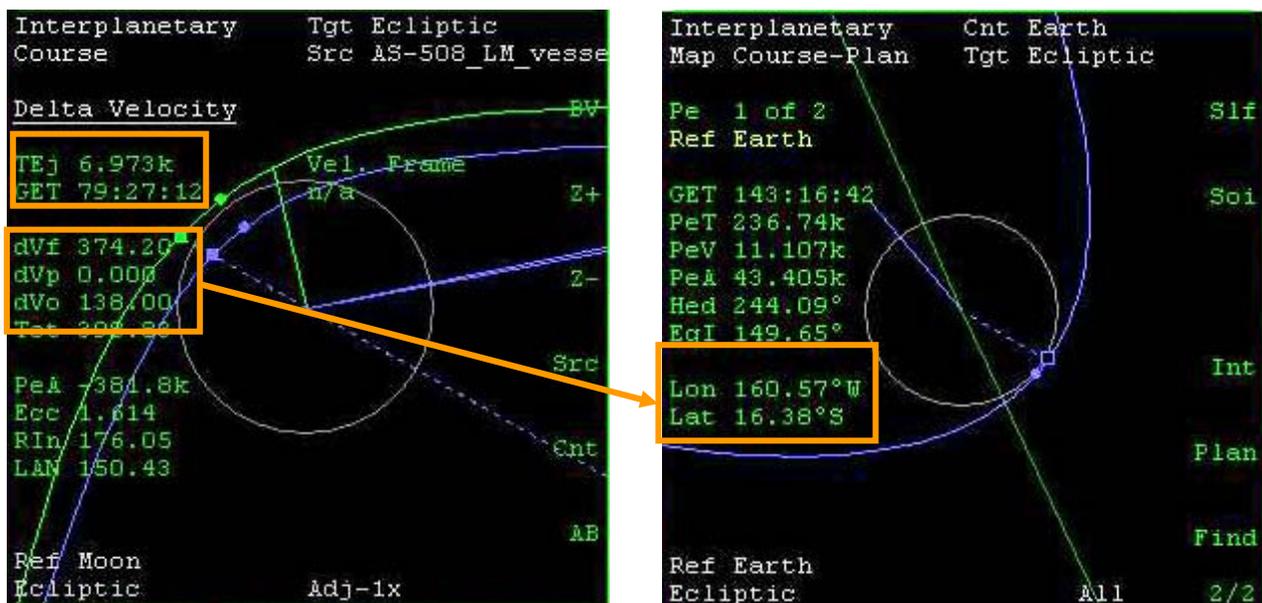
Il est impossible d'avoir les valeurs exactes et le réglage est délicat. Il faut jouer alternativement sur dVf (vitesse tangentielle) et dVo (vitesse radiale) en suivant PeA et surtout Lon sur Map.

En augmentant la vitesse dVf on diminue le temps de transfert et on augmente la longitude Lon du point d'entrée (la trajectoire est plus tendue) et on fait aussi varier PeA

En faisant varier dVo on fait varier PeA mais on influe aussi sur Lon

Il faut être patient et ne pas chercher l'impossible

Lancer l'allumage en autoburn AB pour environ 548s dans notre exemple



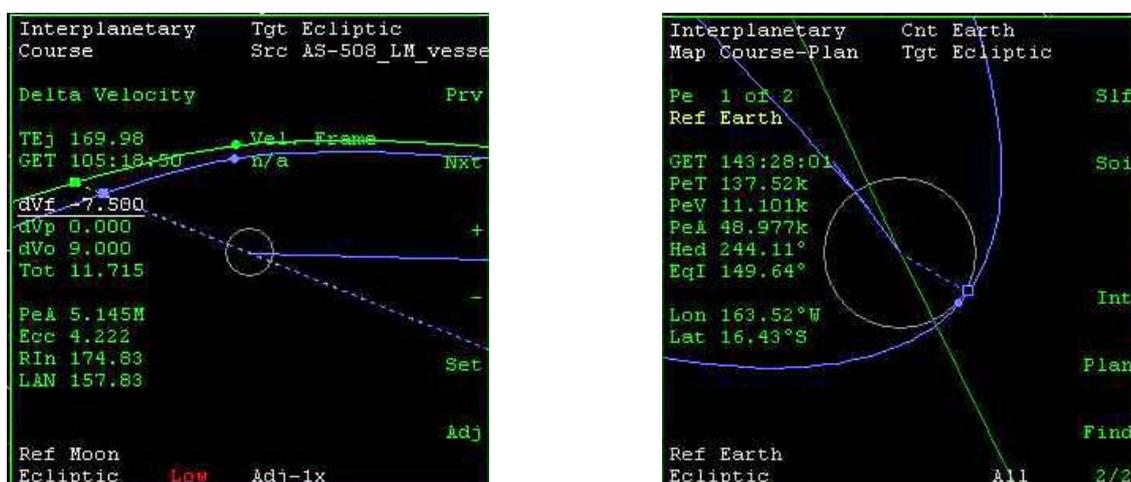
En observant GET sur les deux figures, on peut voir qu'on a gagné environ 8 heures sur le trajet par rapport à la situation avant correction

