

Vues du Cockpit Virtuel.

Utiliser la touche **?** pour passer du L.M. au C.S.M. et réciproquement. Les modes visuels sont couplés et identiques quand on permute.

Sur la Lune ? permet d'alterner entre les deux astronautes si ils sont en EVA, et entre l'équipier au sol et le LM si un seul est sorti. Pendant la rentrée atmosphérique, une fois que le cône de protection des parachutes est largué, cette touche permettra de basculer entre le CM et le porte-avions USS HORNET. Mais ce sera possible que si le porte-avions attend. (Le vol n'a pas été abandonné prématurément)

Commandes générales -1-

Comd.

- **[Ctrl] K** en EVA lunaire permet "de supprimer" tous les échantillons de roche restants, ainsi il n'est plus nécessaire de les rechercher, ce qui permet d'activer la prochaine station EVA.

- **[Ctrl] K** quand on se trouve dans l'un des deux vaisseaux d'Apollo permet de **suspendre définitivement les dialogues avec l'ATC** qui sont synchronisés avec la valeur de **GET**.

Enlever les dialogue avec l'ATC est utile pour supprimer les retours permanents à x1 quand on désire effectuer une longue période avec l'accélération temporelle.

Commandes générales -2-

Comd.



4

- **[Ctrl] L** : Allumer / Éteindre les feux de balisage et les feux clignotants.

AMORTISSEUR de ROTATION.

Le LEM et le CSM ont un dispositif d'amortissement en rotation. En mode **ROT**, la touche "**5**" annule toute gyration, mais une fois l'immobilité obtenue, elle reste active durant quelques secondes. On peut alors engager tant qu'elle reste active des rotations qui s'annuleront automatiquement. Tant qu'une touche de rotation est maintenue, le mouvement persiste mais n'accélère pas. (Sauf si **KILLROT** s'est désactivé)

Le LEM est nerveux en rotation, penser à utiliser **[Ctrl]** pour gérer les mouvements plus finement. Si l'amortisseur de rotation est actif, en utilisation de **[Ctrl]**, la rotation constante sera plus lente.

ANNULATION des TRANSLATIONS.

En mode **LIN**, sur le CSM et le LM, la commande clavier **[Ctrl] 5** annule les deux dérives LATÉRALES mais pas la translation longitudinale. **[Ctrl] [MAJ] 5** annule les trois dérives. **ATTENTION** : Ces commandes sont refusées si l'une des translation dépasse 5 m/s.

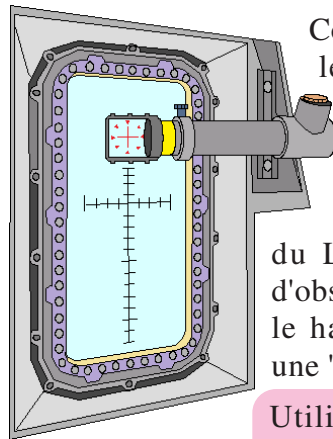
Note : Il semble que souvent **[CTRL] [MAJ] 5** ne fonctionne pas. Utiliser les RCS en manuel.

Désengager le pilote automatique :

👉 Touche **K** puis confirmation par



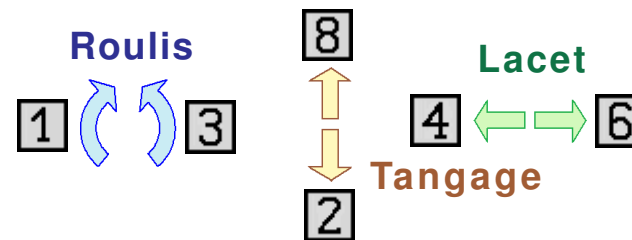
5



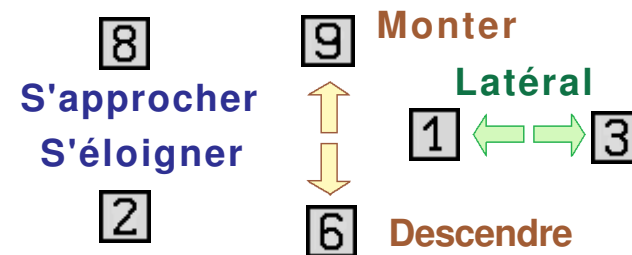
Comme on peut le voir sur le dessin de la page de couverture, quand on valide au clavier avec **[Ctrl] [Alt]** le collimateur d'accostage du LEM, le petit hublot d'observation est dirigé vers le haut. On effectue alors une "approche dorsale".

Utiliser pour afficher les paramètres du vol.

Touches pour les rotations :



Touches pour les translations :



ATTENTION : Ne pas actionner **Inser**, **Suppr** et du **pavé numérique** qui actionne le moteur orbital.



6

Décollage à l'heure H :

- **[F1]**, **[F8]** vue intérieure et cockpit Virtuel.
- **[Ctrl] P** pour commencer la mission.
- pour afficher les paramètres du vol.
- **"/** du pavé num pour passer en mode **LIN**. (Si on touche par mégarde aux commandes des RCS l'inconvénient est moindre)
- **Attendre H - 5 minutes.**
(Voir l'heure dans l'onglet **[Times]** en **p9**)
- Frapper **J** pour rétracter les passerelles de servitude. Les vapeurs de condensation entourent la Saturne V, la séquence automatique de tir débute. Plus rien à faire pour déclencher la procédure de décollage et **LOI** automatique.

ATTENTION, à partir d'ici toute double action sur **J** provoquera l'abandon du vol.

- Éventuellement couper l'avertisseur sonore du radar ainsi que la musique en vue extérieure :
 - **[F8]** pour passer en cockpit 2D.
 - **SEL** > **Radio / mp3 Panel** > **RAD**.
 - **MOD** : Jusqu'à afficher (now:always).
 - **OI** : Pour obtenir **MP3 status : disabled**.
 - **SEL** > **Orbit** > **[F8]** pour vue C.V.
- Éventuellement **[Ctrl] [Alt]** pour passer en place gauche. (Perte si vue ext)



En fin de compte à rebours **AP** s'affiche dans la ligne d'état du P.A.

Conseil important : Respecter l'heure exacte de lancement pour éviter les corrections brutales de trajectoires. (Respect fenêtre de tir)

Commandes L.M. / C.S.M.

Comd.

Collimateur du L.M.

Comd.

LE DÉCOLLAGE.

L.O.I.



7



Pas d'**Accélération temporelle**
durant le lancement, même à 10x.

Décollage Anticipé :

- Si un décollage immédiat est souhaité, utiliser **[Enter]** du pavé numérique. La séquence de tir et de LOI est immédiatement exécutée.

[Enter] est la touche qui alterne la poussée des moteurs orbitaux entre 100% et l'arrêt.

Profil de la séquence de L.O.I. :

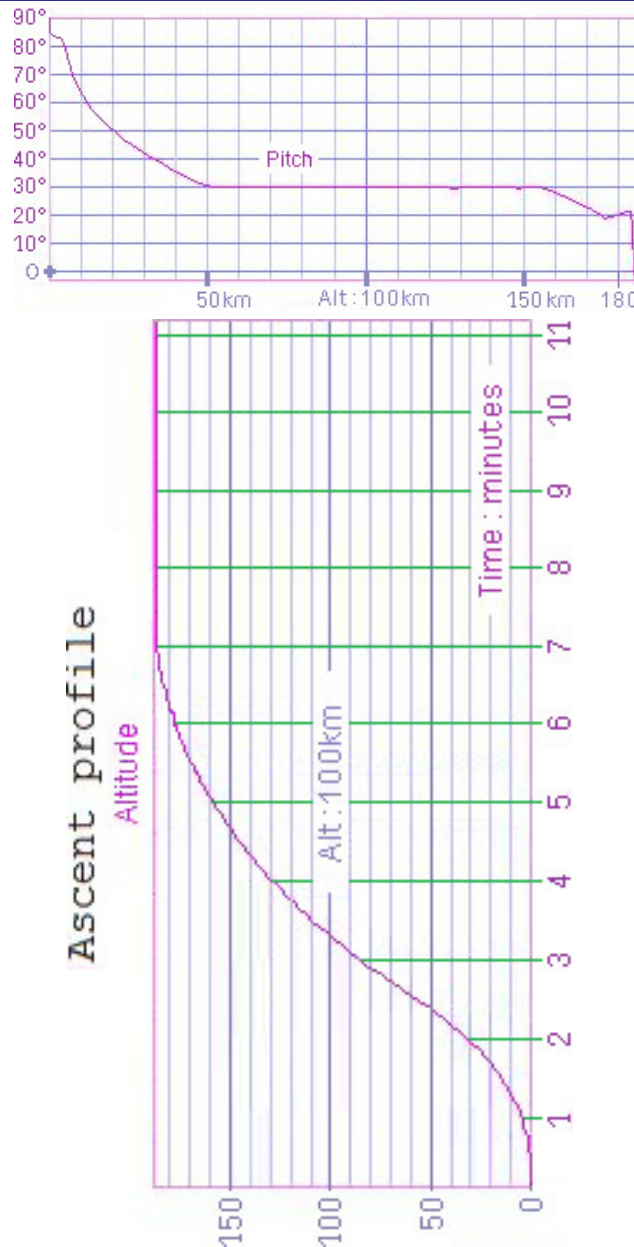
GET	ALT	GS	VS	FUEL
• 00:01:00 :	006.4k	0.2k	245.9	61.2%
• 00:01:30 :	016.7k	0.5k	441.9	42.0%
• 00:02:00 :	033.1k	1.0k	664.1	22.9%
• 00:02:30 :	056.7k	1.8k	875.5	05.4%
• 00:02:41 :	066.7k	2.1k	949.6	Étage 1
• 00:03:15 :	Largage de la tour d'évacuation.			
• 00:04:00 :	125.0k	2.4k	581.5	80.1%
• 00:04:30 :	141.8k	2.6k	486.1	72.0%
• 00:05:00 :	155.5k	2.9k	405.1	63.9%
• 00:05:30 :	166.1k	3.2k	326.8	55.8%
• 00:06:00 :	175.3k	3.5k	255.1	47.7%
• 00:07:00 :	186.6k	4.2k	83.3	31.4%
• 00:08:00 :	188.3k	5.1k	-7.6	16.9%
• 00:09:18 :	187.7k	6.4k	-3.6	Étage 2
• 00:10:00 :	187.4k	6.7k	3.6	92.3%
• 00:10:30 :	187.6k	6.9k	5.5	85.9%
• 00:11:00 :	187.7k	7.1k	2.2	79.7%
• 00:11:30 :	187.7k	7.3k	0.1	73.3%
(PeA encore négative : -186.5k)				
• 00:11:45 :	187.7k	7.4k	-0.3	70.2%

Low Orbit Injection.

L.O.I.



8



Profil L.O.I.

L.O.I.



9

Horaires historiques des lancements

Mission	décollage	(T-5 minutes)
Apollo 8	12h 51mn TU	("J" à 12h46')
Apollo 9	16h 00mn TU	("J" à 15h55')
Apollo 10	16h 49mn TU	("J" à 16h44')
Apollo 11	13h 32mn TU	("J" à 13h27')
Apollo 12	16h 22mn TU	("J" à 16h17')
Apollo 13	19h 13mn TU	("J" à 19h08')
Apollo 14	21h 03mn TU	("J" à 20h58')
Apollo 15	13h 34mn TU	("J" à 13h29')
Apollo 16	17h 54mn TU	("J" à 17h49')
Apollo 17	05h 33mn TU	("J" à 05h28')

Horaires historiques des T.L.I.

Mission	Heure TU	GET
Apollo 8	15h 57mn 05s	002 : 56 : 05
Apollo 9	Test du LM en orbite terrestre	
Apollo 10	19h 28mn 20s	002 : 39 : 20
Apollo 11	16h 16mn 15s	002 : 44 : 15
Apollo 12	19h 09mn 22s	002 : 47 : 22
Apollo 13	21h 48mn 46s	002 : 35 : 46
Apollo 14	23h 31mn 32s	002 : 28 : 32
Apollo 15	16h 25mn 00s	002 : 51 : 00
Apollo 16	20h 39mn 52s	002 : 35 : 52
Apollo 17	08h 47mn 40s	003 : 14 : 40

HORAIRES HISTORIQUES -1-

Times



10

Horaires des freinages de L.O.I.

Mission	Heure TU	GET
Apollo 8	09h 59mn 20s	069 : 08 : 20
Apollo 9	Test du LM en orbite terrestre	
Apollo 10	20h 44mn 54s	075 : 55 : 54
Apollo 11	17h 26mn 28s	075 : 54 : 28
Apollo 12	03h 44mn 53s	083 : 22 : 53
Apollo 13	Abandon de la mission	
Apollo 14	06h 59mn 40s	081 : 56 : 40
Apollo 15	04h 00mn 00s	078 : 26 : 00
Apollo 16	20h 20mn 27s	074 : 26 : 00
Apollo 17	19h 46mn 22s	086 : 13 : 22

Horaires historiques des D.O.I.

Mission	GET	Observation
Apollo 11	101 : 36 : 14	
Apollo 12	109 : 23 : 39	
Apollo 14	086 : 10 : 52	Effectuée par le CSM.
	105 : 11 : 46	Orbite CSM circularisée.
Apollo 15	082 : 39 : 49	Effectuée par le CSM.
	101 : 38 : 58	Orbite CSM circularisée.
Apollo 16	078 : 33 : 45	Effectuée par le CSM.
	103 : 21 : 43	Orbite CSM circularisée.
Apollo 17	090 : 31 : 37	Effectuée par le CSM.
	109 : 17 : 28	Orbite CSM circularisée.

HORAIRES HISTORIQUES -2-

Times



11

Vérification de l'alignement.

- Sur l'un des MFD : **SEL** > **Align Planes** > **TGT** > **moon** ↗. Si la valeur de **RInc** est inférieure à 5° il est inutile d'aligner les plans.
- Caractéristiques du 3ème étage :**
 - Temps d'allumage total : 475s.
 - Combustion pour 1% : Environ 4,8s.
 - Mise en orbite : Environ 145s.
 - Il reste environ 70% soit 330s au maximum.
- Une TLI exige pas moins de 310s. On ne peut pas réaliser une correction d'alignement des plans. Si **RInc** > 5° recommencer la mission.

Dans ce document, **Ex : Ap11** signifie que ce qui suit est un exemple donné pour Apollo 11.

