

TUTORIEL pour le LM

Project Apollo - NASSP version 7. (2010 & 2012)

Par Nulentout : Mercredi 24 Avril 2013.

Désolé les amis, mais ce petit document réalisé en "dernière minute" n'aura strictement rien à voir avec tout ce qui précède et qui traite du CSM. Compte tenu du fait qu'à plusieurs reprises ayant appris sur Internet que le LM actuel n'était pratiquement pas pilotable et très peu développé, j'avais pris la décision de repousser à plus ample évolution de NASSP la rédaction d'un tutoriel concernant le module lunaire. Oui, je sais que c'est très frustrant, d'autant plus que le cockpit 2D est entièrement développé et que l'on peut titiller tous ses boutons. Encore fallait-il que l'on puisse agir un minimum sur la machinerie virtuelle pour qu'une exploration en soit séduisante.

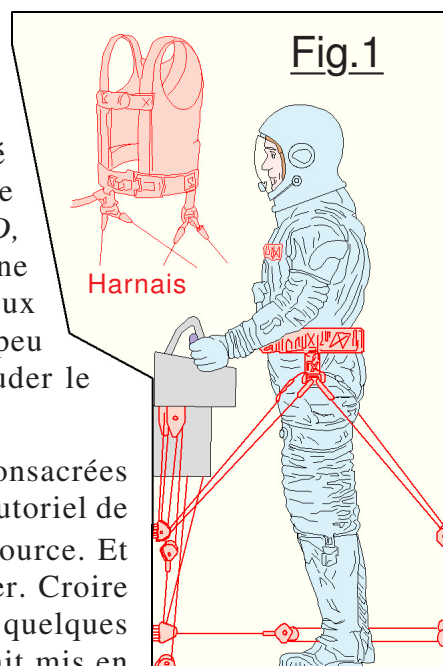
Trainant vos RCS sur le site de DAN à l'adresse donnée en (1) vous allez constater que très tardivement, j'ai découvert que quelques "brouilles" seraient utilisables sur le vaisseau de débarquement. Pas de quoi en faire un exposé aussi détaillé que pour le CSM, mais peut être suffisamment pour calmer la déception des drogués de l'alunissage, et surtout pour vous donner l'envie de surveiller avidement le site de NASSP en vue de profiter de toute nouvelle version. Enfin, si le développement du vaisseau virtuel n'est pas aussi mature que celui de son grand frère le CSM, le travail effectué par les programmeurs n'en mérite pas moins d'être examiné, dans la mesure de mes limitations d'analyse naturellement.

Réputé impilotable sur Internet, ce qualificatif attribué au module lunaire n'est pas vraiment approprié. Au sens de la philosophie NASSP certainement. Les systèmes dans leur complexité ne sont pas encore émulés. Mais si l'on accepte du pilotage de type Orbiter, (*Avec les facilités habituelles d'Orbiter du genre PRO GRD, KILL ROT ...*) alors on peut parfaitement réaliser l'intégralité d'une mission lunaire. Pour peu qu'ils soient activés, les RCS et les deux moteurs orbitaux sont fonctionnels. Si l'on accepte d'oublier un peu les lancinantes check-lists réalistes, il n'y a aucune raison de bouder le plaisir d'aller jusqu'à poser le gros insecte entre les cratères.

Certains vont se demander à juste titre, vu le peu de pages consacrées au LM, pourquoi ces dernières ne sont-elles pas intégrées au tutoriel de base. Cette simplification évitant un document de plus coule de source. Et pourtant j'ai préféré prendre le contre-pied. En effet, on peut rêver. Croire qu'un jour un LM aussi complet que le CSM débarquera. Alors ces quelques pages seront obsolètes, surtout si un tutoriel bien plus copieux était mis en ligne. Dans cette optique il m'a semblé plus logique de traiter le LM à part. Vu sa mission, c'est de toute façon une évidence historique. Il avait son propre calculateur, ses propres Check-lists et à bord un spécialiste pour le piloter. Dans ces conditions, en isoler l'étude me semble assez évident.

Alors on serre la main du copain qui reste en orbite et l'on quitte le confort royal du CM pour le minuscule "placard à balais" constitué par cette machine mythique des temps modernes. Pensez qu'à bord il n'y a pas de lit, pas de siège, pas de table. Des conditions tellement primitives que le propriétaire qui louerait un tel appartement pour deux personnes se retrouverait immédiatement en prison. Et pourtant, les clients pour cette résidence de rêve se sont livrés à une compétition sans pareil pour avoir l'immense privilège de passer à bord. Je vous souhaite bien du plaisir ...

La Fig.1 illustre le système de harnais qui maintenait les deux astronautes en place avec un dispositif de traction à moufles pour assurer un effort constant quel que soit l'attitude du LM. Au fait ... inutile de chercher le balais dans l'habitacle, il n'y avait pas la place ! Apollo 11 n'emportait même pas de hamac pour dormir ... Quel luxe !



(1) Sur <http://orbiter.dansteph.com/forum/read.php?f=3&i=84676&t=84676>

L'État de développement actuel du LM dans NASSP :

Comme on peut en avoir confirmation "officielle" dans l'encadré situé en bas de la page 58 de la revue **MICRO SIMULATEUR** numéro 228, le module lunaire est du genre "lunatique". Citation dans la revue : *"La plupart des scénarios disponibles sont corrompus ..."*. Je constate ici aussi que les retours prématurés sur le bureau de WINDOWS sont fréquents, (CTD) et du genre aléatoires et sans prévenir. Je vous fournis donc des situations adaptées aux exercices proposés, mais sauvegardez assez souvent car les sorties de virage arrivent parfois sans prévenir. Ce n'est pas idéal, mais nous pouvons toutefois commencer à appréhender cette fabuleuse machine, ce qui n'est pas si mal que ça.

Quelques petites incongruités observées sur le LM actuel.

Rien de bien méchant, mais quelques petits aléas pourraient rendre dubitatif certains d'entre-vous. Pour que vous sachiez que ce que vous constatez s'observe également chez les autres, et qu'il est inutile de soupçonner votre ordinateur, je crois utile de signaler dans cet encadré spécifique quelques constats effectués durant mes expérimentations.

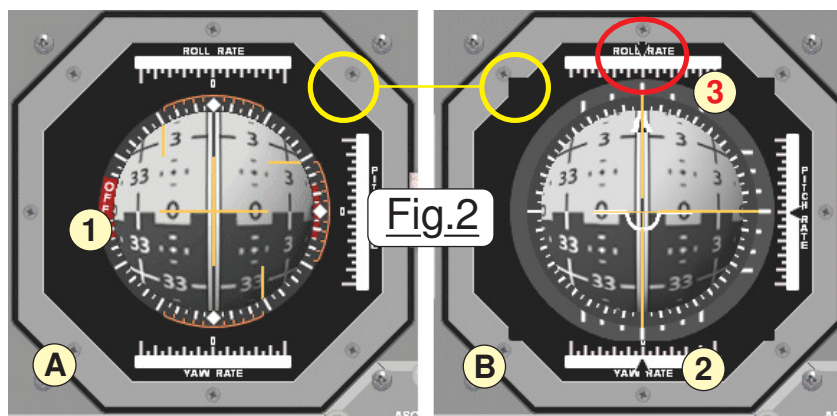
- **La vue dans l'axe du sas qui affecte le CSM et qui a été signalée en page 54 de ce tutoriel se retrouve également sur le LM. Donc, quand on passera sur l'une des vues de hublot, y compris celui d'accostage, il faudra une fois face à cette dernière, utiliser deux fois la touche [F1] pour avoir la visualisation correcte sur l'écran vidéo.**

Le jeu des sept erreurs.

Le FDAI du LM est affecté d'un certain nombre de petits détails traduisant la non finalisation informatique de cet élément. Sur le dessin Fig.2 ci-contre, les images **A** et **B** sont toutes les deux relatives à l'instrument de gauche placé sur le tableau 1. La vue **A** est celle du hublot, la vue **B** correspond au tableau de bord complet.

Comme c'est le même appareil qui est montré, les deux vues devraient être strictement identiques. Dans ces deux vues le FDAI est en fonctionnement. Quand on passe sur le hublot, curieusement, comme montré en **1** le drapeau **OFF** reste visible. En réalité **A** n'est qu'une texture, comme pour le FDAI de droite, l'instrument est figé sur la vue hublot. Rien de tragique. Mais il vaut mieux le savoir car en retour du panneau 8 vers le 1 on transite par cette "fausse information".

- La sphère d'attitude fonctionne normalement, par contre les index de taux de rotation **2** et les aiguilles de tendance ne sont apparemment pas encore émulsés. Il faudra se débrouiller avec les références externes pour réaliser les manœuvres.
- Autre petit détail sur le FDAI : L'index de roulis est "sorti" des graduations en **3**, probablement une petite erreur de positionnement de la texture qui le concerne.



Une vermine à C.T.D.

Avant rencontré ce problème à la fois sous XP et sous VISTA j'en déduis qu'il s'agit d'un bug bien présent dans le NASSP actuel. Voici ce que je constate : Si dans le CM ou dans le LM on a validé **Project Apollo MFD**, chaque fois que l'on revient sur le tableau 2D principal du LM c'est le retour immédiat sur le bureau de WINDOWS. La parade est simple : **Pas d'utilisation de Project Apollo MFD quand on désire utiliser le LM** et ce autant dans le CM que dans le module lunaire.

NAVIGUER DANS LES TABLEAUX DE BORD DU LM :

Comme nous l'avons fait pour notre formation de base sur le CSM et la gestion complète d'une mission lunaire, (*Dont le LM était l'Arlésienne compte tenu des circonstances*) les sujets abordés seront progressifs et si possible suivront une certaine logique. La première étape consiste à repérer les divers sous-tableaux 2D et arriver à s'y "déplacer" naturellement. On se doute qu'ils ont été répartis avec une logique spatiale fonction de leur dispersion dans le volume si exigüe de notre nouvelle habitation. Toujours en copiant sur tout ce qui a précédé, la **PLANCHE n°8** nous permet de faire connaissance avec les divers sous-tableaux et d'apprendre à s'y déplacer avec l'aisance indispensable à la maîtrise de ce gros insecte. Mais avant de pénétrer dans le cockpit virtuel, un petit tour du propriétaire sur la Fig.3 va nous présenter sommairement notre future résidence secondaire. On remarque immédiatement en bleu les numéros des divers tableaux tels qu'ils ont été définis par la NASA et qui servent de référence dans les Check-lists. Vous avez certainement compris que les instruments en jaune sur les tableaux **1** et **2** sont des FDAI analogues à ceux examinés en détails sur le CM. En **11** et **16** on retrouve les multiples sectionneurs qui assurent la sécurité électrique et permettent d'isoler ou de mettre en ligne les nombreux systèmes de cette machine d'une complexité phénoménale. On note que tous les nombres ne sont pas utilisés, il semble en manquer. C'est que seuls les tableaux fondamentaux sont reproduits dans la version actuelle du module lunaire.

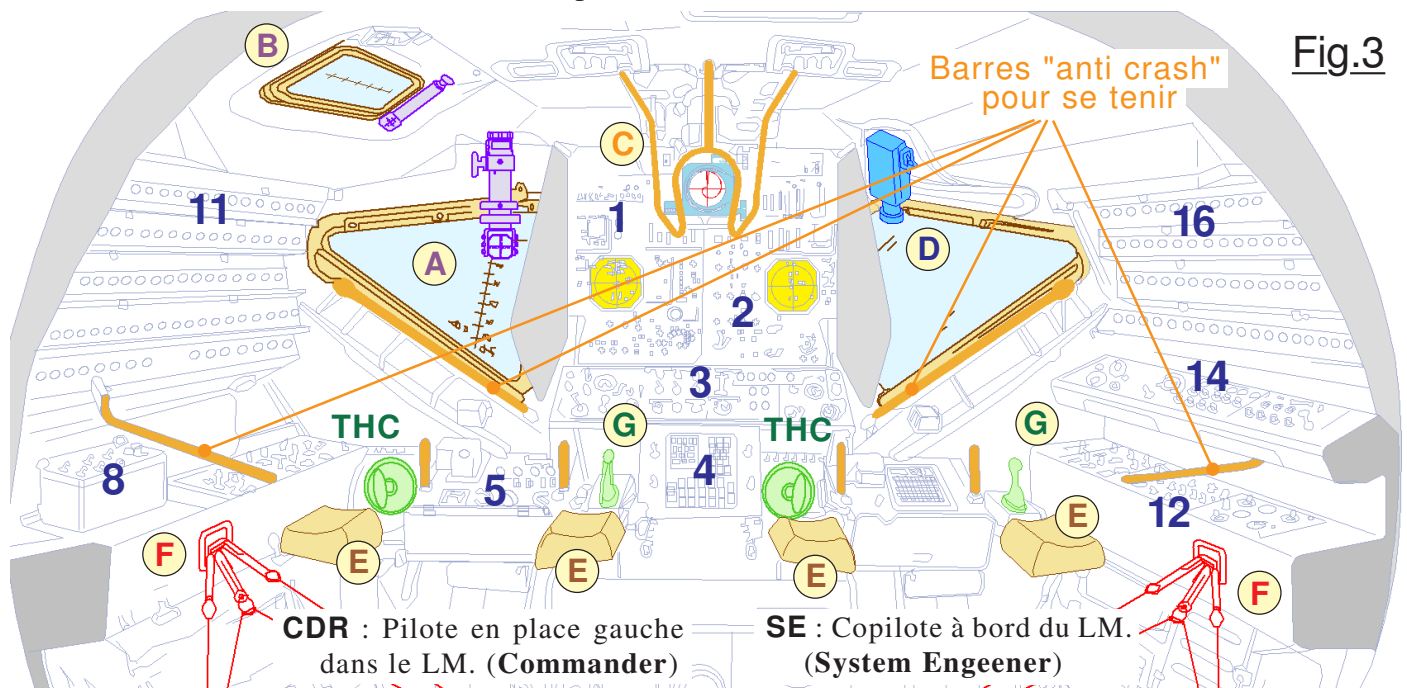


Fig.3

Sur le tableau **4** vous n'avez pas manqué de remarquer le clavier et l'écran du LMC, un ordinateur totalement identique à celui du CSM mis à part des programmes spécifiques pour réaliser la descente, la remontée et le rendez-vous. En **A** réside le hublot du commandant de bord qui pilote en finale pour réaliser l'alunissage. On y découvre un collimateur comme pour le CM et des graduations sur le hublot pour aider visuellement en finale. Le hublot **B** situé en plafond permet d'assurer l'approche pour l'arrimage. Il comporte son propre collimateur d'accostage. En **C** on retrouve un télescope d'alignement, mais la croix des réticules gradués est remplacée par une "spirale de convergence". En **D** se trouve le hublot du copilote avec juste au-dessus la caméra principale représentée en bleu. Les accoudoirs marron **E** servent à caler les bras quand les astronautes pilotent avec le **THC** (Contrôle des translations) ou le mini-manche **G**. Chaque passager se trouve face à un hublot triangulaire et dispose d'un **THC** et d'un joystick **G**. Pour finir, en **F** on observe les systèmes de tension des harnais qui maintiennent les deux pilotes en appui sur le plancher. Durant toute la descente et la remontée ils sont en position debout dans l'habitable. Pour s'asseoir durant le séjour lunaire, les deux compères utilisaient le capot central du moteur de remontée. Pour dormir ... système débrouille !