**Pour la solution manuelle** il faut placer le LM en position prograde (voir la méthode page 25) puis avancer le temps pour être au point de correction à 10M de la Lune avec GET près de 79:27:00. en maintenant le pitch à -270.

Quand le point est atteint, donner une trentaine de degrés en positif au pitch puis allumer le Hover du LM à pleine puissance avec la touche 0 numérique pour obtenir PeA voisin de 45° Diminuer la puissance progressivement en approche de la valeur cherchée pour ne pas risquer un dépassement.

Il n'est guère possible de régler Lon en même temps car la position de l'ensemble CSM+LM est difficile à contrôler. Il vaut mieux prendre la solution automatique

### Deuxième correction



Elle a été faite à 135M de la Lune à la limite de la sphère d'influence de la Terre à GET = 105:18:00  
 On peut la faire en automatique comme la précédente pour ajuster PeA entre 45 et 50k  
 Les valeurs de dVf et dVo doivent être petites et BT sera de l'ordre de quelques secondes.

La correction peut se faire en manuel "à vue" mais le résultat n'est pas garanti pour la rentrée.

On arrive très vite dans l'atmosphère et il vaut mieux ne pas rater son coup !

Il faut réintégrer le CM vers 70M de km de la Terre et appuyer sur J. Le LM reste accouplé au CM et le SM est largué.

On largue le LM en appuyant sur J à 40M de km de la Terre et il ne reste plus qu'à patienter avant la rentrée

### Apollo 14

Identique à Apollo 11 dans le principe de déroulement mais avec deux différences

- A partir de cette mission, la mise en DOI est faite par le CSM pour l'ensemble CSM+LM puis le LM est largué et le CSM remonte seul pour se mettre en orbite de parking.
- Le rendez vous à la remontée se fait plus rapidement sur une orbite en le déclenchant avant le passage du CSM au dessus du site

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>31/01/1971</b>	<b>21:03:02</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 170x183 km Inc=31°12</b>
TLI	31/01	23:57:35	002:34:33	2 MCC à 030:36:07 et 076:58:11
LOI	04/02	06:59:42	081:56:40	
DOI	04/02	11:13:55	086:10:52	C'est le CSM qui met en DOI
LM séparé	05/02	04:50:43	103:47:41	
Circularisation	05/02	06:14:48	105:11:46	Le CSM se place en orbite circulaire
PDI	05/02	09:05:28	108:02:26	
Alunissage	<b>05/02</b>	<b>09:18:13</b>	<b>108:15:11</b>	<b>Fra Mauro 03°64 S 17°47 W</b>
Remontée	06/02	18:48:42	141:45:40	Après 3 EVA
Rendez vous	06/02	20:35:52	143:32:50	
LM séparé	06/02	22:53:00	145:44:58	
TEI	07/02	01:39:04	148:36:02	MCC à 163:34:56
<b>Amerrissage</b>	<b>09/02</b>	<b>21:05:00</b>	<b>216:01:58</b>	<b>Pacifique 27°1 S 172°40 W</b>

### Apollo 15

Identique à Apollo 14 dans le principe de déroulement avec deux suppléments valables aussi pour 16 et 17

- On peut utiliser le ROVER lors des EVA lunaires
- On peut tant que le CSM est dans la sphère d'influence lunaire, réaliser le largage du panneau SIM, déployer un satellite, déployer les antennes du magnétomètre, ou faire une sortie EVA dans l'espace pour récupérer les films. Toutes ces fonctions peuvent être choisies avec la touche K et les flèches (voir notice AMSO)