Avancer la mission jusqu'à GET pour la TLI moins 30 min, IMFD calculera plus précisément. (Voir l'heure de T.L.I. onglet **[Times]** en p9)

Ex : Ap11 TLI > 2:44:16 - 0:30:00 ≈ 2:15:00

Préparation de IMFD 0 à gauche :

- SEL** > **Interplanetary** > **MNU** >
- MOD** pour **Configuration** >
- Vérifier **Mission Timer** : **GET** >
- MNU** > **Course** >
- Target Intercept** > **Set** > **TGT** > **moon** ↗.
- Utiliser **@** pour orienter la vue à loisir ou **PRJ** pour obtenir **Self** > Vérifier **Ref Earth**.

® Faire tourner la vue 3D : [MAJ] W

On observe à ce stade que la trajectoire prédite est très inclinée sur le plan de l'orbite actuelle.

Trans Lunar Injection - 1 -

T.L.I.



12

IMFD a calculé une trajectoire directe en mode d'allumage **Realtime mal adapté à une TLI** et ne tient pas compte des horaires historiques.

Les horaires sont modifiés par + et - avec :

Adj-1x modifie les Secondes.	} Passent en répétition.
Adj-10x modifie les Minutes.	
Adj-100x modifie les Heures.	

Respect de l'heure pour la LOI.

Le temps d'allumage pour une LOI est de l'ordre de 6 minutes. Pour ajuster la symétrie de l'orbite elliptique il faut allumer à BT/2 avant le périlune. Il faut donc ajuster le GET d'arrivée **TIn** à la valeur historique plus 3 minutes.

- Ajuster **TIn** pour son **GET** historique + 3min.

Ex : Ap11 75 : 54 : 28 + 3 min = 75 : 57 : 28

Respect de l'heure pour la TLI.

- Ajuster **TEJ** pour son **GET** historique .

Ex : Ap11 02 : 44 : 15

Préparation de IMFD 1 à droite :

- SEL** > **Interplanetary** > **MNU** >
- PG** > 0 ↗ pour **Shared ID-0** >
- Map** > **PRJ** pour **Self** > Vérifier **Ref Earth**.
- TGT** > **moon** ↗ > **PG** > **Plan** pour afficher la trajectoire calculée > **Int** > **Soi**.
- MOD** > **MOD** > **MOD** > **Time limit** >
- Set** > 800k ↗ pour afficher "l'aller/retour".
- MOD** > **MOD** > pour afficher la valeur de **Eqi**.
- PG** > **Sel** jusqu'à ce que **Pe 2 of 3** **Pe n/m** affiche le périlune. **Ref Moon**
- Cnt** > **r-moon** ↗ pour centrer sur le périlune.

Trans Lunar Injection - 2 -

T.L.I.



13

Lancement en Mode Offset.

Outre les horaires réels il faut respecter :

- * L'inclinaison **Eql** de l'orbite en **rotation rétrograde** (Rotation de l'est vers l'ouest) autour de la Lune qui favorise un retour balistique vers la Terre.

- * Respecter l'altitude du périlune historique.

Si **Eql** est compris entre +90° et -90° en passant par 180° l'insertion se fera en mode **Retrograde**.

On va utiliser l'allumage en mode Off-Axis favorable aux longues poussées :

- Changer **Realtime** en **Off-Axis**.

- Vérifier **Off Plane** de

Two Plane
Source Plane
Target Plane
Manual Tgt
Off Plane

Ajustement approximatif de l'Offset :

- **MOD** > **MOD** pour afficher la page contenant **Operation Modes** et afficher les graphiques.

- Sélectionner **Vel.Frame** de

Offset Disabled
ECL-Sphere
Vel.frame

- On lance vers l'extérieur : Vérifier **Prograde**.

La modification d'un paramètre interfère sur plusieurs valeurs désirées. Il faut procéder par approches successives pour arriver à respecter les valeurs **Lon 6.000°** désirées. Commencer par saisir les valeurs initiales : **Rad 8.500M**

Trans Lunar Injection -3-

T.L.I.



14

- Inclinaison orbitale : **0,69° Nord**.

Ex : Ap11

- Insertion **Rétrograde**.
- **PeA** lunaire de **112 km** pour une LOI en orbite elliptique de **112 km x 314 km**.
- Un BT de 330s au maximum.

Ajustement fin de l'Offset :

- 1) Sélectionner **Rad** et le modifier pour avoir **PeA** à $\approx 112k$ l'altitude d'insertion en LOI.
- 2) Avec **Lat** modifier **Eql** pour approcher le plus possible de celui désiré. (**179°** pour App11)

La plage de réglage pour **Eql** dépend de l'écart angulaire entre notre plan orbital et le plan équatorial lunaire. Comme pour les lancements ordinaires, on ne peut lancer avec un angle inférieur à **Rinc**. (Voir valeur p11)

- 3) La valeur de **PeA** a changé, la reprendre.
- 4) Sélectionner **Lon** et le modifier pour avoir la valeur de **GET** très proche de **75:57:28**. Modifier **Lon** fait changer **PeA**, et rectifier **Rad** change la valeur de **GET**. Il faut procéder par approximations successives avec des réglages alternés entre **GET** et **PeA** jusqu'à obtenir un résultat correct. (Délicat, mais incontournable)

- Si **Lon** \nearrow : **GET** \searrow et **PeA** \nearrow .
- Si **Lon** \searrow : **GET** \nearrow et **PeA** \searrow .
- Si **Rad** \nearrow : **GET** \nearrow et **PeA** \nearrow .
- Si **Rad** \searrow : **GET** \searrow et **PeA** \searrow .

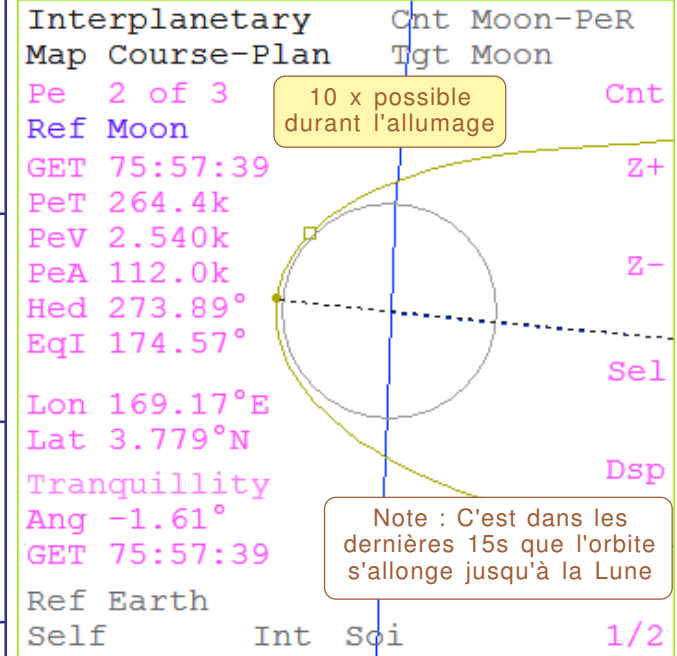
- 5) Procéder à une dernière retouche de **Lat** pour augmenter encore **Eql** si c'est possible.
- 6) **BV** > Vérifier un **BT** inférieur à 330s > **AB**.

Trans Lunar Injection -4-

T.L.I.

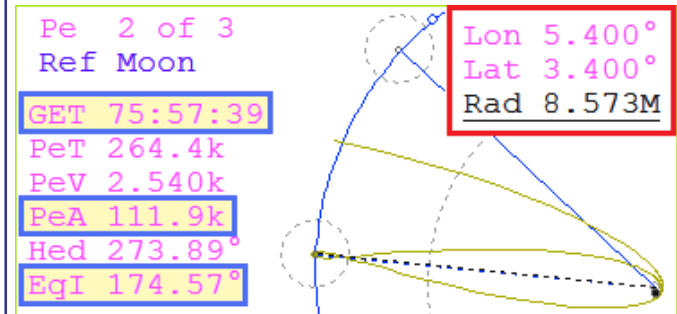


15



Les valeurs obtenues avec les ajustements encadrés en rouge imposent un **BT** tout à fait acceptable de 302.8 secondes.

On voit qu'il est possible de respecter avec précision la valeur du Périlune **PeA** et celle du **GET**. La valeur de **Eql** sera corrigée en route.





Trans Lunar Injection -5-

T.L.I.



16

Réalisé en phase de T.L.I. à un GET $\approx 3h$ à $4h$.
Ex : Ap11 Séparation 03h15min / Alt $\approx 7000Km$.

- **[F1]** pour passer dans le vaisseau.
 - **[F8]** pour intégrer le cockpit virtuel.
 -  pour afficher les paramètres de vol.
 - "/" pour passer les RCS en mode **LINéaire**.
 - **J** pour désaccoupler le CSM et dégager la coiffe en pétales du LM. Cette action déploie également les antennes à grand gain du CSM.
 - À $\approx 10m$ de distance utiliser **"9"** pour annuler la vitesse d'éloignement. Par petites touches en surveillant **RSz** puis avec **[Ctrl]**.
 - "/" pour passer les RCS en mode **ROTation**.
 - **[Ctrl] [Alt]**  : pour passer au poste du collimateur d'accostage du CSM.
 - **W** n fois pour obtenir un ZOOM optimal.
 - **"8"** environ une seconde pour pivoter en tangage. Le LM apparaît par le haut.
 - Immobiliser la rotation avec **"5"** quand le CSM est correctement orienté.
 - **"4"** et **"6"** pour aligner les croix en roulis.
 - "/" pour passer les RCS en mode **LINéaire**.
 - **"1,3 et 8,2"** pour aligner latéralement.
- Procéder par corrections lentes avec **[Ctrl]** et annuler éventuellement les translations latérales avec **[Ctrl] 5 pavé num**.
- Collimateur et cible parfaitement superposés **"6 pavé num"** pour avancer et s'accoupler. L'arrimage se produit quand la valeur de **Distance** devient nulle.
 - **J** pour désaccoupler le LM/CSM du dernier étage de la Saturne V.

EXTRACTION du L.M.

Ext. LEM



17


MI COURSE CORRECTION.

- Ex : Ap11** Réalisée pour un GET de 26:44:58
- "/" pour passer les RCS en mode **Rotation**.

Il suffit de procéder globalement comme pour la T.L.I. et de reprendre les réglages pour **Rad**, **Lon** et **Lat** afin de respecter au mieux l'altitude **PeA** et le temps **GET** pour atteindre le Périlune. Avancer la mission jusqu'au GET pour la MCC moins 30 min. (**Ex : Ap11** 26:14:58)

- IMFD de droite sera configuré comme déjà détaillé en p12 pour réaliser la TLI.

ATTENTION : La correction de trajectoire ne demande que quelques secondes de brûlure, elle doit se faire en Realtime et non en Off-Axis.

- **SEL** > **Interplanetary** > **MNU** >
- **MNU** > **Course** >
- **Target Intercept** > **Set** > **TGT** > **moon** .
- Ajuster **TIn** pour son **GET** historique + 3min.
Ex : Ap11 75 : 54 : 28 + 3 min = 75 : 57 : 28
- Changer **Off-Axis** en **Realtime**.
- Vérifier l'option **Off Plane** sélectionnée.
- **MOD** > **MOD** pour afficher le graphe et la page qui contient l'option **Operation Modes**.
- Choisir **Vel.Frame** comme déjà vu en p12.
- Reprendre la procédure de p14 pour affiner les valeurs de **PeA** et le temps **GET**.
- **BV** > Vérifier un **BT** de quelques s > **AB**.

Conseil : Choisir une valeur pour **PeA** un peu supérieure de 5k à 10k à celle souhaitée car **PeA** à tendance à diminuer légèrement dans le temps.

CORRECTION A MI COURSE.

M.C.C.



18

Préparation du MFD à droite :

- **SEL** > **Orbit** > **MNU** > **REF** : Moon > **DST**. Ce module servira à afficher l'évolution de l'orbite et les valeurs de **PeA** et de **ApA**.

Le temps d'allumage pour une LOI est de l'ordre de 6 minutes. Pour respecter l'heure de la LOI, il faut allumer à BT/2 avant le périlune. Il faut donc ajuster le **TEj** de mise à feu à la valeur historique moins 3 minutes.

Ex : Ap11 75 : 54 : 28 - 3 min = 75 : 51 : 28

Avancer la mission jusqu'au GET prévu pour la mise à feu moins 20 min pour ajuster IMFD.

Ex : Ap11 75 : 51 : 28 - 20 min \approx 75 : 30 : 00

Travail sur IMFD-0 à gauche :

On doit respecter :

- La valeur du périégée : **112 Km**. **Ex : Ap11**
- La valeur de l'apogée : **314 Km**.
- Le GET de la mise à feu **TEj** à \approx **75 : 51 : 28**. IMFD à gauche utilisant le module Course n'est plus pertinent car on est entré dans la SOI de la Lune. Il faut passer en mode **Delta Velocity**.
- **MNU** > **Course** > **Delta Velocity** > **Set**.
- Ajuster **GET** de **TEj** à **75 : 51 : nn**.
- Vérifier **dVp** et **dVi** à **0.000**.

Pour la valeur de **dVf** il faut donner une valeur négative car on veut freiner pour obtenir une diminution de la vitesse.

Note : Le module course n'affiche la valeur de l'Apogée **ApA** que si elle existe, c'est à dire à partir du moment où l'orbite devient elliptique.

Low Orbit Injection - 1 -

L.O.I.



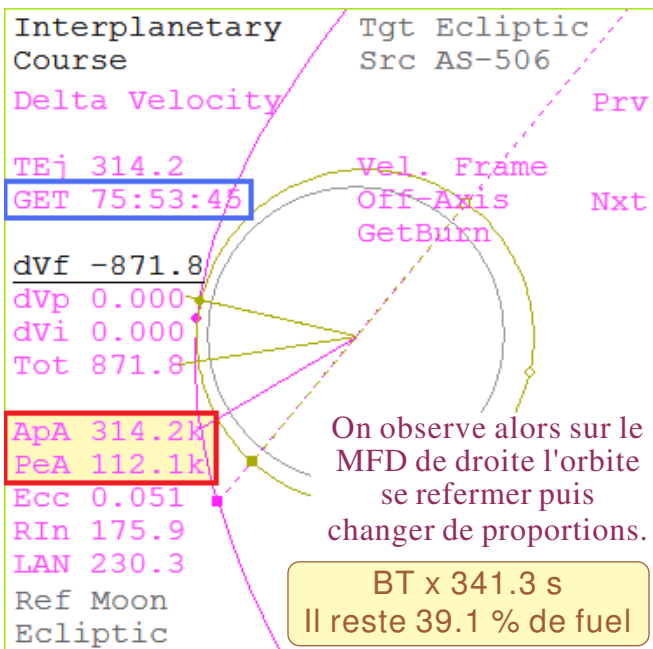
19

- Augmenter la valeur négative de **dVf** jusqu'à ce que l'orbite prédite soit fermée.
- Puis augmenter la valeur négative de **dVf** pour approcher 314 Km sur **ApA**. (≈ -871)
- L'apogée est correcte, mais le freinage étant trop anticipé on percute la Lune. Il faut donc augmenter la valeur du **GET** de **TEj**.