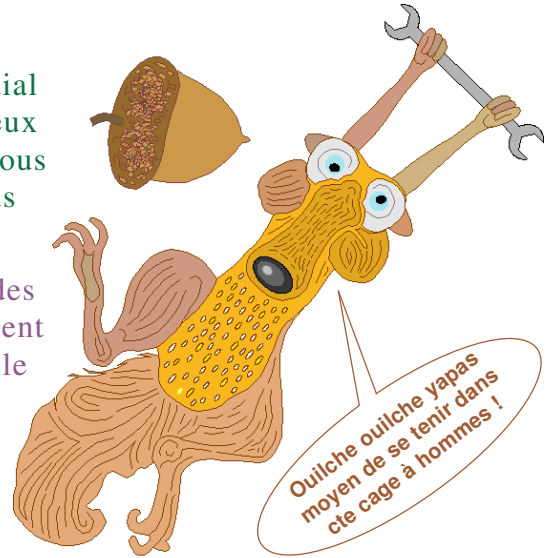
Un hamac, un hamac, mais pourquoi pas un lit à baldaquin tant que vous zy êtes ? Faudrait pas prendre le lèmmme pour un HILTONNE bandes de touristes apériodiques !

Hipssss, même dans le placard ça recommence.

PASSAGE À BORD ET RÉVEIL DU LM :

Avant de s'engager dans les exercices il me semble primordial que vous lisiez les informations de mise en garde dans les deux encadrés de la page 2 de ce tutoriel, ainsi vous éviterez de vous poser trop de questions sur les aléas informatiques que nous allons croiser lors de notre formation rudimentaire.

NOTE IMPORTANTE : Comme c'était le cas pour le CSM, des planches sont fournies précisant la fonction de chaque élément sur les divers tableaux de bord. Ce ne sera pas précisé tout le long de ce tutoriel, mais chaque fois qu'il sera question d'un sectionneur, d'un commutateur ou inverseur, je vous suggère fortement d'aller voir sur ces dessins quelle est sa fonction exacte. La rédaction de ces planches a constitué un travail considérable, ce serait vraiment dommage de ne pas les utiliser. Je vais jusqu'à vous encourager de les imprimer pour les avoir en permanence sous la main.



Exercice n°1 : Passage à bord du module lunaire.

Ayant réussi la circularisation de l'orbite, et tous les systèmes à bord du CSM étant pleinement opérationnels, Houston vient de donner le feu vert pour la préparation du débarquement qui débute par la séparation. (*La circularisation de l'orbite du train spatial est un impératif. En effet, les programmes de rendez-vous du calculateur du LM sont établis en supposant cette hypothèse satisfaite. Il est en effet plus simple pour les calculs de tenter une tangence sur un cercle que sur une ellipse*) Le moment est venu de faire sortir le module lunaire **de son âge glacière** et d'en réactiver les organes vitaux. Les astronautes doivent transiter par le tunnel, l'équipe de trois passagers se divise. Les deux chanceux vont commencer par s'installer dans le gros insecte pendant que Collins surveille et aide au bon déroulement des opérations. Toutes les situations que nous allons utiliser sont réunies dans le dossier <Scènes pour le LM>. Téléchargez **01) Passer à bord du LM noir et froid.scn** ce qui s'avère infiniment plus facile en cliquant sur la souris informatique que de se contorsionner avec difficulté pour franchir le petit tunnel que l'on doit ensuite refermer de façon étanche des deux côtés avant d'y faire le vide pour en purger l'air avant la séparation. La pression exercée serait trop forte sur les verrous pour en permettre le dégagement si l'on ne faisait pas le vide. Cette scène n'est pas conforme à la réalité. Pour découvrir les systèmes électriques, tout est coupé, alors que nous verrons plus avant qu'un certain nombre de servitudes étaient en énergie, soutenues par la liaison électrique avec le CSM. Vous vous doutez que nous reprendrons cette phase avec un LM dans un état plus conforme aux procédures de la NASA. Cette précision étant faite on peut commencer notre formation, et en préambule, on ouvre le chapitre **Procédure de Libération du LM** en **Page 30** du manuel **SERVITUDES.pdf** que l'on effectue jusqu'à l'item :

- Couper le radar : **SEL** pour **Radio/MP3 Panel** > **RAD**.

Par contre, pour l'instant il ne faut pas débrancher la ligne d'alimentation du LEM sur le CSM :

- ~~Vérifier 5 : **cb LM PWR-1 MNB** et 5 : **cb LM PWR-2 MNB** coupés.~~

Si l'on poursuivait, il n'y aurait plus d'énergie dans le module lunaire et les deux passagers se retrouveraient dans le noir complet sans pouvoir facilement établir les éclairages. Dans le CM, Collins reste donc en attente et aidera ses amis à préparer la séparation. Il a déjà validé le fonctionnement de la radio communication entre les deux vaisseaux. Surtout il ne largue pas ses deux copains, il faut leur laisser le temps de préparer le gros insecte. Donc pas question d'enchaîner immédiatement les items du chapitre ➤ **Libération du LM**. De plus, avant de séparer on doit transférer des informations depuis le CM, mettre à l'heure l'horloge de bord, s'assurer que tout va bien etc.



ATTENTION : Quand dans la procédure du manuel en **Page 30** on utilise **Project Apollo** MFD pour passer le nombre d'astronautes à 1 dans le CM et ainsi simuler le transfert de l'équipage, il faut impérativement changer ensuite de MFD ou couper ce dernier si l'on ne veut pas risquer l'aléa fréquent signalé en bas de la page 2.

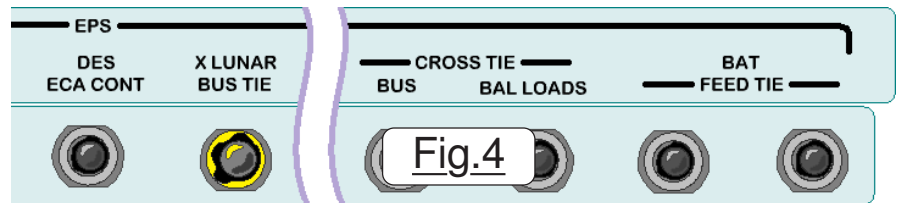
NOTE : Quand on observe le LM de NASSP, il n'y a qu'un seul pilote à bord. Vous avez compris qu'il s'agit d'une simplification que se sont autorisés les programmeurs. Il ne faut donc pas s'en étonner, mais imaginer pour "l'immersion" qu'ils sont deux dans l'étroit habitacle.

Pendant que Collins patiente dans le CM, on se sangle avec le harnais et l'on va ranger un peu l'appartement. Touche [F3], indexez le vaisseau Eagle puis pour passer à bord. Bien installé ? Alors on peut commencer à traiter quelques brouillilles. Actuellement certains systèmes sont alimentés à partir des piles à combustible du SM par l'entremise des interconnexions du sas d'accouplement. Le vaisseau est conditionné "pour la pédagogie" avec tous les sectionneurs coupés sauf X LUNAR BUS TIE de la section [EPS] sur les tableaux 11 et 16. (Exemple Fig.4)

Consultez le schéma électrique général Fig.7 page 6 du document sur la technologie du LM pour mieux situer ce disjoncteur.

NON, pas de panique ! Ce schéma semble très compliqué, mais ce

n'est qu'une impression première. Cette sensation désagréable résulte du fait que beaucoup de détails y sont représentés. Mais vous allez constater, et c'est le but de ces premiers exercices, que finalement une approche pas à pas révélera en fait une relative simplicité.



Première action : Mettre en service les éclairages sur les divers tableaux de contrôle. Actuellement dans NASSP ces manipulations sont encore sans effet, mais placer les commutateurs dans la bonne configuration n'est pas stérile. Pour l'immersion c'est plus réaliste, et si l'avenir modifiait la donne, nous aurions les bons réflexes et surtout le manuel de pilotage ne serait pas remis en cause.

- 5 : [LIGHTING] cont FLOOD OVHD/FWD ajusté à mi-course vers le haut.
- 5 : [LIGHTING] cont INTEGRAL également positionné à un réglage moyen.
- 5 : [LIGHTING] [OVERRIDE] sw INTEGRAL sur ON.
- 5 : [LIGHTING] sw SIDE PANELS sur ON.

Éclairages établis un peu partout il faut passer aux communications.

- 8 : [AUDIO] sw sur S-BAND T/R et 8 : [AUDIO] sw MODE sur VOX.

- Michael tu me reçois s'il te plait ?

- 5 / 5 avec tous les atténuateurs en ligne cher Neil !

- CAP COM ici Eagle vous nous copiez ?

- HOUSTON pour Eagle c'est OK pour nous aussi.

La liaison radio est établie pour le pilote en place gauche et la liaison vers la Terre confirmée.

- Vérifier 12 : [COMMUNICATIONS] sw PWR AMPL sur OFF.

À cette distance il faut impérativement couper l'amplificateur de sortie pour ne pas saturer les récepteurs du CSM et risquer d'endommager leurs étages d'entrée.

- 12 : [AUDIO] sw sur S-BAND T/R et 12 : [AUDIO] sw MODE sur VOX.

- Michael t'es toujours là ?

- Pas si fort Buzz tu me casses les tympans !

La liaison VHF est également effective pour le pilote en place droite. On en profite pour vérifier :

- 12 : [RECORDER] sw OFF et son drapeau sur

Ensuite, il serait dans l'ordre des choses de vérifier les échanges radio des données numériques avec le sol, car les ingénieurs supervisent 24 heures sur 24 la santé des systèmes embarqués, autant pour le CSM que pour le LM. Il serait aussi dans la norme de vérifier les transferts d'informations "biomédicales" sur la télémétrie etc. Mais dans le cadre de cet apprentissage on va "oublier".

On peut passer à l'établissement des circuits électriques.



Môamôa j'adore le mular nodule, heueheue le lumar monule, enfin le truc placard à balais car même les humains ils n'ont pas de coucouche panier ...

ÉTABLISSEMENT PAS À PAS DES ÉNERGIES ÉLECTRIQUES :

Bien installé ? Alors on peut commencer à traiter la mise en énergie. En principe l'intégralité des sectionneurs doit être en configuration coupée dans cette première approche mis à part les deux éléments qui assurent le raccordement à MNB du SM. Vérifier une conformité à un état général présumé est la première chose à faire avant de mettre les bus en énergie, et ce n'est pas nouveau. Nous avons déjà traité une telle phase lors du "pré-lancement". Il faudrait aussi vérifier quelques inverseurs critiques, mais comme on n'enclenchera un sectionneur dédié qu'après avoir effectué les vérifications d'usage, pour cette formation initiale on va écourter les manipulations.

Exercice n°1 : Extirper le module lunaire de son sommeil.

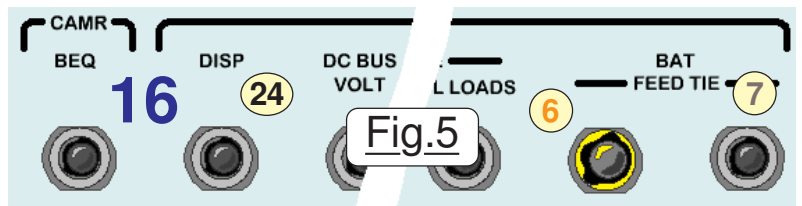
Inutile, je crois, d'insister sur le fait que dans cette étude des circuits électriques, les actions conduites ne sont pas conformes à l'ordre établi dans les procédures NASA. Nous allons dans ce cadre particulier agir progressivement pour comprendre chaque ligne d'alimentation spécifique et son influence sur l'ensemble. C'est primordial pour saisir le comportement des divers indicateurs sur les tableaux de bord. Pour avoir un "témoin visuel" bien remarquable de l'éveil du module lunaire, nous allons valider l'affichage du MISSION TIMER et du chronomètre événementiel :

- 11 : [FLIGHT DISPLAYS] **cb** MISSION TIMER armé. (Deuxième rampe de fusibles sur 11)
- 16 : [FLT DISP] **cb** EVENT TIMER/ SE FDAI armé. (En haut à gauche de 16)


On peut vérifier sur le tableau principal que les deux chronomètres sont éteints.