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>26/07/1971</b>	<b>13:34:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 166x169 km Inc=29°68</b>
TLI	26/07	16:30:03	002:56:03	2 MCC à 028:40:22 et 073:31:14
LOI	29/07	20:05:46	078:31:46	
DOI	30/07	00:13:49	082:39:49	C'est le CSM qui met en DOI
LM séparé	30/07	18:13:16	100:39:16	
Circularisation	30/07	19:12:59	101:38:58	Le CSM se replace en orbite circulaire
PDI	30/07	22:04:09	104:30:09	
Alunissage	<b>30/07</b>	<b>22:16:29</b>	<b>104:42:29</b>	<b>Hadley Appenine 26°13 N 03°63 E</b>
Remontée	2/08	17:11:23	171:37:23	Après 3 EVA et utilisation du Rover
Rendez vous	2/08	19:10:25	173:36:25	
LM séparé	03/08	01:05:01	179:30:01	
TEI	04/08	21:22:45	223:48:45	MCC à 291:56:49
<b>Amerrissage</b>	<b>07/08</b>	<b>20:45:53</b>	<b>295:11:53</b>	<b>Pacifique 26°13 N 158°13 W</b>

**Apollo 16**

Principe identique à Apollo 15

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>16/04/1972</b>	<b>17:54:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 167x169 km Inc=32°54</b>
TLI	16/04	20:33:28	002:39:28	MCC à 030:39:00
LOI	19/04	20:22:27	074:28:27	
DOI	19/04	00:27:45	078:33:45	C'est le CSM qui met en DOI
LM séparé	20/04	18:07:31	096:13:31	
Circularisation	21/04	01:15:43	103:21:43	Le CSM se replace en orbite circulaire
PDI	21/04	02:11:25	104:17:25	
<b>Alunissage</b>	<b>21:04</b>	<b>02:23:35</b>	<b>104:29:35</b>	<b>Descartes 08°97 S 15°50 E</b>
Remontée	24/04	01:25:47	175:31:47	Après 3 EVA et utilisation du Rover
Rendez vous	24/04	03:35:18	177:41:18	
LM séparé	24/04	20:54:12	195:00:12	
TEI	25/04	02:15:33	200:21:33	MCC à 266:37:20
<b>Amerrissage</b>	<b>27/04</b>	<b>19:45:05</b>	<b>265:51:05</b>	<b>Pacifique 00°70 S 156°22 W</b>

**Apollo 17**

Principe identique à Apollo 15

Phase	Date	Heure UT h:mn:s	GET h:mn:s	Details
<b>Lancement</b>	<b>07/12/1972</b>	<b>05:33:00</b>	<b>000:00:00</b>	<b>Orbite 170x168 km Inc=28°53</b>
TLI	07/12	08:51:37	003:18:37	1 MCC à 035:29:59
LOI	10/12	19:47:22	086:14:22	
DOI	11/12	00:04:37	090:31:37	C'est le CSM qui met en DOI
LM séparé	11/12	17:20:56	107:47:56	
Circularisation	11/12	18:50:28	109:17:28	Le CSM se replace en orbite circulaire
PDI	11/12	19:42:53	110:09:53	
<b>Alunissage</b>	<b>11/12</b>	<b>19:54:58</b>	<b>110:21:58</b>	<b>Taurus Littrow 30°77 E 20°19 N</b>
Remontée	14/12	22:54:35	185:21:37	Après 3 EVA et utilisation du Rover
Rendez vous	15/12	01:10:15	187:37:15	
LM séparé	15/12	04:51:31	191:18:31	
TEI	16/12	23:35:09	234:02:09	MCC à 298:38:01
<b>Amerrissage</b>	<b>19/12</b>	<b>19:24:59</b>	<b>301:51:59</b>	<b>Pacifique 17°88 S 166°11 W</b>

**Apollo 18,19 et 20**

Prévues mais non réalisées en raison de l'arrêt du programme.

On peut les faire sur la base d'Apollo 11 par exemple, mais pour le moment les reliefs des sites d'alunissage ne sont pas modélisés

Les sites devaient être :

Apollo 18	Marius Hills	55°56 W	14°25 N
Apollo 19-20	Copernicus	19°99 W	06°67 N

**PAPYREF****Octobre 2007**