Plus on freinera tardivement, moins le périégée sera faible. Il faut donc procéder par approches successives avec des réglages alternés entre **GET** et **dVf** jusqu'à obtenir un résultat correct qui respecte **ApA** et **PeA**. Par contre **GET** sera forcément un peu différente.

- BV** > Vérifier un **BT** $\approx 345s$ > **AB**.

Il y a toujours un écart entre **ApA** et **PeA** calculés par IMFD et les valeurs après réalisation de la LOI.



Low Orbit Injection -2-

L.O.I.



20

Alignement du plan avec la base.

- En fin de LOI : **MNU** > **Map** > **MOD** >

Vérifier en bas à gauche de l'écran que c'est la base de la mission lunaire envisagée qui est indiquée.

Tranquillity
ApA 314.2k
PeA 112.1k
GL 314.2k
Ref Moon
Equator

Préparation du MFD à droite :

- SEL** > **Map** > **TGT** > Indexer "Base" ↵.
- [F8]** pour intégrer le cockpit virtuel.
- ↵ pour afficher les paramètres de vol.

- K** pour ouvrir le menu du pilote automatique.
- ↵ ou ↵ pour **Check orbit>base alignment**.
- ↵ pour valider l'option. Si la distance indiquée dépasse 20 Km Il faut utiliser l'option P31.

Actual Crossrange: -43.53 km <Max: 20 km>

- ↵ ou ↵ pour **Engage orbit>base alignment**.
- ↵ pour valider le programme P31.

Il reste 36.7 % de fuel

Circularisation de l'orbite.

- Avancer un peu avant le **GET** du vol. (81:00:00)
- K** pour ouvrir le menu du pilote automatique.
- ↵ ou ↵ pour indexer l'option :
Engage parking orbit circularization.
- ↵ pour valider le programme P19.

P19>RUN - Next burn : 267 ↵
Attente avant la prochaine mise à feu.

Généralement impose deux brûlures.

P19 circularise l'orbite du train complet ou du CSM seul autour de la Lune à l'altitude de 110 km, optimale pour effectuer le rendez-vous.

Il reste 32.2 % de fuel

Ajustement de l'orbite basse.

Orbite



21

Passer dans le L.M. :

- Attendre le GET correspondant à celui du vol historique. (**Ex : Ap11** 100:12:00)
- Les trois astronautes étant dans le CSM, utiliser **?** pour passer dans le L.M. Il est alors vide et inerte. En particulier la commande **↵** est sans effet.

ATTENTION : Attendre de se trouver dans le LM pour utiliser J, étant dans le CSM c'est la commande pour le larguer. Redocking impossible.

- Utiliser **J** pour activer l'énergie. L'éclairage s'allume et deux astronautes passent à bord. Le L.M. déploie son train d'alunissage.
- Éventuellement **↵** pour faire afficher en haut à gauche les paramètres du vol.

NOTE : À ce stade, des actions multiples sur J ne font qu'activer ou désactiver le L.M. et effectuer les transfert des astronautes.

Séparation avec le C.S.M. :

- [Ctrl] [Alt] ↵** pour regarder vers le haut à travers le hublot du collimateur d'accostage. Utiliser **W** et **X** pour zoomer à convenance.
- Utiliser **[Ctrl] D** pour désaccoupler.

ATTENTION, à partir d'ici toute double action sur "J" provoquera sans prévenir la séparation avec l'étage de descente.

- "/" num** pour passer les RCS en mode **LIN**.
- "2" num** durant $\approx 3s$ pour augmenter la vitesse d'éloignement et éviter les collisions.

Activer le L.M. ➤ Séparation.

Actv LEM



22

Descent Orbit Insertion.

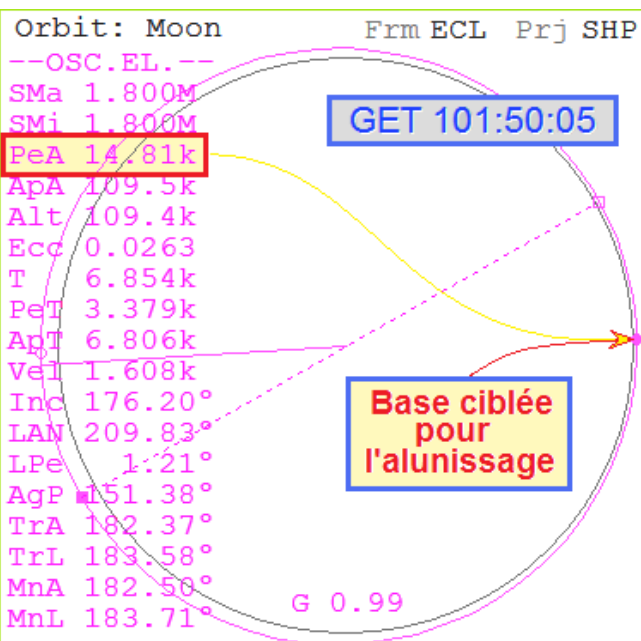
L'opération consiste à créer une orbite elliptique de descente avec un périégée de 15 km d'altitude exactement au dessus du site d'atterrissage. Elle débute à une distance d'éloignement de la base que l'on vient de survoler d'environ 4,9M. On peut surveiller **Dst** sur le MFD **Map** de base.

- Avancer la mission jusqu'au **GET** historique de cette phase moins 10 minutes environ.

Ex : Ap11 101:36:14 - 0:10:00 ≈ 101:26:00

- K** pour ouvrir le menu du pilote automatique.
- ← ou → pour indexer l'option **Engage DOI**.
- ↑ pour valider le programme P17.

P17>RUN - Next burn:1300



Insertion en orbite de descente.

(Horaire historique voir p10)

Alun.



23

Powered Descent Insertion.

L'allumage pour la PDI est déclenché ≈ 1h après réalisation de la DOI à environ 500 km du site. (280Nm soit environ 518Km)

La descente programmée se divise en trois phases qui s'enchaînent automatiquement si on ne coupe pas le pilote automatique et engage dans l'ordre les programmes P63, P64 et P65.

P63 : Rétro-freinage et guidage vers le site et descente jusqu'à la High Gate.

P64 : Approche jusqu'à la Low Gate.

P65 : Descente lente en quasi stationnaire.

Vitesses limites à l'atterrissage :
Verticale : -4 m/s Latérales : ± 2 m/s.

En principe la poussée de séparation aura modifié légèrement le plan orbital. Juste après la DOI il faut vérifier la non dérive du plan.

- K** pour ouvrir le menu du pilote automatique.
- pour indexer **Check PDI conditions**.
- ↑ pour valider la vérification.

You are go for PDI, window end in:1110 sec

- Si l'affichage n'est pas analogue à celui montré ci-dessus, reprendre la procédure d'alignement des plans P31 décrite en détails p20.

- Sur le MFD **Map** attendre de se trouver à environ **Dst** 1M de la base ciblée.

- ← ou → pour indexer l'option **Engage PDI**.
- ↑ pour valider le programme P63.

P63>RUN - Next burn:266

- Utiliser **K** pour couper l'alerte sonore si elle se déclenche sur niveau Fuel critique.

Insertion en descente finale -1-

Profil de la D.P.I.

Alun.



24

Dst base Km	Altitude Km	GS m/s	V.S. m/s	Thrust	Hovr	AOA	Fuel %
P63 > RUN - Brakin Phase.							
495.5	15.00	1698	-1.06	10.0	0.3	90°	96.6
480	14.86	1696	-0.77	10.0	0.3	90°	96.4
460	14.85	1692	-0.39	10.0	0.3	90°	96.2
450	14.85	1690	-0.24	93.1	2.9	90°	96.1
425	14.82	1645	-3.42	93.1	2.9	88°	93.6
400	14.75	1600	-6.70	93.1	3.0	89°	91.1
375	14.61	1550	-9.89	93.1	3.0	90°	88.3
350	14.42	1501	-12.6	93.1	3.1	92°	85.7
325	14.19	1448	-15.1	93.1	3.1	93°	82.9
300	13.90	1393	-17.3	93.1	3.2	94°	80.0
275	13.56	1333	-19.4	93.1	3.3	95°	76.9
250	13.17	1271	-21.1	93.1	3.3	96°	73.7
225	12.69	1201	-22.6	93.1	3.4	94°	70.5
200	12.22	1132	-24.2	93.1	3.5	86°	66.8
175	11.63	1054	-27.9	93.1	3.6	76°	63.1
150	10.94	968	-27.7	93.1	3.7	75°	59.0
125	10.18	870	-27.7	93.1	3.8	74°	54.4
100	9.32	757	-27.9	93.1	4.0	73°	49.4
75	8.29	617	-28.3	93.1	4.2	73°	43.3
60	7.52	529	-30.1	58.4	2.7	53°	39.6
50	6.90	487	-30.4	59.4	2.8	60°	37.6
30	5.62	371	-30.5	60.2	2.9	66°	32.6
25	5.17	334	-32.7	59.8	3.0	68°	31.1
20	4.61	292	-35.7	59.2	3.0	69°	29.4
15	3.92	245	-39.4	57.8	3.0	72°	27.5
10	2.93	186	-44.4	55.6	2.9	75°	25.1
9	2.67	172	-45.6	55.0	2.9	77°	24.5
P64 > RUN - Approach > TARGET CHANGE.							
8	2.40	156	-47.0	54.3	2.9	79°	23.8
7	2.01	140	-45.8	54.4	2.9	55°	23.2
6	1.67	127	-39.3	52.3	2.8	51°	22.4
5	1.36	113	-33.3	49.7	2.7	50°	21.6

Insertion en descente finale -2-

Les valeurs données dans ces profils de mission sont issues du P.A. de AMSO sur le vol Apollo 11.

DPI

Alun.



Dst base Km	Altitude Km	GS m/s	V.S. m/s	Thrust	Hovr	AOA	Fuel %
4 Km	1.06 km	97.3	-27.1	47.1	2.6	48°	20.8
3 Km	780 m	80.8	-21.1	44.3	2.5	47°	19.8
2.5 Km	650 m	71.3	-17.9	42.6	2.4	45°	19.3
2 Km	520 m	61.8	-14.8	41.0	2.3	44°	18.7
1 Km	280 m	39.5	-8.53	37.0	2.1	39°	17.3
900 m	260 m	36.8	-7.87	36.6	2.1	39°	17.1
800 m	240 m	34.1	-7.20	35.9	2.1	38°	16.9
700 m	220 m	31.4	-6.57	35.5	2.0	37°	16.7
600 m	200 m	28.4	-5.89	35.5	2.0	37°	16.5
500 m	180 m	25.2	-5.19	34.1	2.0	36°	16.3
400 m	150 m	21.7	-4.46	33.5	1.9	34°	16.0
300 m	130 m	18.1	-3.76	32.9	1.9	33°	15.7
200 m	110 m	13.9	-2.98	31.6	1.8	32°	15.4
150 m	100 m	11.5	-2.56	31.6	1.8	31°	15.1
100 m	90 m	8.75	-2.11	31.6	1.8	30°	14.9
P64 > RUN - Approach Phase.							
90 m	90 m	8.21	-2.03	31.6	1.8	30°	14.8
50 m	80 m	5.47	-1.62	31.5	1.7	31°	14.5
25 m	70 m	3.23	-1.33	31.5	1.7	35°	14.1
P65 > RUN - landing Phase.							
15 m	60 m	2.36	-1.54	28.0	1.6	50°	13.9
10 m	50 m	1.84	-1.53	28.0	1.6	62°	13.8
7 m	50 m	1.59	-1.48	28.0	1.6	70°	13.6
5 m	40 m	1.47	-1.40	28.0	1.6	74°	13.4
3 m	40 m	1.31	-1.27	28.0	1.7	78°	13.1
2 m	30 m	1.16	-1.15	28.0	1.7	82°	12.9
1 m	20 m	0.90	-0.90	28.0	1.7	85°	12.5
0.5 m	20 m	0.68	-0.68	28.0	1.7	86°	12.1
0.3 m	10 m	0.50	-0.50	28.0	1.6	87°	11.8
0.2 m	10 m	0.44	-0.44	28.0	1.6	88°	11.7
Début de soulèvement de poussière.							
0.1 m	10 m	0.31	-0.31	28.0	1.6	88°	11.3
0.25 m	000	000	0.00	0.0	0.0	0.0	10.5

Insertion en descente finale -3-

Ces valeurs sont forcément approximatives et seront légèrement différentes d'un vol à l'autre.

DPI

Alun.

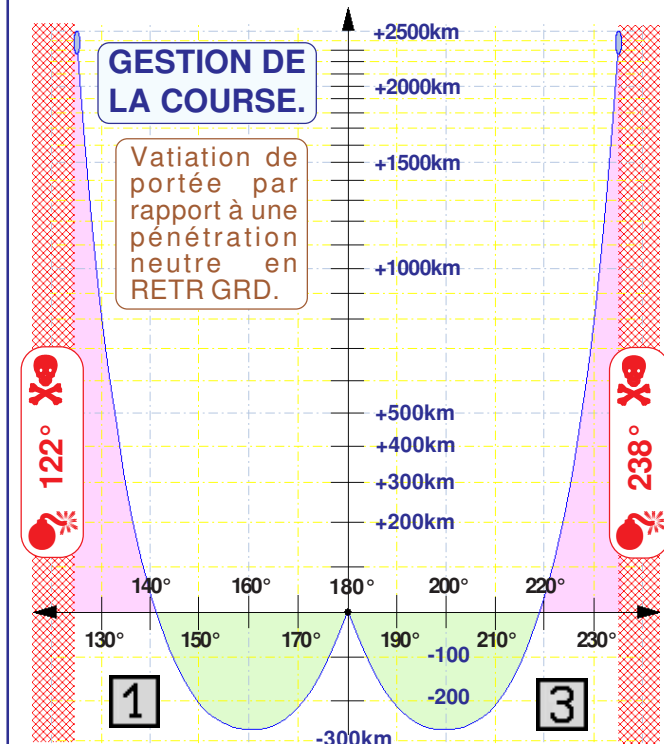
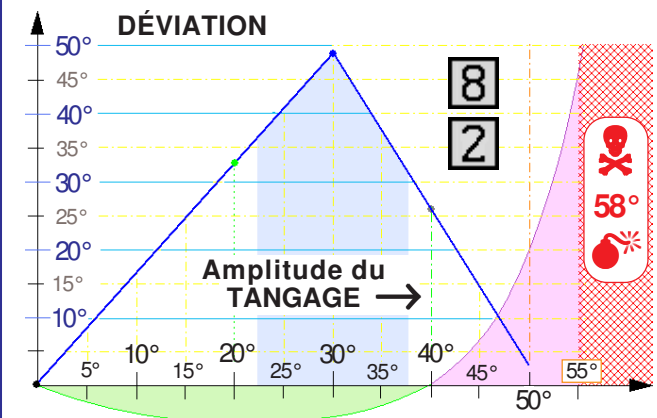
ALUNISSAGE EN MANUEL.