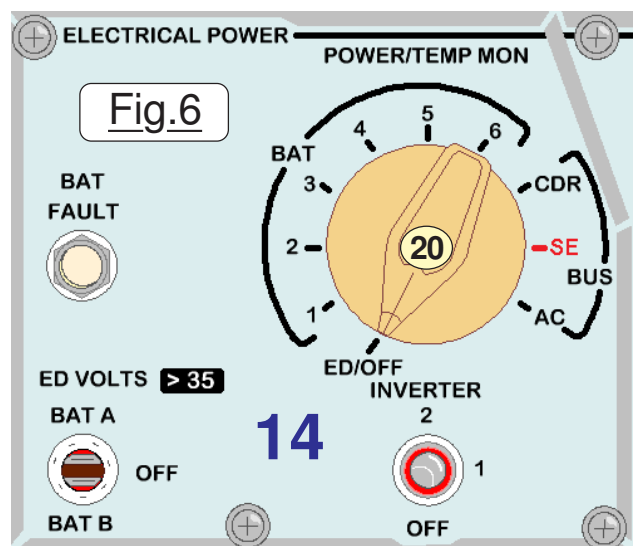
(Un bon conseil : Si vous désirez éviter les colères de Quivsv vous avez sacrément intérêt à garder bien en face de vous le schéma électrique général de la Fig.7 de la page 6 ... Enfin, c'est vous qui voyez)

Sur ce schéma nous avons bien fermé la liaison entre les BUS et les "TIMERS" par les sectionneurs 22 et 23. Vais vous constatez que 17 n'alimente pas BUS CDR et BUS LMP, mais uniquement divers SYSTÈMES. On va mettre en énergie le BUS LMP noté plus souvent SE sur les tableaux de bord. Dans ce but, comme montré sur la Fig.5 ci-contre, armez le sectionneur 6. L'EVENT TIMER s'illumine ce qui prouve bien que divers systèmes sont alimentés pour peu que leur sectionneur individuel soit armé. Par contre le chronomètre de mission est toujours discret, il faut qu'une autre condition au moins soit satisfaite pour le voir s'animer à son tour. Mais avant nous allons conduire une expérience très simple mais révélatrice.

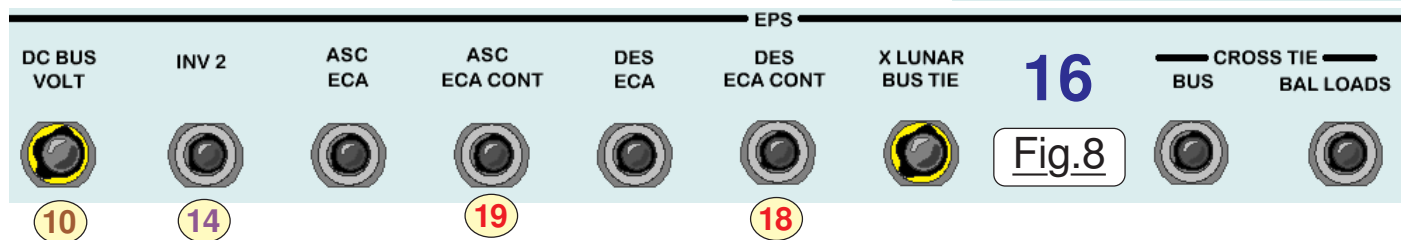
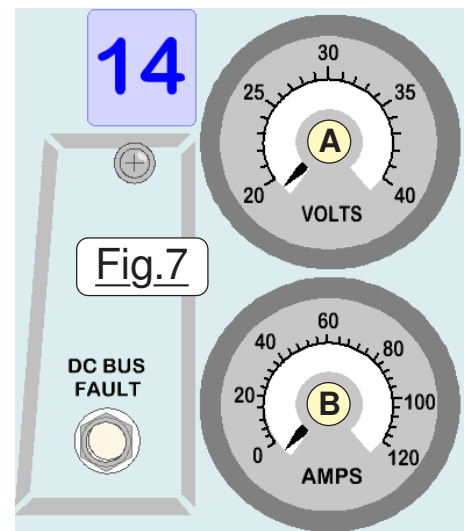


Exercice n°2 : Un raisonnement électrique élémentaire.

Assurément, un schéma ne montre que des possibilités combinatoires. Une telle affirmation assénée avec autorité peut faire illusion lors d'une soirée mondaine. Mais pour la compréhension du LM nous ne sommes pas plus avancés. On imagine assez bien qu'un dessin tel que celui de la Fig.7 n'est qu'une vulgaire "photographie" qui ne peut dévoiler la position des divers inverseurs qu'au moment de la prise de vue. Un tel schéma ne représente donc pas forcément une réalité. De plus, les relais représentés par  ne précisent pas si la liaison est coupée ou effective. Au fait, c'est quoi des RELAIS ? À votre place je poserais cette question de façon plus discrète. Vous avez de la chance que Quivsv est allé changer l'eau des poissons rouges. Alors ouvrez sans plus tarder le manuel sur les technologies en page 16 et avalez avec boulimie tout ce qu'elle contient. C'est bon pour les RELAIS BISTABLES ? OK on peut passer à une expérience presque récréative. L'EVENT TIMER est allumé ce qui prouve que le sectionneur 22 est enclenché et surtout que le BUS LMP est bien sous tension actuellement. Pour s'en convaincre, placez le sélecteur rotatif 20 sur la position SE (Repérée en

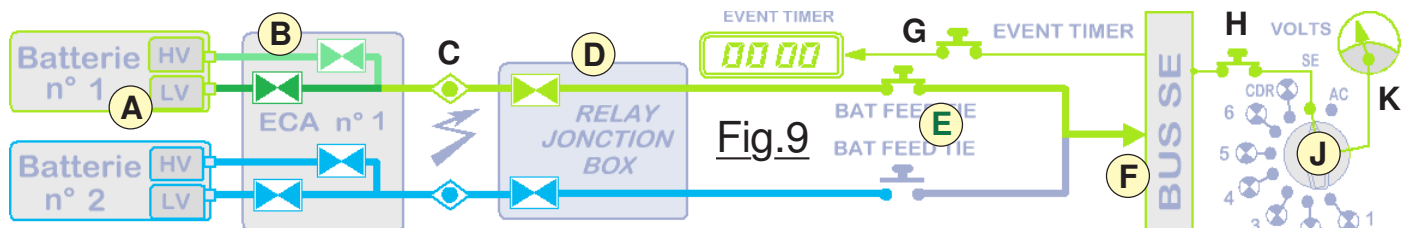


mesurer la tension sur **BUS LMP**. (*LMP ou SE en fonction des documents désignent la même ligne d'alimentation mais c'est SE que l'on retrouvera sur les tableaux*) Pour mesurer les tensions on utilisera l'instrument **A** représenté sur la Fig.7 alors que les courants débités seront indiqués par **B**. Le choix de l'entité mesurée se fait par le sélecteur **20**. Curieux, l'appareil dévie correctement quand on passe sur les positions **1** à **6** qui mesurent directement aux bornes des batteries. Donc le voltmètre est fonctionnel. Pourtant sur position **SE** il revient en butée zéro ! En observant plus attentivement le schéma, on remarque vers le bas du dessin que la liaison transite vers l'appareil de mesure par l'intermédiaire du sectionneur **10**. Armez cet élément sur le tableau 16, cette fois l'aiguille tourne et indique une tension nominale. Notez au passage que la valeur mesurée sur le BUS est plus faible que celle qui se trouve aux bornes des batteries. C'est normal. D'une part il y a toujours de la "perte en ligne", la



résistance des conducteurs et des disjoncteurs n'étant jamais nulle, sans compter sur d'éventuels régulateurs intercalés en ligne, des diodes d'interdiction etc. Maintenant que nous savons "contrôler le pouls" de notre vaisseau, on peut déjà tirer une première conclusion de cette expérience simpliste : **CONCLUSION n°1 : Le voltmètre peut rester à zéro alors que le BUS est sous tension.**

Forts de cette première broutille, on peut expliquer facilement le cheminement du courant électrique. Comme nous avons tout compris, il devient aisé sur la partie simplifiée du schéma donné en Fig.9



de détailler le cheminement du courant électrique colorié en vert sur ce dessin :

Partant de la batterie n°1 en **A** il traverse l'électronique ECA n°1 en **B**. Deux voies sont possibles, et nous ne savons pas laquelle est actuellement validée, raison pour laquelle les couleurs vertes y sont différenciées. Puis les électrons transitent par le disrupteur **C** qui sépare l'étage de descente de celui de remontée. En **D** le **RELAIS JUNCTION BOX** est forcément en configuration travail. Le courant arrive en **E**, traverse le sectionneur et alimente en **F** le BUS SE. Depuis **F** l'énergie va enfin alimenter l'**EVENT TIMER** par le truchement du sectionneur **G**. Enfin, **F** informe l'instrument de mesure **K** sélectionné par le rotacteur **J** et relié au BUS par le sectionneur **H**. Élémentaire non ?

C' est pourtant ce raisonnement presque simpliste qui sera à mettre en œuvre chaque fois que nous aurons un quelconque problème électrique à résoudre, et vu la distribution énergétique adoptée dans le minuscule vaisseau, de nombreuses surprises sont à l'affut. Avec notre beau diplôme d'électricien confirmé en poche, on va réitérer cette gymnastique bien reposante pour notre matière grise, histoire de conforter notre sagacité dans ce domaine. Par exemple nous allons couper **E** et alimenter par la chaîne inférieure coloriée en bleu, autrement dit nous allons libérer la batterie n°1 et faire débiter l'élément n°2. Pas de quoi en attraper une insomnie. Coupez le sectionneur **6**. Immédiatement la tension mesurée s'annule et sur le tableau 1 le chronomètre est de nouveau éteint. Évident. Bon, pour mettre en ligne (*FEED TIE*) la batterie n°2 il suffit maintenant d'armer le sectionneur **7** ce qui ne demande qu'un petit clic de souris et le tour est joué, le voltmètre doit à nouveau remonter à 32 Volts et l'affaire est classée "sans suite".

Mazette, mais c'est qu'il ne remonte pas l'indicateur, son aiguille reste sur la butée zéro ! C'est pas nouveau, chaque fois que le Nulentout nous prédit du facile c'est la déconvenue assurée, alors cette fois on ne se laisse pas prendre, on se doutait bien qu'il se tramait une "vacherie" en coulisses ! Bofff, on s'en fiche, on va lui montrer qu'on a compris :

- 1) L'**EVENT TIMER** est noir alors que **G** est armé >>> Le **BUS LMP** n'est donc pas alimenté.
- 2) Le sectionneur **E** de la ligne du bas est armé, donc c'est avant lui qu'il y a coupure.
- 3) Le couple **RELAIS JONCTION BOX** et **DEADFACE RELAIS** active ou coupe simultanément les cinq relais verts de la Fig.7 (*TECHNOLOGIE Page 6*) pour isoler ou établir toutes les liaisons d'un coup entre les deux étages. Sa commande se fait par l'inverseur **DEAD FACE** qu'il faudra manipuler avec circonspection. Puisque la ligne de la batterie n°1 est active, c'est que ce système est passant.
- 4) Les interrupteurs en **C** (Fig.9) sont d'une "fiabilité totale". Si celui du haut en vert est passant, il n'y a aucune raison pour que celui en bleu du bas ne le soit pas non plus, ce ne sera le cas qu'après avoir effectué la séparation pyrotechnique des deux étages, ce qui pour le moment n'est pas le cas.

CONCLUSION : La batterie n°2 étant à 34 V on peut affirmer avec certitude que les deux relais bleus de l'ECA n°1 en **B** sont à l'état REPOS et non passants. (*Armer 18, actionner 1etc*)

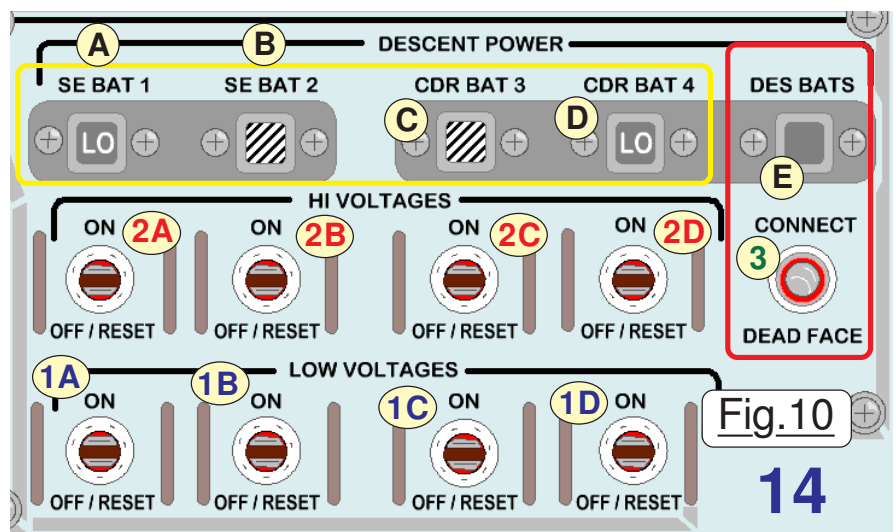
- Hé bé les copains, sur ce coup vous m'avez complètement époustouflé !

Exercice n°3 : Mise en ligne des batteries.

Poursuivant avec autorité et détermination, nous allons toujours aussi facilement apprendre à mettre en ligne individuellement les diverses batteries de l'étage de descente, et débiter par la libération de la n°1 et la mise en circuit de la n°2. Coupez **7** et rétablissez **6**, le BUS SE est ressuscité. Armez alors le disjoncteur **24** de la Fig.5 disponible sur le tableau **16**. Comme montré sur la Fig.10 les drapeaux d'état des divers **RELAIS BISTABLES** s'animent et indiquent la configuration actuelle. Dans l'encadré rouge nous avons la commande et l'état des systèmes d'isolement électrique entre étage de descente et module de remontée.