- Train spatial sur l'orbite de RDV circulaire d'altitude 110 Km et plan aligné avec le site.
- Au GET historique séparation du LEM puis à l'opposé du site freinage pour diminuer la valeur du périgée à 15 Km d'altitude.
- À 500 km orienter Rétrograde, avant vers le bas.
- À 450 km du site Hover 10% durant 26s *pour alignement vectoriel du moteur vers le centre de gravité du LEM* puis poussée maximale.
- Objectif : **High Gate** : Dst ≈ 8Km Alt ≈ 2300m. Début de trajectoire parallèle au sol. Incliner progressivement, la vitesse de descente nulle au départ va augmenter jusqu'à 20 m/s.
- À 200 km renversement avant vers le haut. *Le radar d'atterrissage accroche le sol et fournit les informations Altitude, Vitesse.*
- À 60 km diminuer la puissance à 60%. Contrôle du cabrage pour diminuer les vitesses horizontale et verticale. Contrôle simultané de direction en latéral pour pointer l'objectif. *La vitesse de descente augmente jusqu'à 47 m/s.*
- Objectif : **Low Gate** : Dst ≈ 700m Alt ≈ 150m. Si la trajectoire est nominale les vitesses horizontale et verticale seront respectivement de 66 km/h (18.3m/s) et 18 km/h (5 m/s).
- Descente finale à vitesse verticale inférieure à 3 m/s et horizontale inférieure à 2 m/s. Le LM est progressivement redressé en position verticale pour une meilleure vision du terrain. Localiser le point d'atterrissage avec l'échelle graduée en degrés gravée sur le hublot. (Landing Point Designator LPD)

Alunissage : Complément.

Alun.






Amplitude de la déviation LATÉRALE.



PILOTAGE MANUEL DU C.M -2-

Pil. C.M.

LES PANNES -1-

 <div>4</div>	 <div>5</div>	 <div>6</div>
<p>Si <input checked="" type="checkbox"/> Damage and failure simulation est coché dans l'onglet Parameters du Orbiter Launchpad AMSO peut aléatoirement générer des pannes.</p>		
<p>La probabilité de panne en standard est faible. [F12] une fois augmente la probabilité à 0,5%. [F12] deux fois la fait passer à 5%.</p>		
<p>Quand un défaut se produit les fonctions d'interface sont temporairement désactivées. La prise en charge de l'alerte avec J ou K coupe le klaxon, efface le message d'alerte et restitue toutes les commandes du vaisseau.</p>	<p>20% THRUST POWER LOST : Une perte de poussée de 20% peut se produire pendant n'importe quelle utilisation des moteurs orbitaux des vaisseaux Apollo ou du LM. La réaction appropriée dépend de la situation en cours : ABANDONNER la mission ou continuer avec l'espoir que la puissance perdue n'affectera pas trop le plan de vol. Si le problème se produit durant la montée de la Saturne V, l'arrêt des moteurs des étages 1 et 2 ne se produira pas. Par contre il y a un risque important d'obtenir un défaut du pilote automatique de la Saturne V car il ne peut plus assurer la bonne trajectoire.</p>	
<p>CARBURANT LEAK - DANGER OF EXPLOSION La fuite de carburant peut se produire quand Saturne V est sur le pas de tir ou sur le LM en mode de préparation de décollage. La seule parade de survie consiste en un ABANDON immédiat. Dix secondes après la venue de cette alarme c'est l'explosion.</p>	<p>SPS ENGINE MALFUCTION Se produit logiquement à l'allumage initial du moteur orbital du CSM lors de la première correction de trajectoire à mie course. Si une mise à feu initiale est réussie la probabilité d'un tel défaut postérieur est presque nulle. Il faut dans un tel cas de panne poursuivre la trajectoire en balistique "retour libre" et employer les RCS pour réaliser l'interface correcte de réentrée.</p>	<p>deviendra inerte. (On ne peut alors plus rien faire à bord) Ces 90 minutes de temps de fonctionnement ne sont décomptées que lorsqu'on se trouve à bord de ce vaisseau. (<i>Caméra sur le CSM</i>) Il faut passer à l'intérieur du LM le plus rapidement possible afin de réserver cette précieuse période d'autonomie restante pour la réentrée. À l'intérieur du CSM l'information POWER BUS: 28.0 Volt signale la consommation électrique. Cette tension commencera à diminuer 30 minutes avant que le CSM ne soit inutilisable. ATTENTION ! Un vaisseau opérationnel est impératif jusqu'à l'extraction du parachute principal et il faut soigneusement programmer la rentrée atmosphérique. On peut tenter d'utiliser le moteur principal du CSM, mais il y a une forte probabilité (<i>Risque de 5%</i>) qu'il engendre une explosion. Il importe donc d'employer le LM pour toutes les corrections de trajectoire, ce qui a été fait lors du vol réel de la mission AS-508.</p>
<p>HIGH VIBRATIONIS-POTENTIAL STRUCTURE DAMAGE Peut arriver pendant la mise à feu de n'importe quel moteur orbital sur les deux vaisseaux. L'arrêt immédiat des moteurs est la seule parade.</p> <p>AUTOPILOT MALFUNCTION - DISCONNECTED Peut se produire durant n'importe quelle utilisation de tous les pilotes automatiques dans les vaisseaux d'Apollo et du LM. Vous êtes désormais sans P.A. et le pilotage doit se poursuivre en manuel. Toutefois une réparation est réalisée au bout d'une heure et le P.A. redevient disponible.</p>	<p>PRESSURE NULL IN CRYO-TANK #2 Simule le problème rencontré sur Apollo 13. Dans le scénario fourni pour Apollo 13 il se produira à l'heure historique. (56^{ème} heure de la mission) Ce problème peut également se produire aléatoirement avec Apollo 11 et 12. (Mais pas après 100 heures écoulées dans la mission) On entend une forte explosion suivie de cette alarme. Le CSM restera opérationnel pour une durée totale de 1 heure 30 minutes puis</p>	<p>Manœuvre du train complet. Étant dans le LEM, à partir de GET = 71:30 la touche K valide P13 Delta-V for burn: 0.0 M/S : Procédure d'utilisation :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Définir la valeur désirée pour le ΔV. <div> <div>←</div> Diminue et <div>→</div> Augmente la valeur de ΔV. <div>↓</div> alterne l'incrément entre 0,5m/s et 10m/s. </div> 2) Orienter le  dans la direction souhaitée. 3)  engage le programme P13, la mise à feu se produit 180 secondes plus tard. (Orientation)
<p>LES PANNES -2-</p>	<p>LES PANNES -3-</p>	<p>LES PANNES -4-</p>
<div>PANNES</div>	<div>PANNES</div>	<div>PANNES</div>



7

DÉBUTER UNE EVA LUNAIRE.

Une fois le LM posé appuyer sur **K** provoque l'EVA du premier astronaute qui se retrouve près du pied de la jambe du LM qui porte l'échelle. Pour faire sortir l'autre équipier, passer à bord du LEM avec **?** et appuyer sur **K**.

Quand il n'y a personne à l'intérieur le LM est totalement inerte. On ne peut pas quitter la Lune sans la présence d'au moins un pilote à son bord.

>>> EVA1 >1 Dis: 43m - time: 18

Positions de référence d'EVA. Le nombre de > ou de < est proportionnel à la valeur du gisement.

Durée actuelle de l'EVA en cours (En minutes)

Distance nous séparant de la zone d'EVA

Numéro de l'EVA en cours et indiquée par un > suivi de son N° d'ordre la zone explorée.

REVENIR À BORD DU LM .

Prendre le contrôle de l'astronaute avec **?** puis le ramener à proximité du pied de la jambe du LM qui supporte l'échelle. Appuyer sur **J** pour le faire rentrer dans le module lunaire.

On ne peut pas monter à bord si dans les mains on possède un ustensile autre que l'expérience de capture de particules du vent solaire. C'est le seul système que l'on peut emporter lors du retour dans le LM.

Par contre il ne faut pas oublier de la récupérer quand on achève le dernier déplacement d'EVA.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -1-

E.V.A.



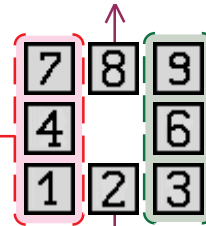
8

SE DÉPLACER.

Les touches passent en répétition.

TOURNER à GAUCHE

AVANCER



En répétition on marche plus rapidement ≈ 30%.

TOURNER à DROITE

RECULER

7 et 8 : Avancer et tourner à gauche.

8 et 9 : Avancer et tourner à droite.

1 et 2 : Reculer et tourner à gauche.

2 et 3 : Reculer et tourner à droite.

MOUVEMENT VERROUILLÉ.

Touche(s) de déplacement enfoncée, appuyer sur pavé num provoque la continuité du mouvement même si on change d'équipier. La ligne d'état de l'EVA pilotée se complète avec **LOCK**. Une nouvelle action sur pavé num annule la consigne. Les deux astronautes peuvent être simultanément en déplacement permanent.

FATIGUE. En se déplaçant l'astronaute se fatigue. Lors de l'épuisement le bruit de la respiration devient plus fort et plus rapide. Il ne peut plus accélérer et fait de plus petites étapes avec des pauses. Une promenade continue de 20 min l'épuisera totalement. Trop épuisé il n'avance plus, il faut attendre pour qu'il récupère du souffle. Il récupérera 20% plus vite, s'il est assis à bord du Rover lunaire.

Sauter fatigue plus que de marcher.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -2-

E.V.A.



9

TRAVAILLER SUR LA LUNE.

SAISIR sur le LEM un ustensile.

Se placer à la base juste sur les côtés où les compartiments matériels sont localisés entre les jambes du train. Frapper **J** pour saisir l'objet.

L'astronaute doit avoir les mains libres.

ORDRE DE DISTRIBUTION :

1 - L'antenne parapluie bande S.

(Pour les missions Apollo 12 à 14)

2 - Le drapeau des USA.

3 - L'expérience de vent solaire.

4 - Le magnétomètre.

5 - Le télescope UV.

6 - La station automatique.

7 - Le SEP.

8 - La foreuse.

DÉPOSER sur le sol un ustensile.

Il suffit de s'éloigner d'au moins 8 mètres du LM pour pouvoir le déposer sur le sol en utilisant **J**.

REPRENDRE sur le sol un ustensile.

Mains vides et à moins de 1,5 m de n'importe quels système déjà installés **J** permet de le reprendre pour le déplacer ailleurs.

Utilisation de la FOREUSE.

Conçue pour réaliser des carottes d'échantillons souterrains il faut se placer à proximité. **K** active la machine **YOU ARE DRILLING A CARROT**.

Quand le message disparaît **K** permet de stocker l'échantillon : **STORING CARROT**. Pour réaliser un autre carottage il faut déplacer la foreuse. Ces opérations exigent deux minutes durant lesquelles on ne peut rien faire d'autre.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -3-

E.V.A.



10

TRAVAILLER SUR LA LUNE.

RÉCOLTE des ROCHES LUNAIRES.

Pour l'astronaute la distance indiquée dans la ligne d'état est le centre du secteur où six échantillons de roche ont été générés aléatoirement. Il faut trouver ces roches pour les rassembler. **J** à moins de 1,5 mètre permet de ramasser la pierre.

Repérer les roches à ramasser.

Première méthode relativement simple :

- **[F4]** > **Camera ...** > **Track** > sélectionner l'option **Movable target-relative**.
- **[F4]** > **Camera ...** > sélectionner dans la liste **Moon_rock n** > **BGS** deux fois ou **OK**.

La caméra d'ORBITER focalisera sur cette roche. Maintenant en déplaçant l'orientation de la caméra nous pouvons évaluer la position de la roche, relativement à l'astronaute ou tout autre objet. Pour continuer la mission il faut reprendre la gestion de l'astronaute avec **Select Ship ...**

Deuxième méthode évidente :

- **[Ctrl]** **[F9]** pour obtenir **Visual helpers**.
 - Onglet **Planetarium** cocher ☒ **Vessels**.
 - Décocher éventuellement toutes les autres options d'affichage sauf ☒ **Planetarium mode** **[F9]**.
- Toutes les roches sont alors montrées par le truchement du mode planetarium.

Surveyor III et Apollo 12.

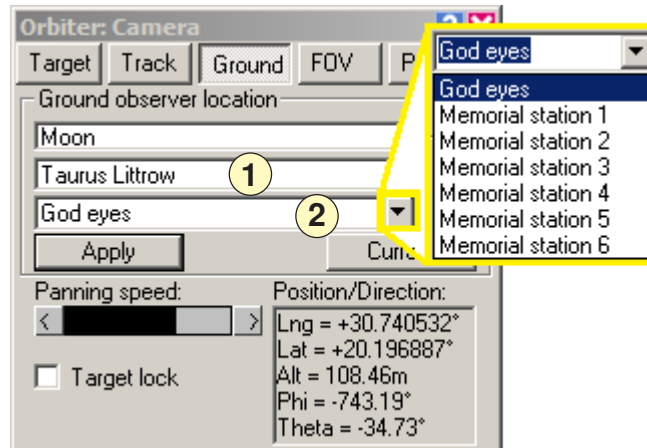
Pour la mission Apollo 12 on doit retrouver la sonde Surveyor III. Puis s'y rendre et utiliser **J** pour récupérer son appareil photographique.



11

Conseils pour le visuel.

L'observation EVA est agréable si dans le menu caméra obtenu avec le raccourci **[Ctrl]** **[F1]** on sélectionne l'option **Ground**.



Par défaut en **1** est indexé le site actuel mais on peut choisir tout autre endroit de la liste. **God eyes** est affiché en **2** par défaut mais si d'autres choix sont listés on peut indexer et valider avec **Apply**. La molette de la souris modifie le paramètre **Alt** qui est la hauteur d'observation.

☒ **Target lock** cochée la souris déplacée avec le **BDS** enfoncé modifie **Lng** et **Lat** de la caméra. L'orientation reste figée sur l'astronaute pris en charge par la commande **?**.

☐ **Target lock** décochée la souris déplacée avec le **BDS** modifie son orientation **Phi** et **Thêta**. **Panning speed** modifie la sensibilité des variations en hauteur ou des translations de position.

Penser à sauvegarder les points de vues utiles avec l'option **Add** de l'onglet **Preset**.



12

TRAVAILLER SUR LA LUNE.

Programme d'une EVA lunaire.

Pour chaque EVA effectuée il y a plusieurs zones à visiter. Depuis Apollo 15 elles peuvent être très lointaines et exigeront de se déplacer avec le LRV. Dès que toutes les roches d'une zone sont rassemblées, si l'EVA présente une autre zone à visiter, un nouvel ensemble d'échantillons de roches sera généré dans la prochaine région. La génération se réitère jusqu'à ce que la dernière région prévue pour cet EVA soit visitée.

Après avoir rassemblé tous les échantillons rocheux de la dernière région il n'y aura plus de génération de roches. Pour faciliter le retour la références de distance devient alors celles du LM que l'on soit à pied ou dans le LRV.

Terminer une EVA lunaire.

Pour terminer une EVA il faut avoir rassemblé tous les échantillons de roche programmés puis ramener les deux astronautes dans le LEM.

Si toutes les roches n'ont pas été récoltées dans une zone on reste dans la même EVA jusqu'à ce que le dernier échantillon soit récupéré.

Si on ne veut pas rechercher l'intégralité des roches, la commande **[Ctrl]** **K** permet à tout moment d'**éliminer toutes les roches restantes de la zone en cours** d'exploration.

EVA supplémentaires.

On peut réaliser plus d'EVA que programmé lors de la mission historique. Le compteur EVA sera incrémenté mais aucun nouvel échantillon de roche ne sera généré et l'information de distance concernera la position du LM.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -4-

E.V.A.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -5-

E.V.A.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -6-

E.V.A.



13

Compléments sur les EVA lunaires.

Le "point" du pavé numérique permet d'exécuter un Salto vers l'avant. Le "0" du pavé numérique est utilisé pour exécuter un Salto arrière. Ces figures sont purement fictives et récréatives.

Les visières en activité d'EVA :

- **[Ctrl] L** contrôle la visière transparente principale "gold".
- **[MAJ] L** contrôle les visières opaques latérales.
- **[Ctrl] [MAJ] L** contrôle la visière opaque frontale si elle existe.

Ces commandes ne sont pas indépendantes. Une logique est mise en œuvre pour recréer la réalité. Par exemple, si toutes les visières sont déployées il suffit d'utiliser **[Ctrl] L** pour rétracter tous les écrans de protection.

(Effet visible en vue extérieure uniquement)

DIVERS SITES D'ALUNISSAGES

Apollo	Base	Longitude	Latitude
11	Tranquility-Base	23.43E	0.69N
12	Oceanus Procellaru	23.41W	3.01S
13	Prévu : Fra Mauro	17.47W	3.65S
14	Fra Mauro Base	17.47W	3.65S
15	Hadley-Apennine	03.63E	26.13N
16	Descartes	15.50E	8.97S
17	Taurus Littrow	30.77E	20.19N

(Complément p18)



14

ARRÊT DES OPÉRATIONS LUNAIRES :

Durant le séjour lunaire, étant dans le LM la touche **ENTER num** peut déclencher un ABANDON DE LA MISSION **sans confirmation** avec remontée. Seule condition incontournable : Un astronautes au moins doit se trouver à bord. Dans cette procédure d'urgence, la position du CSM, relativement à la position de la base d'alunissage est ignorée et le pilote automatique engagera P71 : **ABORT-STAGE**. (Voir p2)

AUTONOMIE EN OXYGÈNE.

À moins de 30mn d'autonomie en oxygène, le message **WARNING** sera ajouté à la ligne d'affichage d'état. Quand on entame la réserve des 10 dernière minutes il se change en **DANGER**. Non revenu à l'intérieur du LM à temps, c'est la mort : **YOU ARE DEAD** couché sur le sol lunaire face contre terre.

Apollo 11 : EVA1 160 min (2h40mn)

Apollo 12 : EVA1 205 min (3h25mn)
EVA2 205mn (3h25mn)

Apollo 14 : EVA1 255mn (4h15mn)
EVA2 255mn (4h15mn)

Apollo 15 : EVA1 420mn (7h)
EVA2 420mn (7h)
EVA3 360mn (6h)

Apollo 16 et 17 : (1)

Toutes les EVA font 420mn (7h)

Il faut ajouter la réserve des 10 minutes pour trouver l'autonomie totale en oxygène.

(1) Ainsi que les missions factices Apollo 18-19.



15

LE ROVER LUNAIRE.

À partir d'Apollo 15 la touche **K** déclenche la procédure authentique de déploiement du Rover lunaire. (Lunar Roving Vehicle)

Pour le Rover lunaire la distance indiquée dans la ligne d'état est le centre de la région d'EVA.

Pour monter sur le LRV se placer à l'un de ses côtés et activer **J**. L'astronaute peut monter dans le Rover tout en portant la foreuse. Dans ce cas quand il débarque elle reste dans ses mains.

La conduite du Rover est identique à celle des astronautes. (Ajoute **Speed: 6.3 m/s** en ligne d'état)

La touche **0** constitue le frein. Pour tourner il faut se déplacer. Pour effectuer un virage serré à vitesse réduite maintenir une touche de rotation enfoncée et donner de courtes frappes sur **8** ou **2**.

Descendre du véhicule avec **J** ou la touche **K** pour débarquer l'explorateur n°2 en premier.

Gestion de la température des piles.

Se déplacer avec le Rover augmente la température du pack des piles. Après ≈ 6 à 7 minutes de déplacement à pleine vitesse le message **OVERHEAT** s'ajoute dans la ligne d'état et la vitesse maximale possible diminue.

Étant à bord il faut ouvrir à chaque station les **couvercles de protection** des miroirs du radiateur thermique avec la commande **[Ctrl] L**. Ces obturateurs se ferment automatiquement lorsqu'on redémarre ou lorsque la température des piles est assez faible. Oublier de les ouvrir, la température ne diminue que très lentement. Ouvert, la dissipation reste inférieure à 20 min.

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -7-

E.V.A.	

ACTIVITÉS EVA LUNAIRES -8-

E.V.A.	

UTILISATION DU ROVER.

	ROVER



16

À partir d'Apollo 15 le compartiment SIM des instruments placé sur le CSM est simulé. L'option dans la ligne des commandes n'est affichée dans le menu que si elle est valide mais laisse la liberté du moment. *Par exemple, tant que le panneau du compartiment SIM n'est pas largué les autres commandes ne sont pas disponibles mais on peut commencer l'EVA même si la TEI n'a pas été effectuée.*

Fonctionne en vue Ext. et permet d'observer l'action.

Largage du panneau du compartiment SIM.

K > [→] jusqu'à **Jettison SIM bay panel** > [↑].

L'intérieur peint en noir n'est pas toujours visible.

Libération d'un satellite secondaire.

K > [→] jusqu'à **Deploy Sub-satellite** > [↑].

Déployer ou rétracter le magnétomètre.

K > [→] jusqu'à **Deploy Magnetometers** > [↑].

Durant le séjour du LEM sur la Lune alors que deux appareils photos enregistrent des images.

K > [→] jusqu'à **Stow Magnetometers** > [↑].

EVA dans l'espace autour du CSM.

Le LEM est revenu et les trois astronautes sont à bord.

K > [→] jusqu'à **Start EVA** > [↑]. (LIN/ROT)

LIN - EVA time:8 - Cassette#1:0.42 - Cassette#2:1.30

Commandes standard d'ORBITER pour les déplacements. [Ctrl] pour des rotations fines.

La touche K permet de réaliser **<KILL-LINEAR>**.

Cette fonction annulera toutes les vitesses linéaires par rapport au CSM y compris si l'astronaute est en train de subir une rotation.



17

<KILL-LINEAR> en mode LIN reste actif durant la translation et freine les déplacements.

Persiste durant 5 secondes après immobilisation relative permettant de relancer un mouvement.

En EVA ? permet de commuter la focalisation caméra entre l'astronaute et le CSM. **Caméra sur le CSM** la ligne d'état n'est plus affichée.

Récupérer les cassettes de film.

La main gauche de l'astronaute doit être à moins de 5 centimètres de la cassette pour qu'elle soit saisie automatiquement. Un bruit se fait entendre et la ligne d'état affiche **Cassette#1 IN HAND**.

La cassette sera automatiquement stockée dans le CSM quand la main gauche est amenée un peu à l'intérieur de l'ouverture du sas. Un bruit est entendu et les informations sur cette cassette disparaissent de la ligne d'affichage.

Terminer l'EVA autour du CSM.

Il faut revenir à l'intérieur du CSM par le sas *et se placer avec PRÉCISION sur le siège central*. On se retrouve automatiquement en position normale et la trappe du sas se referme. On peut entrer avec une cassette en main.

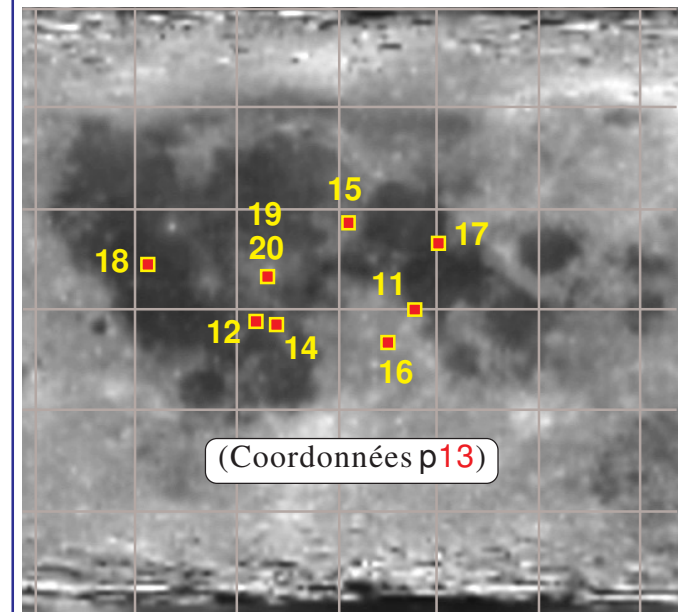
Autonomie en oxygène.

Elle est de 60 minutes. Après 45 minutes **WARNING** sera visualisé dans la ligne d'état et **DANGER** 5 minutes avant la fin de l'autonomie en oxygène. Non rentré dans le CM avant ce délai c'est **YOU ARE DEAD**, l'astronaute devient inerte et la trappe se referme automatiquement. ? permet alors de reprendre le contrôle du CSM.



18

Mission	Vol	Site d'alunissage
Apollo 8	AS503	
Apollo 9	AS504	
Apollo 10	AS505	
Apollo 11	AS506	Tranquillity
Apollo 12	AS507	Oceanus procellarum
Apollo 13	AS508	
Apollo 14	AS509	Fra Mauro
Apollo 15	AS510	Hadley Apennine
Apollo 16	AS511	Descartes
Apollo 17	AS512	Taurus Littrow
<i>Envisagés mais abandonnés</i>		
Apollo 18	AS513	Marus Hills
Apollo 19	AS514	Copernicus
Apollo 20	AS515	Copernicus



EVA autour du CSM -1-

EVA CSM

EVA autour du CSM -2-

EVA CSM

SITES D'ALUNISSAGE.

Travail sur la Lune.

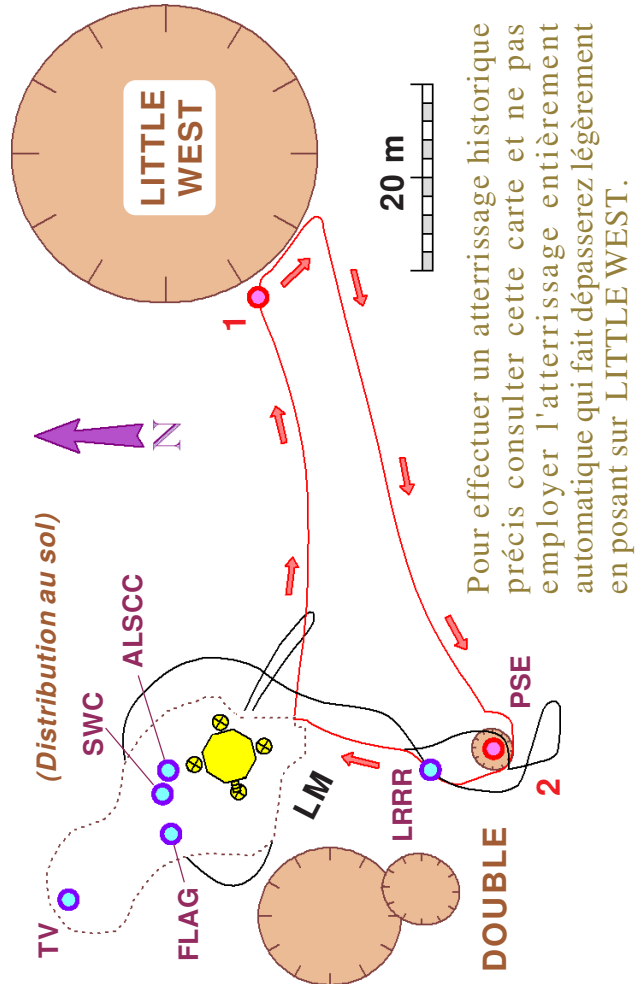
Sites



19

APOLLO 11. AS506**EVA 1** (Autonomie 2h40min) (Une seule EVA)

Déployer l'antenne à grand gain et le drapeau. Installer tout le matériel de laboratoire sur la Lune. Ne pas oublier de récupérer l'expérience sur le vent solaire avant de réintégrer le LM.