ATTENTION, la couleur rouge n'est pas innocente, si vous coupez la liaison inter-étages dans une mauvaise configuration d'ensemble c'est la perte définitive du vaisseau et de son équipage. Alors pour le moment on n'y touche pas !

L'encadré jaune pour son compte est représentatif de l'état des **RELAIS BISTABLES**



des deux modules ECA n°1 et ECA n°2. Premier constat, si tout va bien et si l'équipe au sol avant lancement a correctement réalisé son travail, les drapeaux doivent s'animer, comme montré sur la Fig.10, et adopter la combinatoire qui s'y trouve représentée. Pour ne pas risquer l'hystérie de Quivsv, vous avez bien compris la notion de batteries de complément et l'usage des drapeaux binaires à trois états, explications en page 5 du "manuel" **TECHNOLOGIE du LM.pdf**. Conformément aux protocoles NASA, seules les batteries n°1 et n°4 sont en service, et en mode LOW VOLTAGES.

Cliquez sans hésitation sur les neuf inverseurs de la Fig.10 pour voir ce que ça fait. Rien du tout ! En regardant un peu mieux le schéma, nous voyons que pour pouvoir agir sur les relais du module de descente il faut au préalable armer le sectionneur **18**. (*Voir Fig.8*) Actionnez **1B**, le drapeau **B** devient **LO**. Testez à son tour **2B**. Le drapeau affiche **■** et nous sommes en mode HI VOLTAGES. Comme en début de mission ce n'est pas raisonnable, rectifiez avec **1B** vers le haut. Coupez la batterie n°4 par action vers le bas sur **1D**. Isolez la batterie n°1 avec **2A** vers le bas. **Scongregnueu, tout s'est coupé !** Pas de panique, le **BUS SE** est bien inerte ce que confirme L'**EVENT TIMER** tout noir, mais une analyse détaillée du schéma va nous permettre de vérifier que

nous n'avons pas perdu le contrôle du vaisseau et que nos jours ne sont pas en danger.

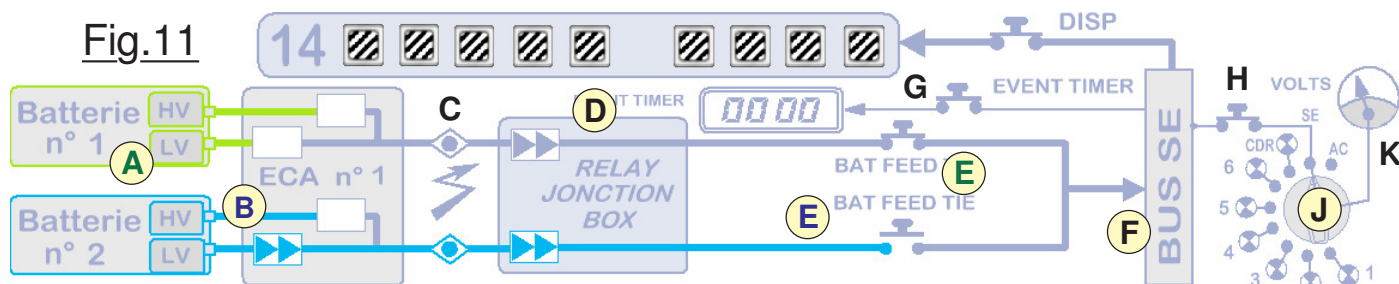


Encore heureux bande d'innocent que ça ne fait rien du tout. Si la commande avait été valide, en passant le CONNECT sur DEAD FACE c'est vous qui seriez en configuration DEAD, comme votre cerveau du reste.

Ben c'est pas de ma faute, je vous avais dit qu'il ne faut pas y toucher à DEAD FACE Môamôa, surtout que P... a fini de changer l'eau des poffonc et qu'il est revenu !

Avant d'analyser la situation, on notera que les inverseurs **1** et **2** positionnés vers le bas ont un effet identique : celui d'isoler la batterie concernée. Examinons calmement la Fig.11 qui représente l'état actuel de la distribution électrique. Pour nous aider à raisonner les relais "ouverts" sont représentés en blancs, et ceux qui sont passant ont pour symbole deux flèches dans le "sens de l'alimentation". Les circuits non alimentés sont colorisés en gris clair. Avant de couper en **A** la batterie n°1, le RELAIS BISTABLES de LOW VOLTAGES **B** a été laissé en état passant d'où le circuit actuellement alimenté en bleu clair. Comme **A** n'est plus en ligne et que **E** est coupé, le BUS est

Fig.11



inerte. Le compteur numérique n'éclaire plus, et les drapeaux électromécaniques ne sont plus en énergie malgré que leur sectionneur **DISP** soit actuellement armé. Ils passent donc tous en état . Hors le relais correspondant à **1B** est en configuration passante, on peut en déduire :

CONCLUSION n°2 : Un drapeau affichant ne signifie pas forcément que le relais BISTABLE associé est ouvert, c'est à dire NON PASSANT.

Alors les copains, comment allons nous nous sortir de cette situation inconfortable ? Ce n'est pas compliqué, regardez bien le dessin. Et oui, en armant le sectionneur **E**, c'est à dire **7** sur le schéma. Du reste, vu que la batterie n°1 est hors service, on peut sans problème couper en **E** son disjoncteur BAT FEED, autrement dit **6** sur le schéma.

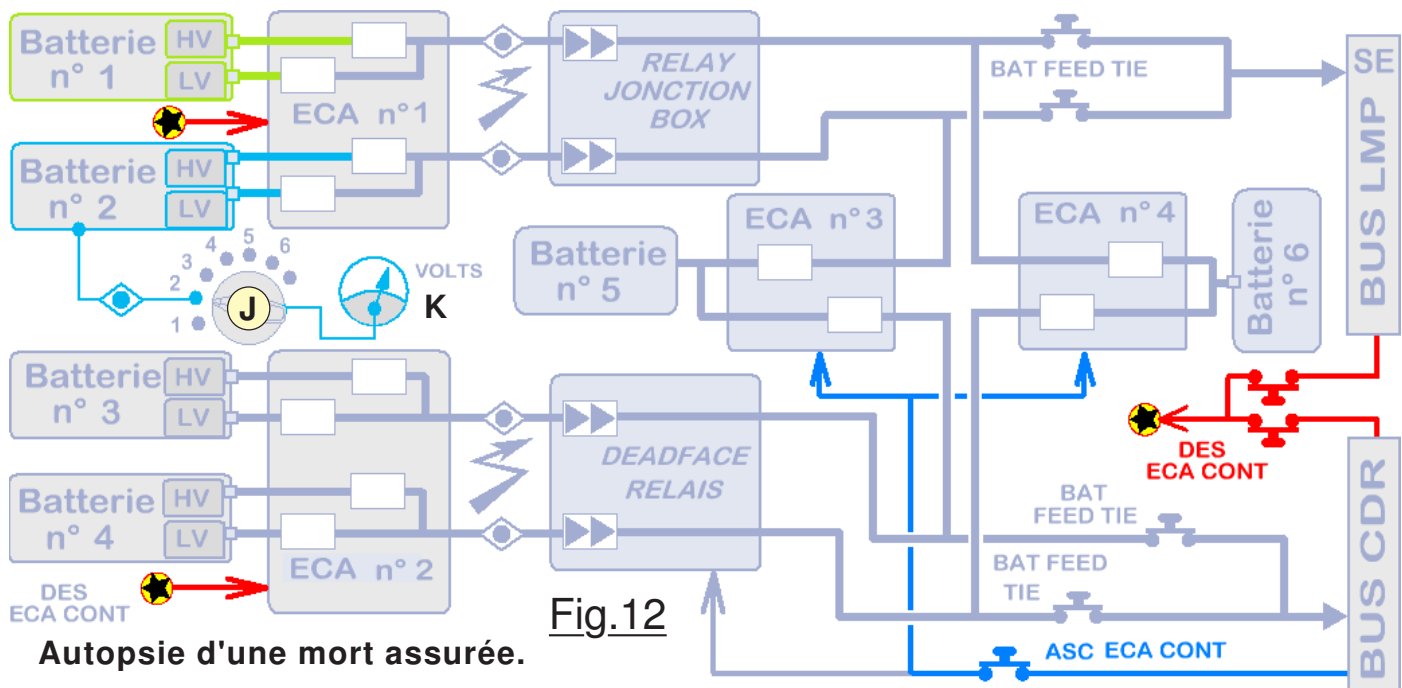
Exercice n°4 : Situation sans issue ... autre que la perte de l'équipage.

Autant dans le simulateur de la NASA on peut se permettre cette plaisanterie, autant une fois à bord et séparés, loin du CSM, la situation que nous allons créer volontairement ne devra jamais se produire sous peine d'engendrer deux veuves éplorées, ainsi que la fin des vols lunaires. Comme cette situation doit être parfaitement comprise des pilotes, la provoquer sciemment dans le simulateur fait partie de la formation standard et nous avons l'aval de P...

Toujours sereins, on coupe la batterie actuellement en ligne soit avec **1B** soit avec **2B** puisque nous savons que sur les positions **OFF/RESET** les deux inverseurs associés ont un effet identique. Comme on s'en doutait le dernier drapeau devient et le voltmètre s'effondre. NO PROBLEM, suffit de réenclencher les RELAIS BISTABLES pour remettre les batteries en ligne.

Clic clic clic clic clic ... TROP TARD ! Vous pouvez vous énerver autant que vous le voulez, devenir plus rouges que Quivsv, rien à faire. C'est l'aphasie totale. RIEN DE RIEN. Le LM est définitivement inerte. Plus rien à bord ne fonctionne, l'équipage est condamné. Que se passe-t-il ?

La Fig.12 donnée en page suivante représente l'état actuel du réseau électrique dans le module lunaire, (Tout au moins pour la partie qui ici nous concerne) avec les conventions déjà précisées dans les textes précédents. Tous les sectionneurs sont armés, mais seuls les RELAIS BISTABLES de RELAIS JUNCTION BOX et de DEAD FACE RELAIS sont en état passant comme symbolisé sur le dessin. Pour rétablir les énergies, il suffirait de remettre en ligne (**FEED TIE**) l'une des six batteries disponibles. Dans ce but un seul des six relais intégrés aux modules électroniques ECA passant à l'état travail serait suffisant. Le problème, c'est que ECA n°1 à ECA n°6 sont alimentés par les lignes tracées en rouge et en bleu sur le dessin. Hors ces lignes sont fournies en énergie par BUS SE ou BUS CDR ... DOMMAGE ! C'est un peu comme chez vous, il ne sert à rien de réenclencher votre disjoncteur secteur si le réseau électrique de la ville est hors tension. Il n'y a plus rien à faire, **la seule parade c'est de ne jamais provoquer cette configuration.** Page 9



Autopsie d'une mort assurée.

Le plus agassif, c'est que la mesure sur les batteries par le truchement de **J** continue d'indiquer en **K** des tensions nominales, car l'instrument de mesure est relié directement aux batteries. Il me semble opportun de tirer immédiatement les leçons de cet exercice bien élémentaire :



CONCLUSION n°3 : Il ne faudra jamais faire passer à l'état repos (Donc pour les 9 drapeaux associés) les 12 RELAIS BISTABLES simultanément, sous peine de perdre définitivement toutes les énergies de bord avec les conséquences dramatiques qui en découlent. (Perte du vaisseau et de son équipage)

Suite à cette expérience, il serait bien dommage de ne pas revenir sur la configuration du LM avant qu'il ne soit emballé pour le transport. Revenons à la Fig.10 qui traduit la préparation avant lancement. Les batteries n°1 et n°4 sont en service, ce n'est pas le fruit du hasard. Imaginez que seules les n°1 et n°2 soient sollicitées. Rien ne permet d'exclure un incident important du type court-circuit important dans l'ECA n°1 qui déclencherait les sécurités interne : les quatre RELAIS BISTABLES immédiatement mis en isolement. En effet, le plus grand risque d'incendie provient des batteries qui en situation de court-circuit peuvent débiter des courants électriques vraiment très importants avec fonte des conducteurs en cuivre et tout ce qui peut en découler. Dans cette éventualité qu'il ne faut jamais éluder sous prétexte qu'elle est infinitésimale, chaque concepteur d'un module électrique y inclus des "fusibles". ECA n°1 isolé nous nous retrouverions dans la configuration énoncée dans l'encadré rouge. D'où l'activation systématique des batteries situées à la fois dans les BUS CDR et BUS LMP. Une seule batterie de chaque groupe, s'il y a "disjonction" on ne perd pas sa voisine qui probablement pourra être mise en ligne en remplacement. On ne valide les quatre batteries que pour la phase critique du vol : La descente étant donné que sa demande en courant est alors boulimique.

Exercice n°5 : Deux veuves de plus !


L'idée consiste à étudier une deuxième situation qui conduit à la perte du vaisseau. Nous aurons ainsi en main toutes les informations pour rester prudents et garder bien présent à l'esprit les deux grosses bévues à ne jamais commettre, que seul le simulateur pardonne. L'expérimentation de ce cas de figure sera effectuée dans les conditions précédentes juste avant d'avoir isolé notre dernier RELAIS BISTABLES. Chargez **02) LM encore en vie.scn**, machine à remonter le temps qui nous permet de revenir juste avant le clic tragique. **Haaaa, si dans la vie de tous les jours il était possible ainsi de revenir en arrière, combien de bourdes éviterions-nous ?**

Pour assurer un maximum de sécurité, mettre en ligne les quatre batteries du module de descente en mode LOW VOLTAGES. Les quatre drapeaux **A, B, C** et **D** de la Fig.10 affichent **LO**. Placer le rotacteur **20** (Fig.6) sur la position **CDR**. Manifestement le BUS CDR n'est pas sous tension. C'est

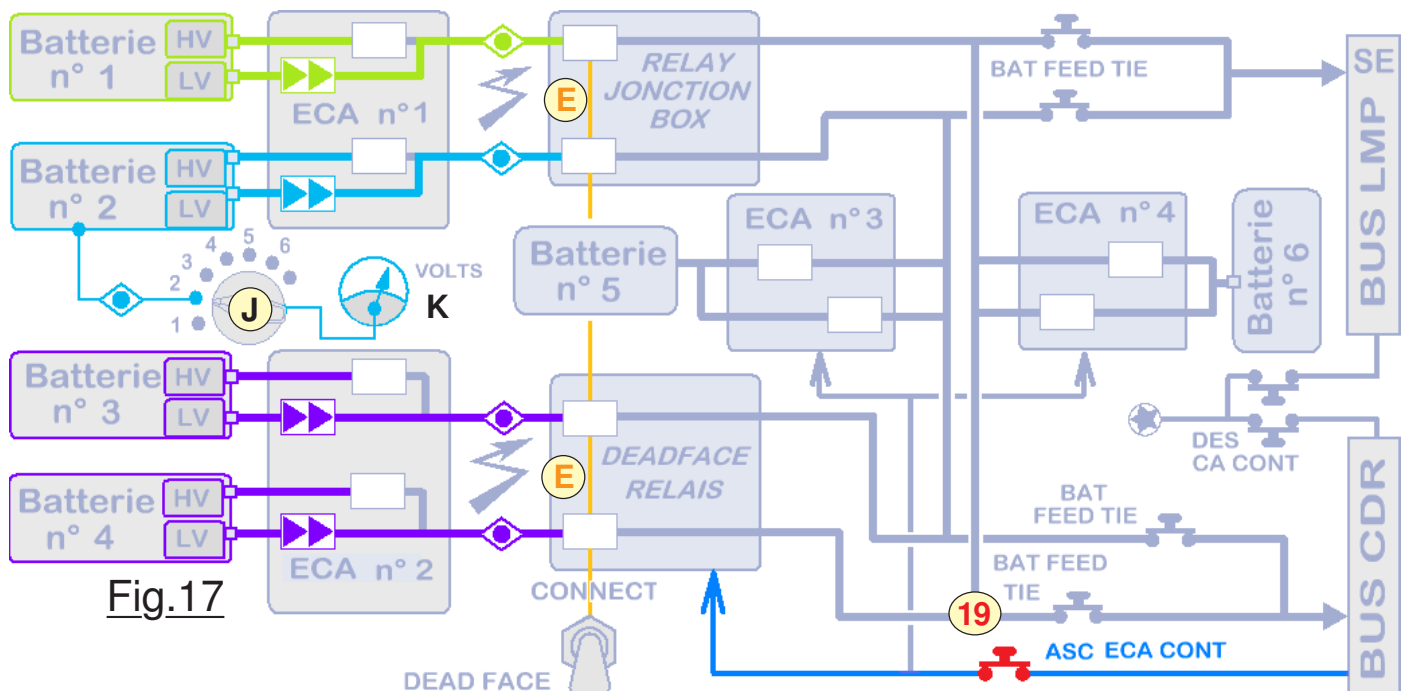
dernier, que pour un BUS CDR alimenté il faut de plus armer les sectionneurs **8** et **9** car pour l'instant nous n'avons fait que passer que les quatre RELAIS BISTABLES au travail, mais les batteries n°3 et n°4 ne sont toujours pas totalement en ligne. C'est fait en armant **8** et **9**, mais pour pouvoir le



vérifier sur le voltmètre **20** il faut aussi rendre passant le sectionneur **10**. À ce stade de votre formation vous devez vous montrer capables de mettre en ligne n'importe quelle batterie, et vérifier avec les instruments de mesure que les divers BUS sont bien sous tension ou non.

Conformément au protocole de la formation, basculer l'inverseur **3** de la Fig.10 sur la position **DEAD FACE** pour voir ce que ce petit clic va faire. Rien du tout ! OK, on se concentre et l'on regarde le schéma Fig.7 dans **TECHNOLOGIE du LM.pdf** à la page 6. Ha oui, c'est vrai, l'inverseur **3** commande bien simultanément les cinq relais de séparation, mais il faut pour qu'il agisse alimenter les modules électroniques avec **19**. Le schéma général de la Fig.7 n'est pas complet on s'en doute. Par exemple on pourrait croire que pour RELAY JUNCTION BOX c'est **19** du tableau **16** et pour DEADFACE RELAIS c'est **19** du tableau **11**. En réalité n'importe quel sectionneur sera suffisant car les lignes sont croisées par des diodes d'interdiction non représentées sur le dessin. (Voir l'encadré à ce sujet en haut de la page 12) Contentez-vous de l'un des deux et l'inverseur va réagir. Clic ... pouf, les cinq drapeaux sont en berne : .

En berne comme BERNIQUE ! Un petit clic pour un grand choc. La Fig.17 traduit la configuration actuelle. Elle ressemble étrangement à celle de la Fig.11 avec quelques variantes, mais le résultat global est identique : Un fonctionnaire habillé de noir va aller rendre visite aux deux épouses des heureux élus qui dans le module lunaire ne peuvent même plus dire Adieu car plus rien de fonctionne.



Pour rétablir le courant électrique il suffit de refaire passer au travail en **E** les RELAIS BISTABLES qui sont commandés simultanément par l'inverseur **DEAD FACE**. Mais, bien que le sectionneur **19** soit armé, c'est toujours "le serpent qui se mord la queue". L'électronique est alimentée soit par BUS CDR, soit par BUS LMP. Comme aucun des deux ne reçoit de l'énergie, la situation est définitivement figée, il n'y a plus rien à faire sauf démonter les tableaux de bord, ouvrir les boîtiers électroniques et mettre des pinces crocodiles entre les bon fils ... HOLLYWOOD en définitive ! Mais avant de placarder un beau cadre rouge de plus, une petite réflexion s'impose. On a vu que pour agir sur les relais de l'étage de descente, on impose les sectionneurs DES ECA CONT. (*CONTrôle des électroniques ECA du module de DEScente*) Par contre,

Diodes d'interdiction :

La Fig.18 va nous aider à comprendre le fonctionnement d'un circuit croisé avec diodes d'interdiction. N'oublions pas que les deux BUS CDR et SE sont en liaison avec une multitude de circuits électriques gros consommateurs d'énergie. Supposons par exemple que l'isolement de l'étage de descente a été effectué alors que seul le BUS CDR était en liaison avec l'une des batteries de l'étage de remontée, raison pour laquelle il est colorié en jaune sur le dessin. Pour réalimenter le vaisseau avec les batteries n°1 à n°4 on va faire passer au travail les relais **A** et **B**.

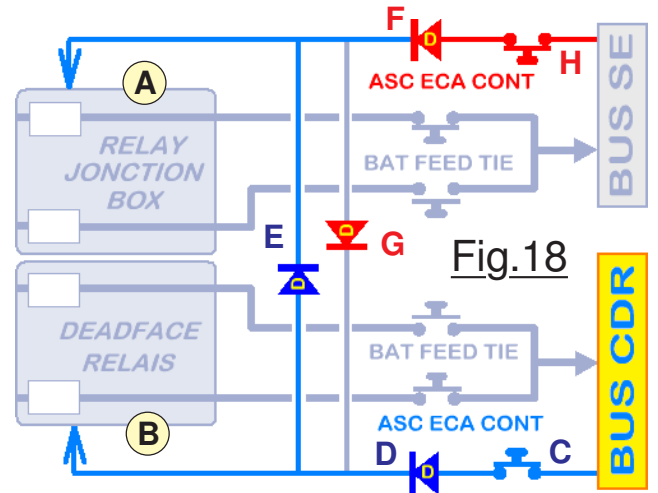


Fig.18

Dans cette optique il faut alimenter les électroniques de RELAY JUNCTION BOX et de DEADFACE RELAIS. On arme le sectionneur **C** qui à travers la diode **D** alimente **B** et à travers la diode **E** fournit du courant à **A**. La ligne bleue permet bien de fournir en énergie les deux ensembles électroniques. S'il n'y avait pas la diode **F** qui interdit le passage du courant, la ligne bleue alimenterait le BUS SE. Mais les sectionneurs tels que **C** et **H** ne protègent que des "fils" à faible débit pour des circuits de commande, et non de "gros fils" pour forte puissance. Ils ne sont pas prévus pour de fortes intensités telles que celles délivrées par les BUS. Le courant ne doit donc aller que de **C** vers **A** et surtout pas de **C** vers **H** d'où les diodes **E** et **F**. De façon identique dans l'autre croisement tout aussi normal, le courant ne doit circuler que de **H** vers **B** et non de **H** vers **C**, d'où les diodes **G** et **D**. C'est ce que l'on nomme des diodes d'interdiction.

pour agir sur DEAD FACE le tableau de bord a été volontairement encombré de deux sectionneurs de plus. C'est pour bien rappeler aux équipages qu'il faut impérativement mettre en ligne les batteries de l'étage de remontée AVANT de faire quoi que ce soit avec cet inverseur. La dernière conclusion fondamentale coule maintenant de source :



CONCLUSION n°4 : Il ne faudra jamais faire passer à l'état DEAD FACE (Donc pour son drapeau spécifique) l'inverseur CONNECT sans avoir au préalable mis en configuration au moins l'un des RELAIS BISTABLES des batteries n°5 ou n°6 de l'étage de remontée sous peine de perdre définitivement toutes les énergies de bord avec les conséquences dramatiques qui en découlent.

Exercice n°6 : Mise en ligne des batteries.

Avant d'entamer le chapitre sur les mesures de sauvegarde : l'éternel chapitre sur "COMMENT PALIER UN PROBLÈME GRAVE", on va terminer le précédent par quelques manipulations élémentaires pour bien ancrer une fois pour toute dans nos réflexes les diverses actions qui conduisent à la mise en ligne ou à l'isolement d'une batterie particulière. Nous pouvons dans cette optique repartir de la scène **02) LM encore en vie.scn** qui n'est pas encore bien utilisée, il faut bien la rentabiliser. À titre de révisions, débrouillez-vous pour isoler la batterie n°2 qui en standard ne doit pas être en ligne en début de mission, et d'assurer l'alimentation des deux BUS SE et CDR en mode LOW VOLTAGE. Le dessin Fig.19 résume ce à quoi vous devez aboutir. ATTENTION, c'est une interrogation et *Quivsv* surveille. Un clic qui "DEAD l'équipage" et vous serez définitivement rayés de la liste des astronautes en partance pour la Lune ! Concentrez-vous sur le schéma électrique général. Avant de couper un circuit déterminez mentalement ce qui change, et surtout si l'action tient bien compte des CONCLUSIONS, surtout des rouges. Allez, buvez une bonne tasse de café, prenez l'air décontracté comme si tout vous semblait d'une évidence historique. C'est dans ces conditions que l'on comprend la nécessité impérieuse des CHECK-LISTS. Mais le texte de l'interrogation est très clair sur ce point : INTERDICTION FORMELLE d'ouvrir le manuel de vol. Seul le plan des circuits électriques est autorisé, et seuls ceux qui auront réussi sans erreur verront leur nom rester dans la liste des volontaires encore en course pour le placard à balais. Le texte du

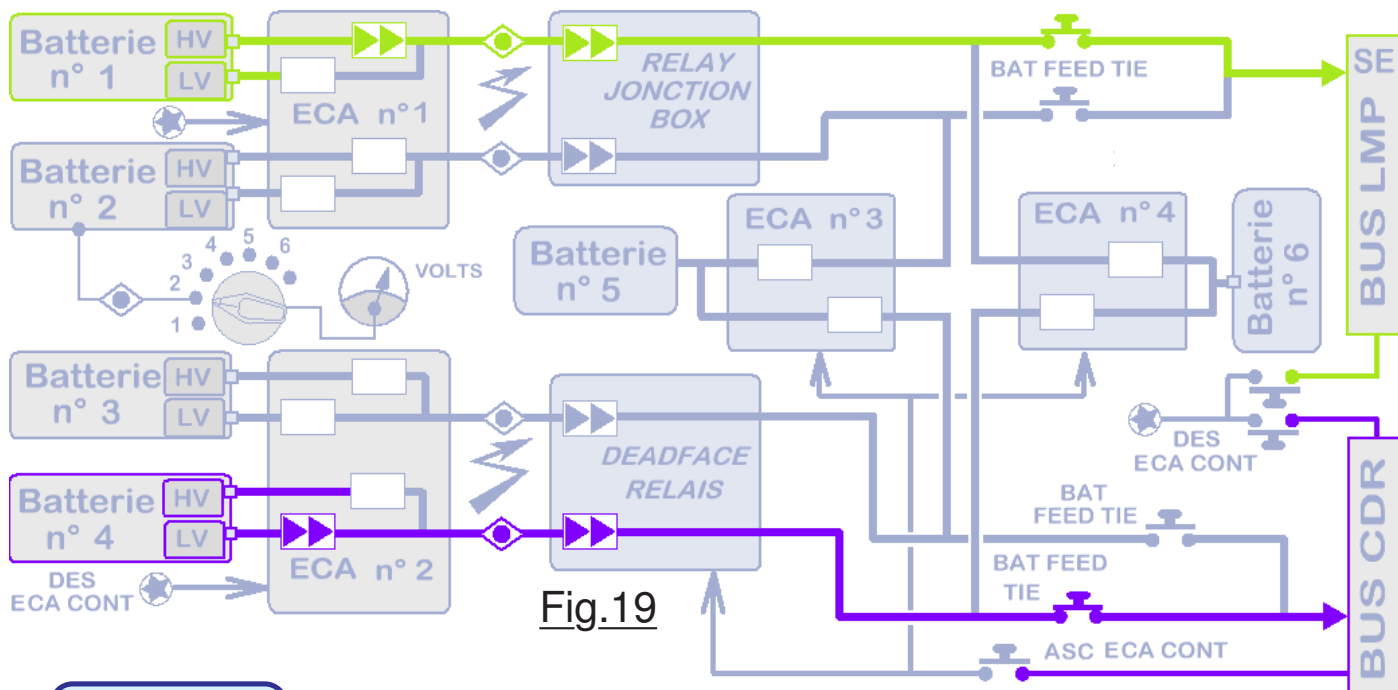


Fig.19


CORRIGÉ

totallement inutile, puisque l'expérimentation vous sanctionnera immédiatement, cet exposé n'est ajouté que pour enfoncer une fois de plus le clou, mais je suis certain que vous avez entièrement satisfait les conditions du test, sans un seul clic de trop et que vous êtes sortis du simulateur, décontracté dégingandés les deux mains dans les poches. Bon, pour ma part je vais transpirer un peu, car je déteste "frimer" en public :