**TRAVAIL en EVA lunaire -1-**

EVA

Sites



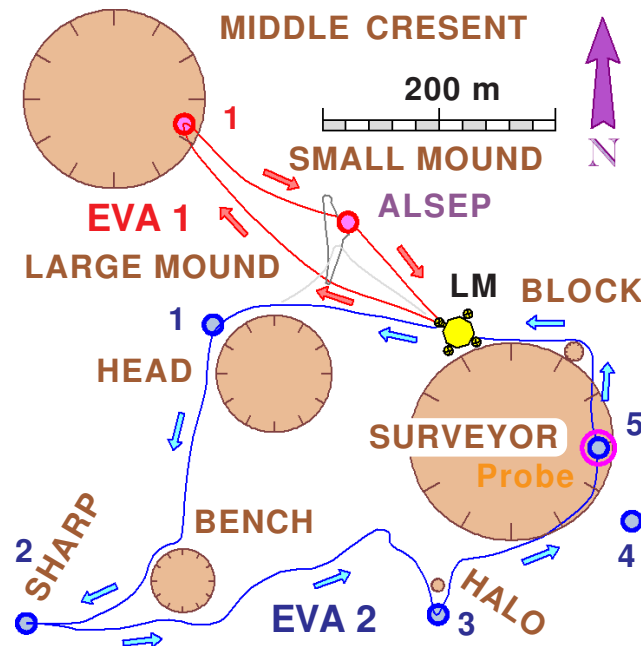
20

APOLLO 12. AS507**EVA 1** (Autonomie 3h25min) (Une seule station)

Déployer l'antenne parapluie à grand gain et le drapeau des USA. Installer tout le matériel de laboratoire sur la Lune. (ALSEP)

1 : Utiliser la foreuse sur MIDDLE CRESENT.**EVA 2** (Autonomie 3h25min)**1** : Proche du cratère HEAD.**2** : À l'Ouest du cratère BENCH zone SHARP.**3** : Collecte de roche délicate au sud de HALO.**4** : Recherche de la sonde Surveyor III.**5** : Récupérer les cassettes de film.

Ne pas oublier de récupérer l'expérience relative au vent solaire avant de réintégrer le LM.

**TRAVAIL en EVA lunaire -2-**

Sites



21

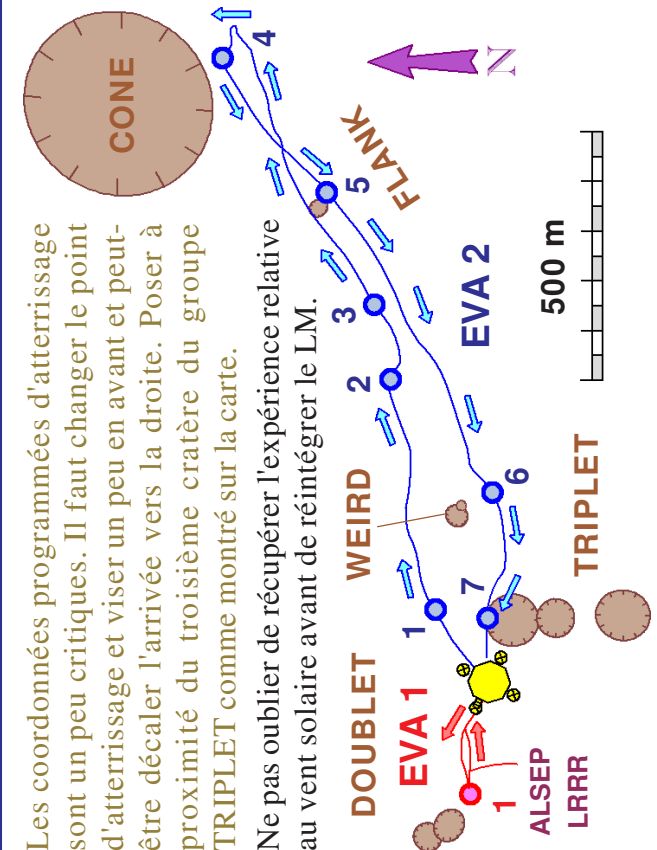
APOLLO 14. AS509**EVA 1** (Autonomie 4h15min)

Déployer tout le matériel et le drapeau.

1 : Près du groupe de cratère DOUBLET se trouvent les premiers échantillons.

EVA 2 (Autonomie 4h15min)

EVA longue et difficile. Pour réussir, il faut que les deux astronautes explorent simultanément.

4 : Forer le sol et obtenir des échantillons.

Les coordonnées programmées d'atterrissage sont un peu critiques. Il faut changer le point d'atterrissage et viser un peu en avant et peut-être décaler l'arrivée vers la droite. Poser à proximité du troisième cratère du groupe TRIPLET comme montré sur la carte.

Ne pas oublier de récupérer l'expérience relative au vent solaire avant de réintégrer le LM.

TRAVAIL en EVA lunaire -3-

Sites



22

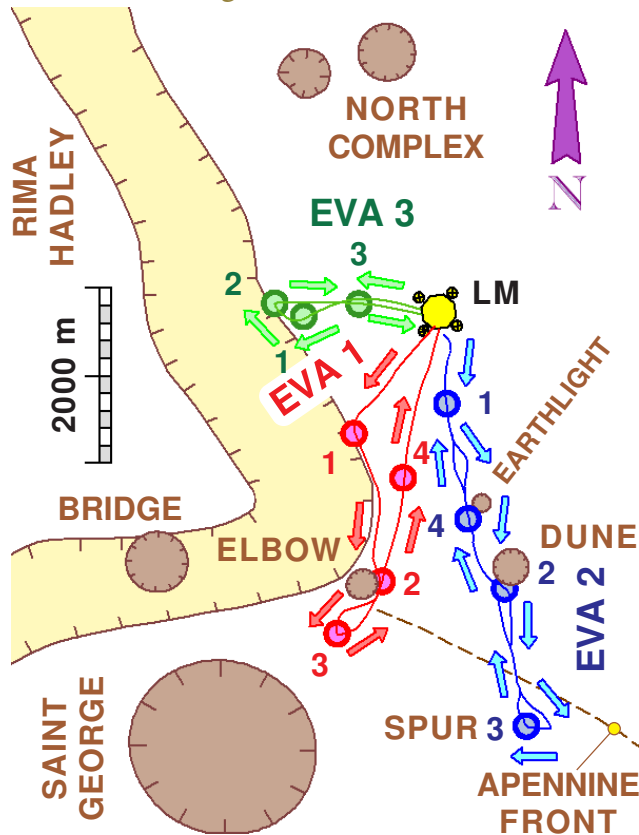
APOLLO 15. AS510 (LRV)**EVA 1** (Autonomie 7h)

Déployer tout le matériel et le rover lunaire.

EVA 2 (Autonomie 7h)**EVA 3** (Autonomie 6h)

Ne pas oublier de récupérer l'expérience relative au vent solaire avant de réintégrer le LM.

Éviter le petit cratère sur les coordonnées d'atterrissage programmées. Aller un peu en avant et vers la gauche.

**TRAVAIL en EVA lunaire -4-**

Sites



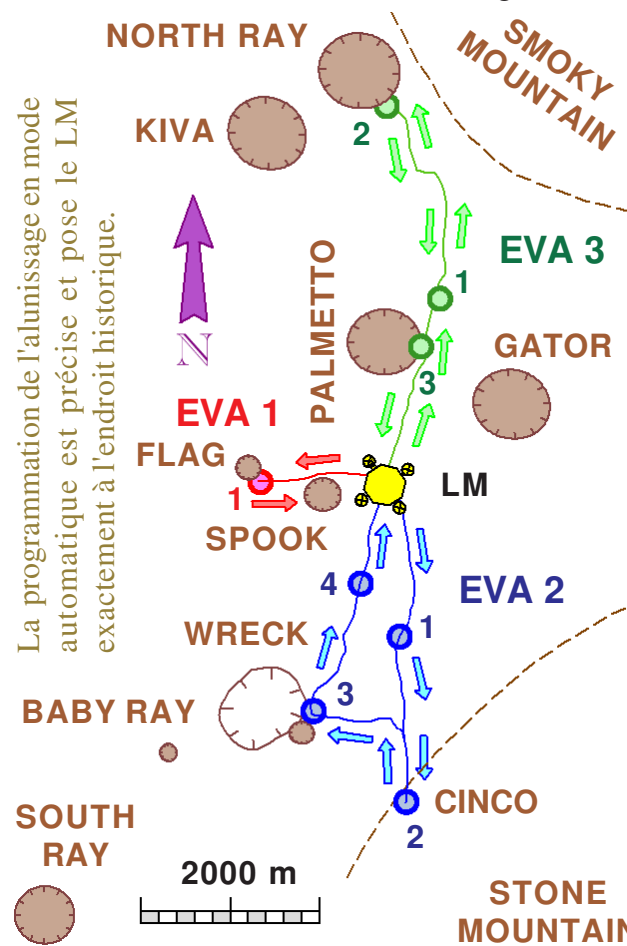
23

APOLLO 16. AS511 (LRV)**EVA 1** (Autonomie 7h)

Déployer tout le matériel et le rover lunaire.

EVA 2 (Autonomie 7h)**EVA 3** (Autonomie 7h)

Ne pas oublier de récupérer l'expérience relative au vent solaire avant de réintégrer le LM.

**TRAVAIL en EVA lunaire -5-**

Sites



24

APOLLO 17. AS512**EVA 1** (Autonomie 7h)

Déployer tout le matériel et le rover lunaire.

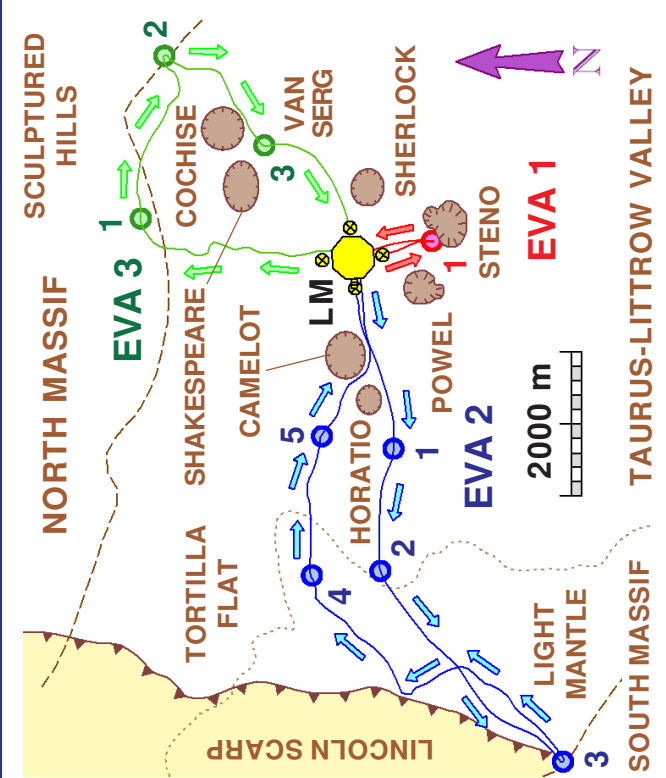
EVA 2 (Autonomie 7h) (Effectuée en LRV)

4 : Forer le sol et obtenir des échantillons.

EVA 3 (Autonomie 7h) (Effectuée en LRV)

Ne pas oublier de récupérer l'expérience relative au vent solaire avant de réintégrer le LM.

La programmation de l'alunissage en mode automatique est précise et pose le LM exactement à l'endroit historique prévu.

**TRAVAIL en EVA lunaire -6-**

Sites



25

Apollo 11 et Apollo 12 : RDV avec le CSM en deux orbites. Enchaîne P32 à P35 et P40.
À partir d'Apollo 14 : RDV direct durant la première orbite de l'étage de remontée. Procédure qui enchaîne P33, P34, P35 et P41.
Le LM a toujours pour cible le CSM.
 P32, P33, P34 et P35 sont des programmes de poursuite de cible alors que P40 et P41 sont des programmes de correction de trajectoire.

Horaires historiques des Lift off.

Mission	Heure TU	GET
Apollo 11	17h 54mn 00s	124 : 22 : 00
Apollo 12	14h 24mn 47s	142 : 03 : 47
Apollo 14	18h 48mn 42s	141 : 45 : 40
Apollo 15	17h 11mn 23s	171 : 37 : 23
Apollo 16	01h 25mn 47s	175 : 31 : 47
Apollo 17	22h 54mn 35s	185 : 21 : 37

PROCÉDURE :

- Mise en orbite elliptique 18 km x 85 km avec alignement des plans.
- À l'apogée circulariser à 85 km x 85 km sur une orbite \approx 35k en dessous de celle du CSM.
- Allumages successifs pour établir une orbite de synchronisation avec le CSM.
- Approche du CSM après deux orbites. (*Ou une seule orbite à partir du vol Apollo 14*)
- Immobilisation relative à environ 30 m suivi du pivotement pour diriger le sas vers le CSM.
- Affiche **Unecessary action** qui précise que l'arrimage se fait *en manuel depuis le CSM*.

Remontée du LM -1-

	PROFIL.		
	Lift-off		



26

Préparation sur le CSM.

Pour une remontée automatique le lancement doit se faire quand le CSM passe au dessus du site avec un plan orbital suffisamment aligné et une orbite convenable pour Périgée et Apogée. Préparer le CSM environ trois heures avant le GET de la remontée historique pour vérifier les conditions et pouvoir les rectifier si nécessaire sans attendre le dernier tour ce qui pourrait faire perdre le lancement à l'heure prévue.

Ex : Ap11 GET : 121 : 22 : 00

- **[Ctrl] L** : Allumer les feux de balisage.

Préparation du MFD de gauche :

- **SEL** > Map > TGT > Site du LM .

Préparation du MFD de droite :

- **SEL** > Orbit > DST > PRJ : Surveiller l'orbite et les valeurs de PeA et de ApA.

Il faut PeA > 105 Km et ApA < 122 Km.

Si conditions incorrectes les corriger en manuel ou tenter la procédure P19 qui peut exiger deux brûlures : • **K** pour ouvrir le menu du P.A.,

- ou pour indexer l'option :

Engage parking orbit circularization.

- pour valider le programme P19.

P19>RUN - Next burn: 267

- **K** > pour **Check orbit>base alignment** >

Si **Actual Crossrange: 39.47 km <Max: 20 km>**

- pour **Engage orbit>base alignment** >

- pour **P18>RUN - Next burn: 748** >

Remontée du LM -2-

		Lift-off	



27

Préparation sur le LM.

La remontée du LM n'est pas possible si l'un au moins des astronautes vivant est en EVA.

"J" ACTIONKEY affiche **No action**.

Aucun astronaute vivant en EVA frapper **J** :
 "J" ACTIONKEY affiche **Start Liftoff preparation**.
Attention, à partir d'ici la touche J engendre une remontée manuelle sans avertissement.

[Ctrl] J pour afficher l'effet de J et K.

Sans plus attendre passer sur le LM : HUD en SRFCE et **[Ctrl] L** pour allumer le balisage.

Préparation du MFD de gauche :

- **SEL** > Orbit > TGT > AS50X .

- **SEL** > Map > TGT > AS50X .