- Sélecteur **20** sur position **SE** : on va surveiller le BUS SE.
- **1A** et **1D** pour passer à l'état travail les deux relais des batteries n°1 et n°4.
- **6** pour mettre en ligne la batterie n°1.
- En principe on pourrait déjà isoler l'élément n°2, mais comme il n'y aurait que la batterie n°1 en ligne, côté marge de sécurité c'est inacceptable. En cas de disjonction ce serait le "DEAD", et vu la mine réjouie des ingénieurs de gestion du simu, ils nous prépareraient un sale coup.
- **9** pour mettre en ligne la batterie n°4, cette fois nous avons les deux éléments en ligne. Si le vaisseau avait été victime d'une cascade d'incidents électriques graves, et que des doutes planaient sur la bonne santé de l'étage de descente, on activerait par sécurité (Redondance) l'une des deux batteries n°5 ou n°6, mais actuellement tout est nominal, pas de catastrophe à craindre. On peut couper l'élément n°2 sans autre forme de procès.
- **7** pour isoler la batterie n°1 et **1B** vers le bas qui fait passer son relais en configuration repos. *OUF, le bus SE est toujours en pleine forme.*
- Sélecteur **20** sur position **CDR**, **GNARF** **GNARF** ya plus de jus !
- Surtout ne sursautiez-pas, prenez l'air détaché comme si vous aviez parfaitement compris immédiatement que c'est la **CONCLUSION 1** qui s'applique ici. Petit sourire narquois vers les ingénieurs du simu et hop on continue comme si de rien n'était :
- Clic sur **10** du tableau **11**. Chic chic chic l'est aux petits oignons le **CDR BUS** !
- Couper **24** (Fig.5) dans le but de ne plus alimenter les mécanismes des drapeaux. *Les voir tous passer en [hatched] file un petit coup de nerf, mais continuez à siffloter l'air totalement détendu, rapide regard sur le voltmètre ... OUF, les bus sont toujours au top niveau.*
- On peut déjà couper les deux sectionneurs **10** et repasser le sélecteur **20** sur position **ED/OFF**. **REMARQUE** : L'inscription **POWER/TEMP MON** insiste sur les informations suivantes :
- POWER** : On mesure la distribution sur les BUS.
- TEMP MON (TEMPORAIRE MONITEUR)** : Il ne faut pas laisser l'indicateur en service car il consomme inutilement un petit courant électrique qui sur le long terme n'est plus négligeable.
- Il ne reste plus qu'à couper l'intégralité des sectionneurs, y compris **6** et **9** pour bien montrer qu'il n'y a aucune conséquence à couper tous les **cb** à partir du moment où la configuration des RELAIS BISTABLES laisse au moins une batterie en ligne jusqu'à **BAT FEED TIE**.

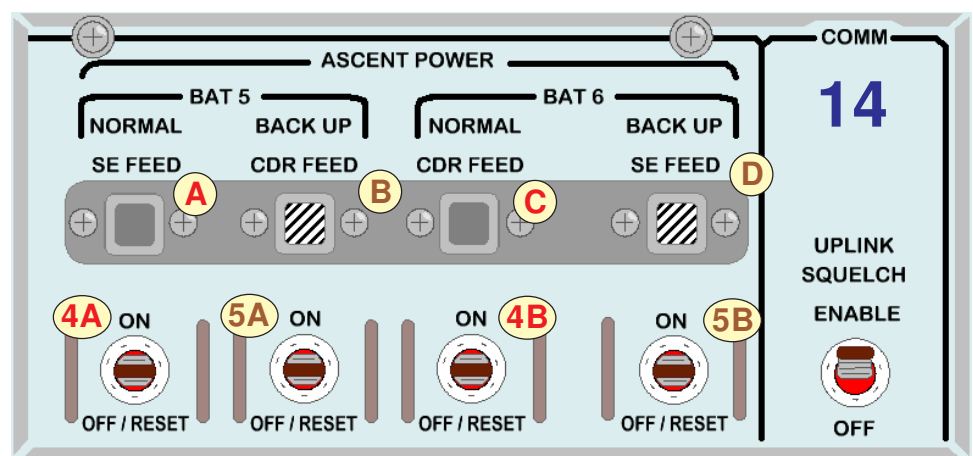
Exercice n°7 : Mise en ligne des batteries de l'étage de remontée.

Éternel recommencement, à titre de conclusion pour tout ce qui précède, nous allons nous faire une petite révision sur la mise en ligne des batteries, sauf que dans ce dernier exercice sur le sujet, ce sont celles du module de remontée que l'on va solliciter. Comme situation de départ pour cette expérience nous allons donner dans du sérieux. C'est avec le manuel en main ouvert à la page 8 et avec la scène **03) Mettre en service les batteries 5 et 6.scn** que nous allons opérer. On constate dans **PROCÉDURES du LM.pdf** qu'une page entière est réservée à cette phase pourtant simple. Les protocoles tiennent compte d'une foule possible d'aléas et prennent des précautions pour éviter tout incident critique. C'est parti : On passe sur le tableau **14**. Au passage on peut remarquer sur le tableau **1** que **QUANTITY OXIDIER** et **FUEL** affichent **01 %** d'ergols. Mais nous n'avons pas encore séparé les deux étages avec les pyrotechniques, il s'agit donc des réservoirs du module de descente.

Nous sommes en fin de séjour lunaire et l'on peut constater que l'équipage a passé les batteries n°2, n°3 et n°4 en mode **HI VOLTAGE**. On en déduit facilement qu'une alerte de tension faible sur ces trois éléments a incité les deux résidents à utiliser cet artifice pour prolonger l'utilisation de ces trois sources de courant. CDR et SE sont tous les deux à environ 32 V, nous sommes en conditions normales avec respectivement 16 ampères sur CDR et 5 ampères sur SE. Après avoir commuté **20** sur **5**, (**19 Fig.16 étant armé**) on force en ligne la batterie n°5 avec **4A** en standard. Comme montré sur la Fig.20 le drapeau associé passe en , mais surtout on constate une faible diminution de sa tension. Avec **20** on peut vérifier que la valeur correspond à la tension de la batterie n°2, celle qui présente le potentiel le plus important. Passer **20** sur **6** puis activez cette batterie avec **4B**. La tension à ses bornes chute un peu et le courant qu'elle débite augmente légèrement. Comme indiqué dans le manuel on vérifie les tensions présentes sur les deux bus principaux. Tous deux étant au dessus de 32 V on peut sans appréhension isoler les batteries de l'étage de descente. Il serait possible d'isoler les quatre éléments de l'étage de descente d'un seul coup en passant l'inverseur **DES BATS** sur **DEAD FACE**, mais la brutalité ne va jamais dans le sens du raisonnable. Il est bien préférable d'isoler successivement les batteries n°1 à n°4 pour faire monter progressivement en charge celles de l'étage de remontée. Placez **20** sur **5**. Isolez les éléments n°1 puis n°2. La tension sur l'élément **5** diminue à 33 V et le courant débité augmente vers 6 ampères. Tournez **20** sur **6**. Isolez les éléments n°3 puis n°4. La tension sur l'élément **6** chute à son tour vers 30 V, car il fournit la bagatelle de 18 ampères. Le manuel précise qu'il faut répartir équitablement les débits, ou tout au moins nous devons éviter que l'une soit beaucoup plus sollicitée que l'autre. Hors c'est précisément le cas. Comment réagir dans un tel cas de figure ? On pourrait ouvrir des sectionneurs sur la ligne la plus chargée, mais ce n'est pas la solution. Si l'un des bus flanche on perdrait des fonctionnalités, et durant la remontée c'est inacceptable. Observant plus en détail le schéma électrique, nous voyons que par le truchement des lignes **BACK UP** on peut faire débiter chaque batterie sur les deux BUS. Activez **5A** et **5B**, les charges vont se retrouver pratiquement identiques. C'est du reste le dernier item dans la procédure du manuel. On peut alors s'assurer que les deux éléments débitent chacun légèrement plus de 10 ampères ce qui correspond bien au courant total qui était mesuré quand l'étage de descente assurait la distribution énergétique. Tout va bien, l'étage de remontée assure ses ressources, vous pouvez passer la jonction en sécurité et couper les relais **DEAD FACE** avec **3**. LM paré pour le décollage.

Inverseurs monostables de mise en ligne ou d'isolement des deux batteries installées dans le module de remontée. **NORMAL** et **BACK UP** sont des liaisons "doublées" et "croisées" qui permettent d'alimenter les lignes des batteries 1/2 et 3/4 en dupliquant les connexions possibles pour redondance.

Fig.20

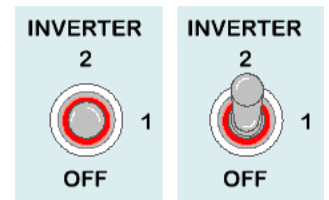


APRÈS LE CONTINU, L'ALTERNATIF :

Depuis que nous trainons nos RCS dans le simulateur de la NASA, nous savons que nombreux sont les systèmes qui imposent du courant alternatif pour fonctionner. Le module lunaire réutilisant une grande variété de modules installés sur le CSM, on retrouve des exigences analogues, avec des valeurs de tension et de fréquence identiques. L'observation de la Fig.7 nous apprend que les circuits sont d'une grande simplicité du point de vue logique. Un sectionneur **14** (Voir Fig.8) et un bus en énergie sont suffisants pour obtenir du courant alternatif dont on sélectionne l'unité en service avec l'inverseur **15**. C'est assez élémentaire, ce n'est pas ce chapitre qui va nous épuiser sur le plan intellectuel. Chaque onduleur est capable de fournir l'intégralité de la demande, et vous pouvez remarquer qu'il ne sera pas possible de les mettre en ligne simultanément. (Voir la Fig.21) Ce serait désastreux pour des raisons de mise en phase ou complexe à synchroniser. Toujours en observant les circuits, nous pouvons conclure que seul la ligne AC BUS A permet de mesurer les paramètres en sortie des onduleurs.

Fig.21

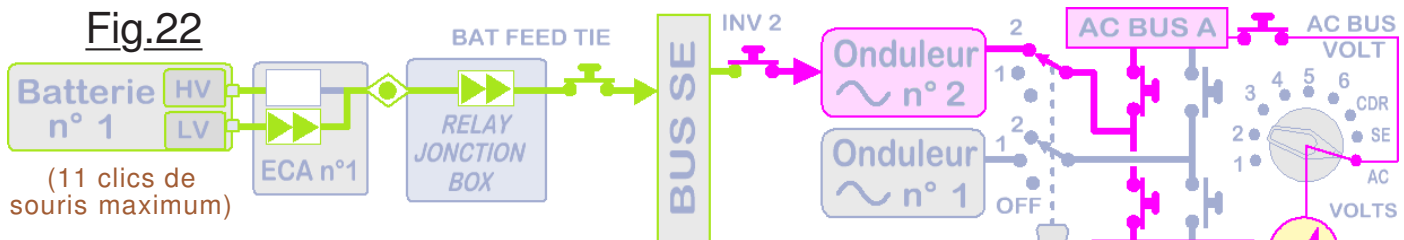
14



Exercice n°1 : Alimenter le LM en courant alternatif à partir de l'onduleur n°2.

Consultant le document sur les technologies Apollo en bas de la page 7 on apprend qu'en standard c'est l'onduleur n°2 qui est mis en service, le n°1 est conservé en secours. Ce choix relève de l'évidence après avoir effectué l'exercice précédent durant lequel nous avons observé qu'avant le décollage, donc dans une configuration normale, le BUS CDR doit fournir un respectable 16 ampères alors que le BUS SE pépère se contente d'un petit 5 ampères. Autant dans ces conditions ne pas surcharger le premier alors que SE est au petit trot. Histoire de se retrouver dans un vaisseau mal réveillé, repartir de la scène **02) LM encore en vie.scn** et à titre d'expérimentation de "consolidation", établissez la chaîne représentée sur la Fig.22, mais surtout rien de plus.

Fig.22



Sous une apparence anodine, cette figure 22 nous indique sans détour les deux ou trois éléments sur lesquels on doit agir, sachant que dans la configuration indiquée les deux bus ~ A et B sont alimentés. L'indicateur doit afficher la valeur nominale si nous ne nous trompons pas. N'oubliez pas qu'outre la mise en œuvre du courant alternatif, il faut changer la batterie en service, puisqu'actuellement c'est la n°2 qui est en ligne. TOP chrono, vous avez une minute pour aboutir à l'agencement imposé sur le dessin ci-dessus. Mais vous n'aurez vraiment gagné votre salaire que si vous aboutissez sans avoir à aucun moment coupé l'alimentation du BUS SE, alors avant de vous précipiter ... utilisez tout votre savoir faire.

Exercice n°2 : Basculer la génération alternative sur l'onduleur n°1.

Amusement identique, cette fois vous devez en moins d'une minute aboutir à la configuration de la Fig.23 en partant de l'état correspondant à l'exercice qui précède. Vous méritez des félicitations, car non seulement vous avez pensé à armer **6** avant de couper la batterie n°2 pour ne pas interrompre l'énergie sur BUS SE, mais surtout vous n'avez pas oublié de couper **7** puisque la batterie n°2 n'est plus en ligne. Notez que ci-dessous on passe sur la batterie n°3 et que seul AC BUS B devra se trouver en énergie.

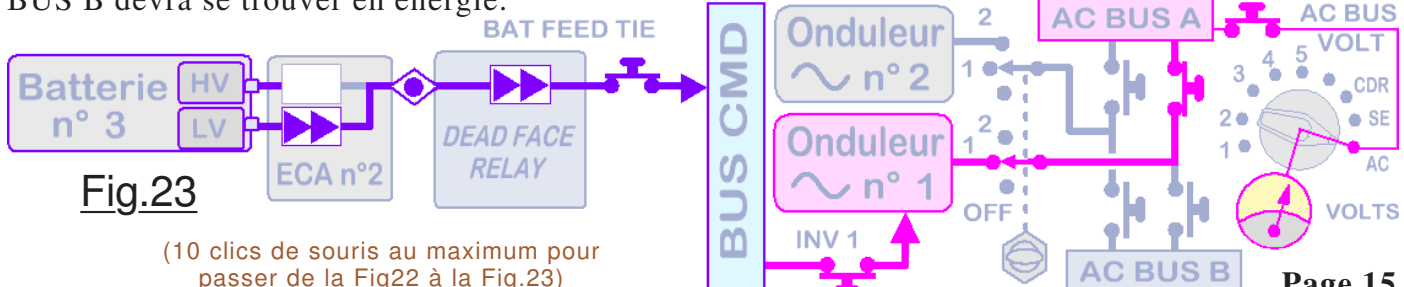


Fig.23

(10 clics de souris au maximum pour passer de la Fig.22 à la Fig.23)

SOLUTION pour les deux exercices précédents

Pour chaque exercice de la page 15 j'ai précisé le nombre maximum de clics de souris pour aboutir au résultat escompté, ce qui suppose naturellement des agissements optimisés. Vous êtes en droit d'avoir des doutes, surtout si des manipulations pas forcément pertinentes sont venues perturber votre assurance. Rassurez-vous, si vous n'avez pas provoqué la perte définitive des énergies, *Quivsv* acceptera sans vous électriser. Mais avant de regarder la solution, pour le plaisir, tentez encore une fois l'exercice. Surtout ne pas vous sentir dans l'urgence. Le jeu consiste à analyser chaque manipulation avant de passer à l'acte, et si vraiment vous n'y arrivez pas, alors consultez ce qui suit. Mais ce qui ressemble à un jeu n'est en fait qu'une ruse pour vous amener une fois de plus à consulter dans le détail le schéma électrique et faire de vous de vrais spécialistes.

EXERCICE n°1 on part de la scène **02) LM encore en vie.scn** :



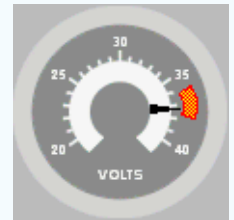

- 11 : [ACBUS B] [BUS TIE] **cb INV 2** armé.
- 11 : [ACBUS A] [BUS TIE] **cb INV 2** armé.
- 11 : [ACBUS A] **cb AC BUS VOLT** armé.
- 14 : [ELECTRICAL POWER] **sel POWER/TEMP MON** sur **BUS AC**.
- 14 : [ELECTRICAL POWER] **sw INVERTER** sur **2**. *(Ici deux clics pour passer de OFF à 2)*
- 16 : [EPS] **cb INV 2** armé >>> C'est fait, nous avons du courant alternatif. *(Voir la Fig.24)*
- 14 : [DESCENT POWER] **SE BAT 1 sw [LOW VOLTAGE]** sur **ON** >>> Drapeau .
- 16 : [EPS] **cb BAT FEED TIE** de **gauche** armé.
- 14 : [DESCENT POWER] **SE BAT 2 sw [LOW VOLTAGE]** sur **OFF/RESET** >>> Drapeau .
- 16 : [EPS] **cb BAT FEED TIE** de **droite** coupé.

Fig.24



EXERCICE n°2 on part de la situation obtenue ci-dessus :

- 11 : [ACBUS B] [BUS TIE] **cb INV 2** coupé.
- 11 : [ACBUS A] [BUS TIE] **cb INV 2** coupé.
- 11 : [ACBUS A] [BUS TIE] **cb INV 1** armé.
- 11 : [EPS] **cb BAT FEED TIE** de **gauche** armé.
- 11 : [EPS] **cb INV 1** armé.
- 14 : [ELECTRICAL POWER] **sw INVERTER** sur **1**.
- 16 : [EPS] **cb INV 2** coupé.
- 14 : [DESCENT POWER] **SE BAT 3 sw [LOW VOLTAGE]** sur **ON** >>> Drapeau .

(Toujours pas de génération alternative car pour l'instant la batterie n°3 n'est pas en ligne)

À cette dernière manipulation on retrouve la Fig.24, le courant alternatif est généré.

- 14 : [DESCENT POWER] **SE BAT 1 sw [LOW VOLTAGE]** sur **OFF/RESET**.

Tous les drapeaux passent à  car le BUS SE vient d'être coupé.


- 16 : [EPS] **cb BAT FEED TIE** de **gauche** coupé.

La Fig.24 est toujours valide, seul BUS CDR est alimenté, mais l'appareil de mesure ne le montre pas car 11 : [EPS] **cb DC BUS VOLT** n'est pas armé : Ce n'est pas prévu dans "le contrat".

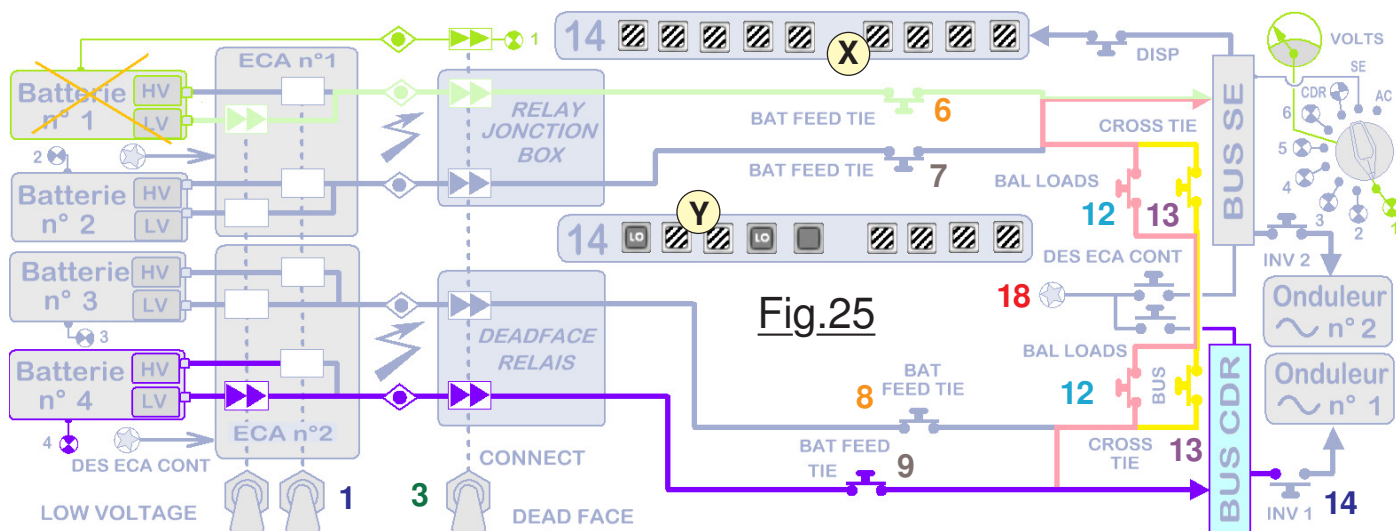
Note importante : Les exercices précédents avaient pour but de nous faire découvrir pas à pas, ligne à ligne, les divers circuits électriques du module lunaire. Ces manipulations ont été conçues pour nous imposer des configurations très variables, de façon à explorer plusieurs variantes aussi différentes les unes que les autres. Elles ont un but purement pédagogique. En revanche, elles ne sont pas du tout conformes aux procédures standard que nous verrons dans les derniers exercices sur les énergies. Par exemple il n'est pas logique comme ci-avant de couper volontairement l'alimentation d'un bus. Bien au contraire, on recherchera à fournir de l'énergie à BUS CDR et BUS SE par tous les moyens, y compris si un incident très grave venait à rendre inutilisable un groupe de deux batteries. C'est précisément l'objet du chapitre suivant.

CROISEMENT DES LIGNES CDR ET SE :

Cassé croisé énergétique serait un titre tout aussi pertinent pour ce chapitre dans lequel nous abordons le thème des mesures de sauvegarde, l'éternel domaine du fonctionnement en dégradé quand de gros problèmes surviennent. Il ne faudrait surtout pas penser que les missions lunaires ont été de longs fleuves tranquilles. Dans la réalité une foule de petits problèmes ont émaillé toutes les missions. Heureusement, seul le vol n°13 a subi un gros problème, le pire c'est qu'initialement le matériel n'était pas en cause, c'est un contrôle de trop et mal conduit qui a introduit le ver dans le fruit. Du reste si les dernières missions ont été abandonnées sous prétexte que les vols coûtaient trop cher au contribuable et qu'ils ne permettaient plus de découvertes justifiant leur maintien, en réalité c'était pour ne plus tenter le diable. Politiquement l'URSS était vaincue, la NASA avait prouvé la supériorité technologique des démocraties ... alors les dernières Saturn V ont été réaffectées. Bon, revenons à notre exercice. Un incident aussi important que celui simulé ici ne s'est jamais produit, mais il était parfaitement envisagé et comme on va le voir, les parades prévues.

Chargez la scène **04) Le gros pépin.scn** dont voici le contexte : Eagle est posé et mis en veille pour économiser au maximum les énergies durant l'exploration. La durée possible au sol dépend intimement de ces dernières. D'un seul coup, une odeur de fils électriques grillés se fait sentir dans le minuscule habitable. Pas grand chose, car elle reste discrète, mais elle s'accompagne de deux petits clics caractéristiques de disjoncteurs qui se coupent. Une lumière d'ambiance s'éteint. Bref, un truc électrique ... n'est pas clair. Passage rapide sur le tableau 14, tous les drapeaux sont en "Barber Pole" . Les deux sectionneurs 6 et 7 ont manifestement disjoncté. Ce sont les batteries n°1 et n°2 qui sont concernées. Surtout ne pas réenclencher ces sectionneurs, on risquerait d'aggraver la situation. Il faut analyser le problème avant d'agir. Le voltmètre confirme que nous avons perdu le BUS SE, et avec lui la génération alternative. On se calme, et l'on "étale" le schéma électrique.

Premier constat : La tension aux bornes de la batterie n°1 est nulle, manifestement elle n'est plus en état, raison pour laquelle elle est sur la Fig.25 barrée en orange. Probablement qu'un fusible interne a sauté. Sa voisine n°2 ainsi que les n°3 et n°4 sont encore en bonne santé. C'est un point positif, car nous savons qu'avec trois éléments la mission peut se poursuivre. Elle sera écourtée, certes, mais on reste au sol et l'on continuera à déployer les instruments scientifiques. La batterie



n°1 étant en ligne, son énergie transite sur la ligne colorisée en vert clair, mais comme elle n'a plus rien à donner, le BUS SE est sans vie. Du coup les drapeaux en X sont tous effacés. Ce n'est qu'une apparence, car nous savons que si leur système étaient alimentés nous aurions l'état Y. Pour rétablir l'affichage sur les drapeaux il suffit de réalimenter BUS SE. C'est ici que "CROSS TIE" va prendre toute son importance. On va organiser la liaison en rose clair, mais avant il est plus prudent de vérifier l'isolement de la batterie fautive par 6. On peut alors "construire" la liaison croisée en armant les deux sectionneurs BAL LOADS en 12, l'un sur le tableau 11, l'autre sur le tableau 16. Miracle, SE reprend vie. Pourquoi la ligne rose clair BAL LOADS plutôt que BUS repérée en jaune sur le dessin ? Tout simplement parce que le module lunaire est en configuration veille.

En standard les courants qu'il consomme sont d'intensités modérées. Alors que la ligne croisée jaune est prévue pour supporter 100 A, établir la liaison avec une voie limitée à 30 A va dans le sens de la sécurité. Notez en passant que ces intensités de calibrage des disjoncteurs sont précisées pour rappel sur le schéma tracé en page centrale du manuel de vol.

L'énergie est restituée sur le BUS SE, les drapeaux affichent l'état actuel des RELAIS BISTABLES. Le courant alternatif aussi est revenu sur AC BUS, mais nous n'avons pas terminé notre travail pour autant. L'affichage **Y** est trompeur, car il laisse à penser que deux batteries sont au travail, si pour une quelconque raison la ligne de la batterie n°4 disjonctait nous nous retrouverions dans les conditions "DEAD". Du reste coupez le relais de **CDR BAT 4** pour vous en convaincre. Et oui, c'en est terminé de la mission ! Rechargez la scène et cette fois poursuivez proprement la parade à notre problème. Faire passer au repos le relais de la batterie n°1 et en mode LOW VOLTAGE le relais de l'élément n°2. Pensez à la mettre en ligne avec **7** de la Fig.5 en page 6. Pour confirmation ouvrez provisoirement la ligne croisée en coupant le sectionneur **12**. Le rétablir, l'affaire est classée. Houston va revoir l'optimisation en durée du séjour au sol car probablement le décollage devra impérativement être avancé par rapport au plan initial.