Préparation du MFD de droite :

- **SEL** > Ascent profile.

- **J** pour activer les menus du P.A.

- **K** > pour **Check ASCENT conditions** > .

Si le travail de préparation sur le CSM n'a pas été correctement effectué on peut avoir :

Crossrange too great, actual: -39.34 km <Max: 12 km>

ou si l'orbite n'est pas convenable :

**Improper CSM orbit, actual
 perigee: 114.27 km <min 105 km>,
 apogee: 380.37 <max 122 km>**

>>> Reprendre les procédures de p26.

Si le CSM est sur la bonne orbite il faut attendre qu'il passe au dessus du site :

You are go for ASCENT, window end in: 5189 sec

Remontée du LM -3-

		Lift-off	



28

Possibilité à tout moment d'avoir le décompte avec **K** > pour **Time to ASCENT** > .

Quand cette fonction est active on peut à convenance utiliser **T** et **R** pour modifier l'accélération temporelle. redonne le délai. Utiliser **K** pour couper cette fonction du P.A.

Note : Il faut ≈ 600 s pour que le CSM couvre 30° en longitude (Un carreau) sur Map MFD. Se placer à dix minute du décollage historique : **Ex : Ap11** 124 : 12 : 00

- **K** > pour **Engage ASCENT countdown** > . Affichage de **P12>RUN - Countdown: 630**. La remontée se déroule automatiquement en enchaînant les programmes pour réaliser :
- **P12>RUN - computing** : Orbite elliptique $\approx 18\text{km}$ x $\approx 85\text{km}$ et alignement des plans LM / CSM.

Dès que Map montre l'alignement des plans sur MFD de gauche passer en mode **Orbit**.

- **P32>RUN - Next burn: 3208** : P12 achevée attente de l'apogée pour circulariser à 85km sur une orbite $\approx 35\text{km}$ en dessous de celle du CSM.
- Préparation du MFD de droite :**
- **SEL** > **Align Planes** > **TGT** > **AS50X** . **MOD** pour afficher l'option Ref : Sh apoapsis.
 - Passer le HUD en mode **DOCK**.

NOTE : Le transpondeur et NAV 1 sont calés sur 108 Mhz (Sur le CSM et sur le LM) Il n'y a pas besoin de modifier cette fréquence pour utiliser un MFD en mode **Docking**.

Remontée du LM -4-

Lift-off



29

Enchaînement de P33, P41, P34, P42 ... pour effectuer la jonction par approche successives.

P35>RUN - Next burn: 888 quand l'apogée pour le LM dépasse légèrement celle du CSM :

MFD de droite : MOD pour Ref : **Intersect 1**.

P36>RUN - Closing Phase Rapprochement. Distance 800m le CSM est discernable.

- Distance 500m on voit le balisage du CSM. Orienter le SCM vers le LM. (*Vers la Lune*)
- À 300m sur le LM : **MFD de droite : SEL** > **Docking** > **VIS** : Visual acquisition mode.
- **P36>RUN - Station Phase** Immobilisation.
- **P36>RUN - Pre-docking Phase** Orientation.

K > > **Engage RENDEZ-VOUS** > **P0>RUN**. Affiche **Unecessary action** À partir d'ici l'arrimage se fait en manuel. On peut l'effectuer du LM mais il est plus facile depuis le CSM.

ARRIMAGE du LEM avec le CSM.

Il faut effectuer 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. Par ailleurs la cible de calibrage est placée sur le LEM. Normalement le CSM est correctement orienté.

Couper le HUD sur le CSM car le couloir d'approche affiché est le sien et gêne la visibilité. Procéder comme on l'a fait pour extraire le LM du 3ème étage après le lancement (Voir p16) ou utiliser le MFD **Docking** de façon habituelle en centrant la croix rouge **x** par orientations puis en centrant la croix verte **+** par translations.

Remontée du LM -5-

Lift-off



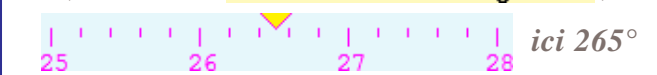
30

REMONTÉE MANUELLE.

(Calculateur en panne par exemple)

Déterminer l'azimut de lancement.

- Passer dans le CSM et établir les conditions initiales comme détaillé en p26.
- HUD activé et en mode **SFRCE**.
- Passer en **PRO GRD**.
- Attendre le passage du CSM au dessus de la base lorsque **Dst** lu sur Map MFD est minimal. (*Valeur de Check orbit > base alignment*)



Lancer en orbite d'attente.

Phase initiale : Établir une orbite 18km x 85km .

- Dans le LM : MFD de gauche comme indiqué p27 et MFD de droite en mode **Surface**.
 - Passer les RCS en mode **ROT**.
 - Quand le CSM passe au dessus de la base attendre ≈ 2 min pour lancer avec **J**. (*RDV en poursuite ce qui facilite les manœuvres*)
 - Cabrage rapidement à -10° et ajuster le cap avec **1** et **3**. Utiliser **5** pour stabiliser.
- >>> Respecter le profil donné en Page 33.
- Quand **ApA** arrive à 18km le maintenir jusqu'à ce que **Alt = ApA** avec **ApT** ≈ 0 . (*Periapsis*)
 - Pousser à cabrage nul pour augmenter **ApA** jusqu'à 85km . Réduire la poussée vers la fin.
 - Attendre l'Apogée et circulariser à 85km . Affiner l'orbite aux RCS en mode **LIN**.
 - Aligner les plans avec **Align Plane** pour avoir **Rinc** nul. (Procédure spécifique Page 31)

Remontée du LM -6-

Lift-off



31



Alignement des plans orbitaux :

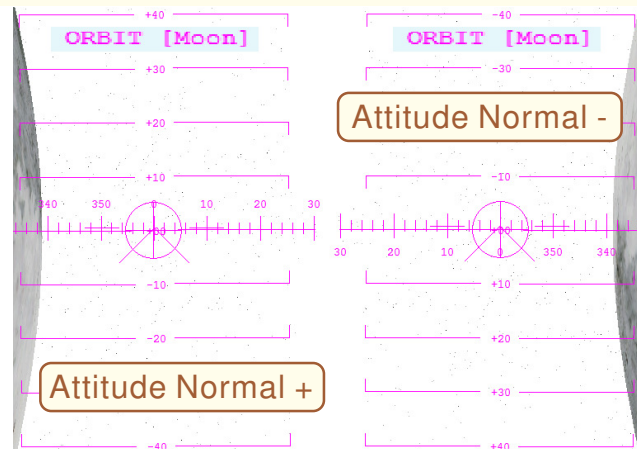
La technique est standard : Au passage d'un nœud on pousse en NML + ou en en NML - .
Ne pas se fier à **Engage Thrust** qui ne donne pas le bon moment mais au rayon vecteur.

La difficulté consiste à placer le LM en NML + ou NML - car il pousse avec le moteur Hovr :

- **L** pour valider **HOR LVL**. (Moteur vers le bas)
- Passer les RCS en mode **ROT**.
- Engager **KILL ROT**.

(Penser à **[Ctrl]** pour avoir des rotations douces)

- HUD activé et en mode **ORBIT [Moon]**.
- Avec **[1]** et **[3]** centrer  sur .
- **L** pour désengager le mode **HOR LVL**.
- Orienter de 90° en roulis : (Tuyère horizontale)
Avec **[4]** placer en NML +. (Lune à gauche)
Avec **[6]** placer en NML -. (Lune à droite)
- **[Enter]** *num* alterne la poussée du moteur **Hover** entre 100% ou entièrement coupé.
- Affiner avec les RSC en mode **LIN**.

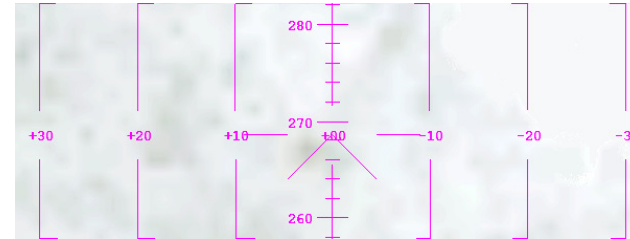
**Remontée du LM -7-**

Lift-off



32

Note. Attention : Pour circulariser le mode **PRO GRD** ne fonctionne pas. Même procédure que celle pour Normal \pm mais au lieu d'orienter en roulis on pique à 90° "nez" vers la Lune.

**Réintégrer le CSM.**

- Une fois accouplé ? pour contrôler le CSM.
- **[Ctrl] L** pour éteindre les balisages du CSM.
- **J** pour **Crew definitively leave the LM**.
Les deux astronautes passent dans le CSM.
Les balisages et l'intérieur s'éteignent.

Largage définitif du LM. Ex : Ap11

À l'horaire historique : GET 130:09:31
J > J encore confirme le largage définitif du LM.
Il faut que tous les moteurs soient stoppés.
(Si **[Ctrl D]** est utilisé on peut redocker)

Horaires de largage du LM.

Mission	Date	Heure TU	GET
Apollo 10	24/05/69	05h 32mn 23s	108 : 24 : 36
Apollo 11	21/07/69	23h 41mn 31s	130 : 09 : 31
Apollo 12	21/11/69	20h 21mn 31s	147 : 59 : 31
Apollo 13	17/04/70	16h 43mn 00s	141 : 30 : 00
Apollo 14	16/02/71	22h 53mn 00s	144 : 44 : 58
Apollo 15	03/08/71	01h 05mn 01s	179 : 30 : 01
Apollo 16	24/04/72	20h 54mn 12s	195 : 00 : 12
Apollo 17	16/02/72	04h 51mn 31s	191 : 18 : 31

Remontée du LM -8-

Lift-off



33

Altitude	Pitch	GS	VS	ApA.	Fuel
P12 > RUN - Début de remontée.					
89 m	-8°	18m/s	18m/s	0.2km	97.8 %
200 m	-36°	28.1m/s	26.7m/s	0.4km	96.5 %
300 m	-51°	34.0m/s	29.5m/s	0.6km	95.7 %
500 m	-54°	50.3m/s	32.2m/s	0.9km	94.0 %
800 m	-56°	71.8m/s	35.5m/s	1.2km	92.2 %
1.0 km	-57°	88.1m/s	37.6m/s	1.4km	90.9 %
1.5 Km	-58°	125.6m/s	42.1m/s	2.1km	88.0 %
2.0 km	-59°	161.2m/s	45.9m/s	2.7km	85.4 %
3.0 km	-61°	227.5m/s	51.8m/s	3.8km	80.7 %
4.0 km	-63°	291.6m/s	56.4m/s	5.0km	76.3 %
5.0 km	-64°	352.8m/s	59.9m/s	6.2km	72.4 %
6.0 Km	-66°	414.1m/s	62.5m/s	7.3km	68.5 %
7.0 km	-68°	474.1m/s	64.4m/s	8.4km	64.9 %
8.0 km	-70°	533.5m/s	65.5m/s	9.4km	61.4 %
10.0 km	-73°	661.5m/s	65.9m/s	11.6km	54.3 %
12.0 km	-76°	795.7m/s	63.7m/s	13.6km	47.3 %
14.0 km	-81°	948.0m/s	55.4m/s	15.8km	39.4 %
16.0 km	-85°	1.1km/s	47.2m/s	17.3km	30.9 %
18.0 km	-88°	("Bascule" car passage des 90°)			
18.7 km	-88°	1.5km/s	19.0m/s	18.7km	16.2 %
18.47 km	P32 > RUN - Attente Périgée pour circulariser.				
18.5 km	-88°	1.7km/s	5.2m/s	85.8km	9.4 %
P41 > RUN - Circularisation au périgée.					
85.8 km		1.6km/s	0.0m/s	85.8km	9.2 %
P41 > P34 > P41 - Poussée pour intersection.					
85.9 km		1.7km/s	2.6m/s	114.6km	9.2 %
P41 > RUN - Pour Apogée > à celle du CSM.					
Passer le HUD en mode DOCK et le MFD en Ref : Intersect 1.					
Dtmin faible Rinc = 0.00° Surveiller la distance qui diminue.					

- Distance 500m Orienter le SCM vers le LM.
- À 300m sur le LM : **MFD de droite : SEL > Docking > VIS : Visual acquisition mode.**

Remontée du LM -9-

PRF

Lift-off



34

RETOUR VERS LA TERRE. (TEI)

On attend environ vingt minutes de la mise à feu historique pour avoir le temps de rechercher une solution sur IMFD. (Voir onglet **Times p38**)

Ex : Ap11 GET 135:00:00

La solution doit être optimisée car il reste $\approx 35\%$ de carburant. Le moteur consomme 1% pour 5,6s à 100%. On dispose à peine de 200s pour l'injection en TEI et les corrections de trajectoire.

Recherche d'une solution :

Le module **Course** ne convient pas puisque l'on part d'un satellite vers sa planète mère, il faut établir dans ce cas une orbite héliocentrique.

Il faut utiliser **Orbit-Eject** couplé à un module qui permette d'affiner la solution.

Il serait possible de coupler **Map** sur **Orbit-Eject** en mode **Lower Orbit** et ajuster les paramètres sur ce dernier pour déterminer une trajectoire qui s'approche de la Terre. Mais cette méthode ne permet pas d'optimiser le temps de retour et de choisir le point d'arrivée. Elle impose de plus des corrections en route trop onéreuses en carburant. **BaseApproach** est utilisable car nous sommes en distance à moins de 3 fois la SOI de la Terre.

Préparation de IMFD 0 à gauche :

- **SEL** > **Interplanetary** > **MNU** > **BaseApproach**.
- **PG** > **Src** > **moon** 🚩. Orbitant autour d'un satellite, c'est lui qu'on lance fictivement. Saisir les coordonnées du point d'amerrissage données dans le tableau de l'onglet **Times p38**.

Signe – pour les longitudes Ouest (W) et Sud (S) Pas de signe pour Est et Nord.

Ex : Ap11 Lon : 169.9° W Lat : 13.18° N

Trans Earth Injection - 1 -

T.E.I.



35

- **PG** > **Prv** > **Lon** > **Set** > -169.9 🚩 >
- **Nxt** > **Lat** > **Set** > 13.18 🚩.
- Ajuster **GET** de **Eject** : (À droite sur le MFD) à la valeur historique pour l'allumage en usant des boutons +, - et **Adj.** (Passent en répétition)

Ex : Ap11 GET 135:23:42

Il faut ensuite modifier **Hint** (Temps de vol prévu) pour que **GET** de gauche (Heure d'insertion à l'arrivée) soit proche de celui souhaité. Enlever environ 15 minutes le temps nécessaire à la descente atmosphérique.

Ex : Ap11 195:18:35 - 00:15:00 \approx 195:03:00

Évaluation de **Hint** :

195:03:00 - 135:23:42 = 59h 39min 18s

Soit une durée de 214,761k secondes

Ex : Ap11

- **Nxt** > **Hint** > **Set** > Boutons + et -.
- (*Hint progresse par sauts et GET ne peut être qu'approximé. Au plus proche on a 214.6k*)
- Vérifier que **Eql** soit supérieur à la latitude de la cible ou agir sur la valeur de **GET** de **Eject** :

Préparation de IMFD 1 à droite :

- **SEL** > **Interplanetary** > **MNU** > **PG** > 0 🚩.
- (Pour le coupler à **BaseApproach**)
- **SEL** > **Orbit-Eject** > **BaseApproach**
- Choix **BaseApproach** — **Lower Orbit**
- GET** prévu pour l'allumage par **Orbit-Eject** est un peu **Higher Orbit**
- plus grand que celui de **BaseApproach** pour éviter une trajectoire de départ qui recoupe la planète. **Course**
- **PG** > **BV** > **BT** \approx 177.3s (1) (Valeur convenable) **Sling-Shot**
- **AB** pour activer la commande de mise à feu.

Trans Earth Injection - 2 -

(1) Si l'écran de **BV** est noir consulter la Note page p37.

T.E.I.



36

Il nous reste environ 6% de fuel soit $\approx 33s$ de combustion. Sur MFD en mode **Orbit** avec **REF** sur **Earth** on voit que **PeA** \approx 200M mais avec l'attraction terrestre il va diminuer et si on ne fait pas de correction on percutera le sol. **Correction à mi parcours. (MCC)**

Dans la mission réelle il n'y a eu que la correction à GET = 150:30:07. Nous en ferons deux autres pour améliorer la précision d'amerrissage car IMFD n'a pas la précision des ordinateurs de la NASA.

- Attendre GET historique moins \approx 1h 30 min.

Ex : Ap11 150:30:07 - 1:30:00 \approx 149:00:00

Préparation de IMFD 0 à gauche :

- Toujours configuré en **BaseApproach**.
- On a eu le message **Have a nice voyage !**
- On se trouve en orbite d'échappement : Il faut prendre le vaisseau comme référence.
- **PG** > **Src** > **X** 🚩. (X désigne le vaisseau par défaut)
- **PRJ** jusqu'à avoir la projection **Self**.

Horaires historiques des MCC.

Mission	MCC 1	MCC 2
Apollo 08	104 : 00 : 00	-----
Apollo 09	Mission en orbite terrestre	
Apollo 10	188 : 49 : 58	241 : 21 : 59
Apollo 11	150 : 30 : 07	-----
Apollo 12	188 : 27 : 15	241 : 21 : 59
Apollo 13	079 : 32 : 00	105 : 18 : 00
Apollo 14	165 : 34 : 56	-----
Apollo 15	291 : 56 : 49	-----
Apollo 16	262 : 37 : 20	-----
Apollo 17	298 : 38 : 01	-----

Mid Course Correction -1-

T.E.I.



37

Préparation de IMFD 1 à droite :

- **SEL** > Interplanetary > **MNU** > **PG** > 0 ↵.
- **MNU** > Map > **REF** > Earth ↵.
- **PRJ** jusqu'à avoir la projection **Periapsis**.
- **BT** diminue lentement. Sous **Enroute**: surveiller **dV**. Quand il est minimal **BV** > **AB**.
($dV \approx 77.95$ BT ≈ 10.13 Il reste $\approx 4\%$ soit $\approx 25s$)

Note : Si **BV** affiche un écran noir, utiliser **MOD** et réafficher les trajectoires en mode graphique.

Deuxième correction. (À GET 178:00:00)

On va s'imposer un BT maximal de 10s pour avoir une marge en vue d'une correction finale. On va ajuster **PeA** sur **Map** pour avoir une orbite de pénétration atmosphérique correcte.

Préparation de IMFD 1 à droite :

- **PG** > **Plan** pour demander de calculer.
- (Affichage en haut de **Map BaseAppr-Plan**)

Préparation de IMFD 0 à gauche :

- Imposer 6.18° à l'angle de pénétration **ReA**.
 - Ajuster à 21° l'angle d'anticipation **Ant**.
 - Modifier l'altitude de référence **Alt** ($\approx 111k$) pour obtenir sur **Map** de IMFD 1 un **PeA** $\approx 45k$.
 - Paramètres corrects : **BV** > **AB** pour allumer.
- ($dV \approx 57.44$ BT ≈ 7.31 Il reste $\approx 3\%$ soit $\approx 16s$)

Troisième correction. (À GET 191:00:00)

- Modifier **Alt** pour obtenir un **PeA** $\approx 45k$.
- Minimiser **dV**, mais il augmente constamment. Allumer dès que **PeA** $\approx 45k$: **BV** > **AB**.

Il est possible que la brûlure ne se coupe pas, dans ce cas **AB** pour stopper le P.A.

Mid Course Correction -2-

T.E.I.



38

Horaires historiques des T.E.I.

Mission	Heure TU	GET
Apollo 8	06h 10mn 16s	089 : 19 : 16
Apollo 9	Test du LM en orbite terrestre	
Apollo 10	10h 25mn 28s	137 : 36 : 28
Apollo 11	04h 55mn 42s	135 : 23 : 42
Apollo 12	20h 49mn 16s	172 : 27 : 16
Apollo 13	Abandon de la mission	
Apollo 14	01h 39mn 02s	148 : 36 : 02
Apollo 15	21h 22mn 45s	223 : 48 : 45
Apollo 16	02h 15mn 33s	200 : 21 : 33
Apollo 17	23h 35mn 09s	234 : 02 : 09

LIEUX D'AMERISSAGE.

Mission	Lon	Lat	GET Amér.
Apollo 08	165.1° W	8.6° N	147 : 00 : 42
Apollo 09	67.59° W	23.13° N	241 : 00 : 54
Apollo 10	164.39° W	15.4° S	192 : 03 : 23
Apollo 11	169.9° W	13.18° N	195 : 18 : 35
Apollo 12	165.22° W	15.47° S	244 : 36 : 25
Apollo 13	165.22° W	2.38° S	142 : 54 : 41
Apollo 14	172.4° W	27.1° S	216 : 01 : 48
Apollo 15	158.8° W	26.8° N	259 : 11 : 53
Apollo 16	156.13° W	0.42° S	265 : 51 : 05
Apollo 17	166.7° W	17.53° S	301 : 51 : 59

VALEURS HISTORIQUES.

Times



39

LARGAGE DU SM.

Réalisé environ 30 mn avant l'amerrissage, le CSM se trouve à $\approx 50000k$ de la Terre ce que l'on peut lire avec **Earth ALT** en mode C.V. Séparation définitive avec **J sans confirmation**. Le SM se sépare et après une minute il est engagé sur une trajectoire de destruction. (Focaliser la caméra sur le SM pour l'observer)

RENTREE ET AMERRISSAGE.

- HUD activé et en mode **SFRCE**, MFD de gauche sur **Map**, celui de droite sur **Surface**.
- Passer les RCS en mode **ROT**.
- En C.V. touche pour afficher les valeurs.
- Attendre **ALT** 150 Km et passer en mode

RETR GRD avec la commande clavier .

- Quand **DNP** $\approx 5K$ couper **RETR GRD** .

Les capsules Apollo sont auto-stables et s'orientent naturellement avec un AOA de 180° . Note : La pression dynamique **DNP** sur le bouclier thermique ne doit pas dépasser 250kPa. Sauf sur abandon de mission, un retour normal AMSO place le Hornet à 5km de notre position.

Afficher la position de retour sur Map :

Il suffit d'ajouter des fichier de type **A08.cfg** dans **<C:\ORBITER\Config\Earth\Base>**

```
===== Contenu =====
BASE-V2.0
Name = Amerrissage Apollo8
Location = -165.1 +8.6
=====
```

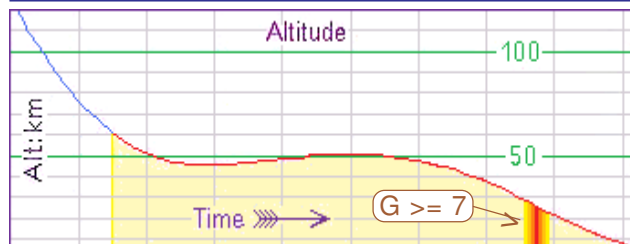
Ann.cfg : Avec ces noms les sites seront en tête dans la liste déroulante.

Rentrée et récupération -1- **PROFIL.**

Retour



ALT	G	DND	GS	VS
60.0 k	-0.97	19.6 kPa	(En m/s)	-----
55.0 k	-1.67	33.6 kPa	10.4 k	-373.1 m/s
50.0 k	-2.80	54.5 kPa	10.0 k	-227.6 m/s
46.1 k	-3.49	67.5 kPa	8.8 k	-9.9 m/s
46.4 k	-2.99	57.6 kPa	8.3 k	+35.9 m/s
48.2 k	-1.96	37.7 kPa	7.5 k	+63 m/s
50.0 k	-1.36	26.3 kPa	7.0 k	+38.8 m/s
50.5 k	-1.17	22.6 kPa	6.7 k	0 m/s
50.0 k	-1.17	22.2 kPa	6.4 k	-44.9 m/s
45.0 k	-1.73	34.0 kPa	5.8 k	-174.6 m/s
40.0 k	-3.11	60.8 kPa	5.2 k	-260.9 m/s
35.0 k	-4.62	90.7 kPa	4.6 k	-307.7 m/s
32.0 k	-5.79	113.5 kPa	4.2 k	-328.4 m/s
30.0 k	-6.6	129.1 kPa	3.8 k	-337.5 m/s
29.0 k	-6.95	136.4 kPa	3.6 k	-340.2 m/s
28.0 k	-7.27	142.7 kPa	3.4 k	-341.5 m/s
27.0 k	-7.55	148.3 kPa	3.2 k	-341.3 m/s
26.0 k	-7.72	151.5 kPa	3.0 k	-339.7 m/s
25.1 k	-7.81	153.2 kPa	2.8 k	-336.6 m/s
25.0 k	-7.79	153.1 kPa	2.7 k	-336.3 m/s
20.0 k	-6.16	122.5 kPa	1.7 k	-305.9 m/s
15.0 k	-3.36	71.0 kPa	856.1	-268.8 m/s
10.0 k	-1.33	36.7 kPa	422.4	-241.6 m/s
8.0 k	-0.84	29.4 kPa	334.7	-234.7 m/s
6 à 7 k	Parachute primaire		≈ -223 m/s	
3.15 k	Parachute secondaire		≈ -28 m/s	



Rentrée et récupération -2-

PROFIL D'UNE RENTRÉE
ATMOSPHÉRIQUE.

Retour



RÉCUPÉRATION DE L'ÉQUIPAGE.

À partir du largage du cône de protection du parachute ? alterne entre CM et USS Hornet.

- **J** place le SH3-SeaKing sur le pont d'envol.
- **?** puis **J** pour mettre lancer les turbines. Pour pouvoir décoller Il faut impérativement deux minutes. (? alterne entre SH3 et porte-avions)

Turbines au régime, une ligne d'état s'affiche :

FwdV ... - LatV ... - VerV ... - Alt ... - Gear: DOWN

Note : Altitude d'appontage et stationnaire au dessus du vaisseau Apollo : 72.8 pieds.

Pilotage du SH3-SeaKing.

HUD en mode **DOCK** pour voler vers le CM, mode **SRFCE** pour revenir vers USS Hornet.

- **[Inser]** augmente la vitesse verticale de 1 ft/s.
 - **[Suppr]** diminue la vitesse verticale de 1 ft/s.
 - **[Fin]** Stabilise la vitesse verticale.
 - **[Inser] num** pour monter tant qu'elle est activée.
 - **[Suppr] num** pour descendre durant l'activation.
 - **[1]** et **[3]** orientent en lacet, **[4]** et **[6]** en roulis.
 - Piquer avec **[2]** pour avancer.
 - Cabrer avec **[8]** pour ralentir ou reculer.
 - **G** : Rétracter ou de sortir le train d'atterrissage.
 - **D** : Ouvre ou ferme la porte latérale gauche.
 - **K** : Simuler le treuillage des trois astronautes. Plusieurs fois pour les faire monter à bord. Penser à un dernier **K** pour "rentrer" la nacelle.
 - **[Fin]** pour quitter le vol stationnaire ce qui annulera VerV puis **[Inser]** pour s'élever.
- Rotor totalement arrêté, ouvrir la porte avec **D** puis **K** pour activer la "cérémonie de retour".

Rentrée et récupération -3-

Retour



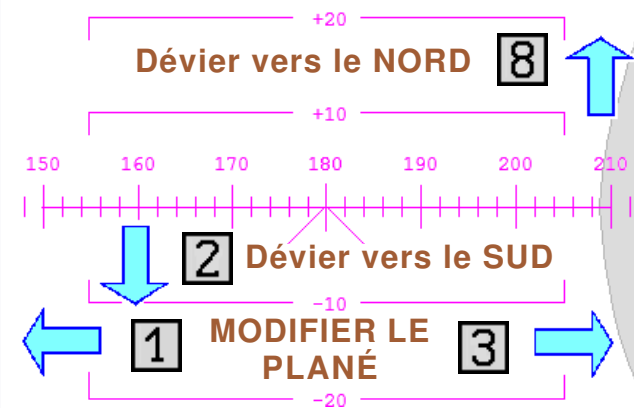
ASCENSION AÉRODYNAMIQUE.

Elle se pratique avec l'axe de lacet, **capsule en orientation RETR GRD** lors de la pénétration aérodynamique dans l'atmosphère.

Elle permet de gérer la trajectoire dans une certaine limite et surtout de réduire la pression aérodynamique dans le cas d'une réentrée directe résultant d'un abandon prématuré de la mission. Le mode **KILL ROT** s'active automatiquement.

- HUD en mode **ORBIT**, surveiller **DNP** qui doit impérativement rester **inférieur à 250KPa**.
- Plusieurs fois **X** pour tasser les graduations.
- MFD gauche : **Surface**, MFD droite : **Map**.

MAINTENIR UN ROULIS NUL.
Vaisseau en orientation RET GRD



ATTENTION : On aborde vers 25 km d'altitude la situation critique avec (≈8.1G et ≈158 KPa) instabilité en tangage, en lacet et impossibilité d'imposer l'attitude le rappel étant trop fort.

PILOTAGE MANUEL DU C.M -1-

Pil. C.M.