RETOUR À DES PROCÉDURES PLUS CONFORMES :

Une petite mise au point s'impose avant de continuer. Différence fondamentale entre le réel et la théorie : Le réel est impitoyable. Que ce soit sur un détail ou pour un élément fondamental, toute action mal conduite, tout oubli, aura des conséquences souvent fâcheuses. Orbiter n'est qu'une simulation, donc "de la théorie". Dans les manipulations qui précèdent, il y a des tromperies scandaleuses qui dans la réalité n'auraient pas été possibles. Prenons deux exemples : Page 5 nous avons établi les éclairages, pour voir les tableaux de bord et ainsi poursuivre la préparation machine. Tintin ! Bernique ! Si nous étions dans le réel nous serions comiquement restés dans le noir. En effet, entre autre le sectionneur **16** : **[LTG] cb FLOOD** n'était pas armé ... donc pas de lumière. Même tabac quand gaillardement nous avons "blablaté" entre les deux vaisseaux par radio. Les "breakers" qui alimentent les tranceivers n'étaient pas enclenchés. Nous aurions immédiatement constaté le mutisme des récepteurs résolument silencieux. Et alors ?

Dans un souci de simplification j'ai éludé un peu certains détails au début, mais maintenant il est temps de revenir à des approches plus rigoureuses. Le manuel **PROCÉDURES du LM.pdf** est bien plus copieux que ce qu'autorise la version actuelle du module lunaire dans NASSP. Nous prenons de l'avance en quelques sortes. Ceci étant précisé, rien n'interdit de respecter les Check-lists ligne à ligne. Peu importe au fond que certaines actions soient pour le moment sans effet. L'expérience qui suit va consister à préparer le module lunaire en vue d'effectuer la séparation. Manuel ouvert en page 28 nous allons commencer par le transfert de l'équipage. Cette fois nous allons partir de la scène **05) Passer à bord LM conforme.scn** dans laquelle le vaisseau est dans une configuration respectant l'état prévu par la NASA avant le lancement.

Comme cela avait été fait pour tous les autres manuels, il me semble utile de vous faire remarquer un certain nombre de détails relatifs à l'agencement du livret pour en tirer le meilleur parti. Vous avez déjà remarqué que la page centrale la plus facile à ouvrir comporte le schéma général des circuits électriques. Étalaé sur deux pages, le placer ainsi évacue les problèmes de coïncidence. Par ailleurs, il faut intervenir relativement souvent sur la gestion électrique au cours d'une mission, pouvoir en disposer rapidement est indispensable, surtout si un incident électrique se produit durant la descente ou la remontée. Les sigles NASA étant omniprésents, que ce soit dans les textes ou sur les tableaux de bord, avoir immédiatement une définition nous facilitera grandement la vie, raison pour laquelle tous les symboles relatifs au LM sont placés en dernière feuille. Ouvrez le manuel plein centre et reculer d'une page ... Pilotage aux RCS auquel nous aurons souvent recours. Pour le reste, globalement les procédures sont placées dans l'ordre de leur chronologie au cours d'une mission, avec vers le début les énergies, et vers la fin le vol proprement dit.

Exercice n°1 : La transition de l'équipage et le réveil du LM.

Réalisant pas à pas les procédures pour préparer la séparation, objet de cet exercice, vous allez rencontrer des impossibilités. Le LM n'est qu'ébauché dans NASSP. En particulier les circuits RCS ne sont pas émulsés, les jauges sont figées etc. Il ne faudra pas s'en étonner et faire avec.




Page 18 L'encadré en bas de la page 19 souligne quelques détails et "incongruités" rencontrées.

Mais il y en a bien d'autre. Donc n'oubliez pas que le livret est issu des publications de la NASA, dont les vaisseaux étaient aboutis. Il faudra donc admettre des "originalités" sur le vaisseau actuel.







Les plus courageux ne vont pas manquer, en étant passé à bord du module lunaire, d'ouvrir le manuel à la page 1 et de comparer l'état actuel des divers tableaux de bord avec ce qui devrait résulter de la préparation sérieuse en **Prélancement**. Si sous constatez des divergences graves, ne pas hésiter à faire un rapport à *Quivsv* pour que les équipes concernées soient "félicitées". NAN, c'est une blague, juste pour vous inviter à vous assurer que le vaisseau a été parfaitement mis en attente. Vous pouvez revenir ensuite en page 28 du manuel de vol. La présentation de ce livret comporte une substantielle amélioration en comparaison de ceux destinés au CSM : On inaugure le remplacement d'une foule de ligne de textes par des petits dessins bien plus efficaces. Par exemple, rien que la Fig.14, remplacée par du texte aurait imposé environ 52 lignes soit presque deux pages.

Indubitablement cette façon de présenter les check-list est infiniment plus agréable, et surtout d'un simple regard on sait où agir et où intervenir. Dommage que je n'ai pas consulté les documents du LM avant de rédiger le tutoriel relatif au CSM. Tous les livrets seraient de ce type. D'un autre côté, respectons l'histoire, car sauf erreur de ma part, seul le LM a bénéficié de ces présentations graphiques. Par rapport aux documents de la NASA je me suis contenté d'utiliser les couleurs, c'est uniquement une question esthétique, car leurs documents différenciaient les inverseurs par des traits fins et des croquis en tracé forts.

Exercice n°2 : Procédure de préparation à la séparation.

Après avoir effectué la transition de l'équipage vous allez conduire cette procédure jusqu'à son terme, c'est à dire jusqu'à l'item ➤ **Préparation pour le désarrimage du LM** compris. On en restera là pour cet exercice, car avant de séparer il faut orienter le train spatial dans une attitude particulière et séparer à une heure bien déterminée. Pour le moment c'est prématuré. Compte tenu de votre expérience sur les systèmes Apollo, vérifier les sectionneurs, établir les énergies relèvent de la plaisanterie. Activer le LMC, synchroniser les horloges, activer le FDAI de gauche ... routine. Du standard de chez banal. Inutile de détailler point par point, vous savez faire. C'est d'autant plus commode que pour le LM nous n'avons pratiquement qu'un seul livret à consulter. Profitez-en bien car un jour il deviendra aussi "meumeu" que le CSM. S'en sera fini de ces facilités provisoires. *Je comprends très bien que certains vont commencer à se languir un peu, car toutes ces manipulations sur les circuits électriques ne sont pas spécifiquement affriolantes. On reste "le nez dans le guidon", c'est à dire que l'on passe son temps sur les tableaux de bord, à cliquer sur des inverseurs, à contempler la tristounette frimousse du voltmètre et à s'extasier de bonheur sur la troisième variante*  *de*  *et* . *Et dire qu'à l'extérieur il y a ... LA LUNE, THE MOON >>> FRUSTRATION ! C'est bon, j'ai compris, vous avez une furieuse envie de passer à autre chose. Pour vous faire plaisir on va faire joujou avec les télescopicomirettes, histoire de s'amuser un peu.*

Différences constatées entre la check-list et le comportement actuel de NASSP.

- * (Bas de P2) : Impossible de changer l'état des valves.
- Vérifier 2 : [SYSTEM A] drapeau **ASC FUEL**  et **OXID** .
- Vérifier 2 : [SYSTEM B] drapeau **ASC FUEL**  et **OXID** .
- * (Haut de P30) : L'EVENT TIMER n'est pas "fonctionnel"; Soit il compte irrémédiablement, soit il refuse de repasser à 00 00 ou de se mettre à incrémenter/décrémenter.
- * (Centre de P24) : Le témoin  ne s'éteint pas. En bas à gauche s'affiche un texte "programmeur" LEM : LGR-ERR: RESET.
- * (Page 14 en haut) • Vérifier 2 : [REACTION CONTROL] ind **QUANTITY A** et **B** n'est pas à 100%. Les deux **ASC OXID** restent à . Pour les divers indicateurs les valeurs sont incorrectes et figées et l'afficheur numérique HELIUM sur le tableau 1 n'est pas allumé.

Divers aléas repérés.

La sphère du FDAI présente un comportement en rotation parfois assez aléatoire et le blocage IMU par alignement des axes ne se produit jamais.



Sur Map MFD les touches <, >, UP et DN ne fonctionnent pas sur le tableau 2D.

L'optique d'alignement spécifique du module lunaire :

Autant pour le module lunaire que pour le CSM, recalcr la centrale inertielle reste un impératif incontournable. On se doute que des méthodes plus ou moins analogues seront utilisées par l'entremise d'une optique sophistiquée. Celle du LM ne présente pas de grossissement, car elle n'est pas dédiée comme sa sœur à l'observation du sol qui défile sous le vaisseau. En outre, optiquement son comportement et son utilisation sont fondamentalement différents. Les boutons poussoir permettant de valider les jalons (*MARK*) ne sont pas actuellement fonctionnels. Mais la "mécanique optique virtuelle" est opérationnelle. On peut donc "prendre de l'avance" et déjà aborder ici le principe de cette optique de bord et la façon de s'en servir.

ATTENTION : Revoir l'encadré page 49 tutoriel sur le CSM.

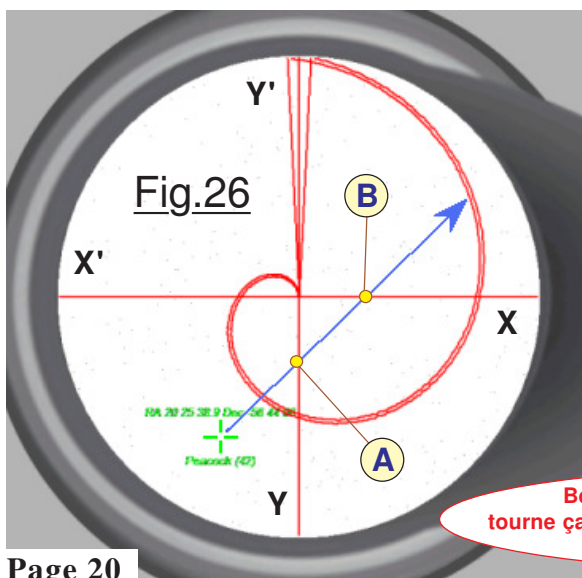
Exercice n°1 : Modifier l'axe SHAFT.

Bien que réutilisant le nom donné à la rotation "centrale" d'orientation des systèmes optiques du CSM, pour le LM il n'a pas du tout la même finalité. Sur l'instrument du CSM l'axe SHAFT fait "tourner l'image en torsion", avec pour but d'ajuster le centrage d'une étoile de référence à la croisée des réticule. On va voir que sur le LM cette rotation ne change en rien la vision que nous avons du ciel profond. Pour cette expérience, charger **06) Les optiques du LM en vol.scn** dans laquelle le module lunaire vole des "ses propres ailes" et entièrement "électrisé". Comme précisé dans le scénario, isolez les deux batteries du module de remontée qui à ce stade du vol doivent rester débranchées. Revenez sur le tableau central puis **[CTRL]**  et **[CTRL]**  pour passer sur l'oculaire de l'optique de bord. Par les commandes devenues routinières, visualisez les étoiles de référence. Avec **/ num** forcez le mode rotation et avec **1 num** provoquez un dérapage latéral pour permettre à **Peacock (42)** de devenir bien visible dans le champ visuel de notre instrument. Puis, avec **5 num** imposez un KILL ROT par la technique habituelle d'Orbiter. Plus rien ne bouge dans le champ visuel, le décor est bien immobile. (Voir la Fig.26) Avec les touches **Z** et **S** du clavier, (Voir la Fig.27) animez la mécanique virtuelle. On retrouve une rotation de torsion comme nous l'avons expérimenté sur le CSM. Mais on constate bien que faire tourner l'alidade n'aura pas l'effet de rendre plus ou moins visibles diverses étoiles de référence. De plus **Peacock (42)** reste sagement à sa position dans le champ et ne vient pas du tout vers la croisée du réticule. À quoi peut donc servir cette étrange spirale linéaire et son mouvement de rotation particulier ?

Pour le savoir, consultez **TECHNOLOGIE du LM.pdf** en page 8 et vous serez ... "moins gland" !

Exercice n°2 : Utiliser une traversée d'étoile pour simuler un alignement.

Recalcr la centrale inertielle, nous le savons, met en œuvre un programme spécifique du LMC associé à des pointages optiques et des validations de type **MARK**. Les procédures sur le LM sont à ce point de vue équivalentes à celles déjà bien étudiées au cours de notre formation. Dans les exercices qui suivent nous n'allons réaliser que l'aspect pratique, vu que le calculateur dans la version actuelle de NASSP ne dispose pas des routines de recalage de l'IMU. Néanmoins, nous aurons abordé le principe des alignements inertiels et vous ne resterez plus dubitatifs devant l'aspect si particulier



des réticules rouges. Considérons la Fig.27 qui représente l'optique du LM avec les inverseurs de commandes agrandis par rapport au système pour mieux les discerner. Recalcr à zéro l'alidade comme sur la Fig.26, préalable à un recalage en orbite. Vous pouvez à votre guise utiliser les touches **Z** et **S** du clavier, mais vous obtiendrez exactement le même résultat en cliquant en **A** et **B** de la molette d'ajustement. Sur le LMC le programme d'alignement en orbite est engagé et attend la première validation, le code de l'étoile de référence est déterminé. Avec **1 num** et **8 num** amorcez une rotation relativement lente du LM à l'aide de

Ben môamôa ce tournicoton spiraliforme rouge qui tourne ça m'opnulihe, m'ipnomipoli heuheu ipnosi, heuheuheu ça me louchiforme les mirettes ce truc rouge !



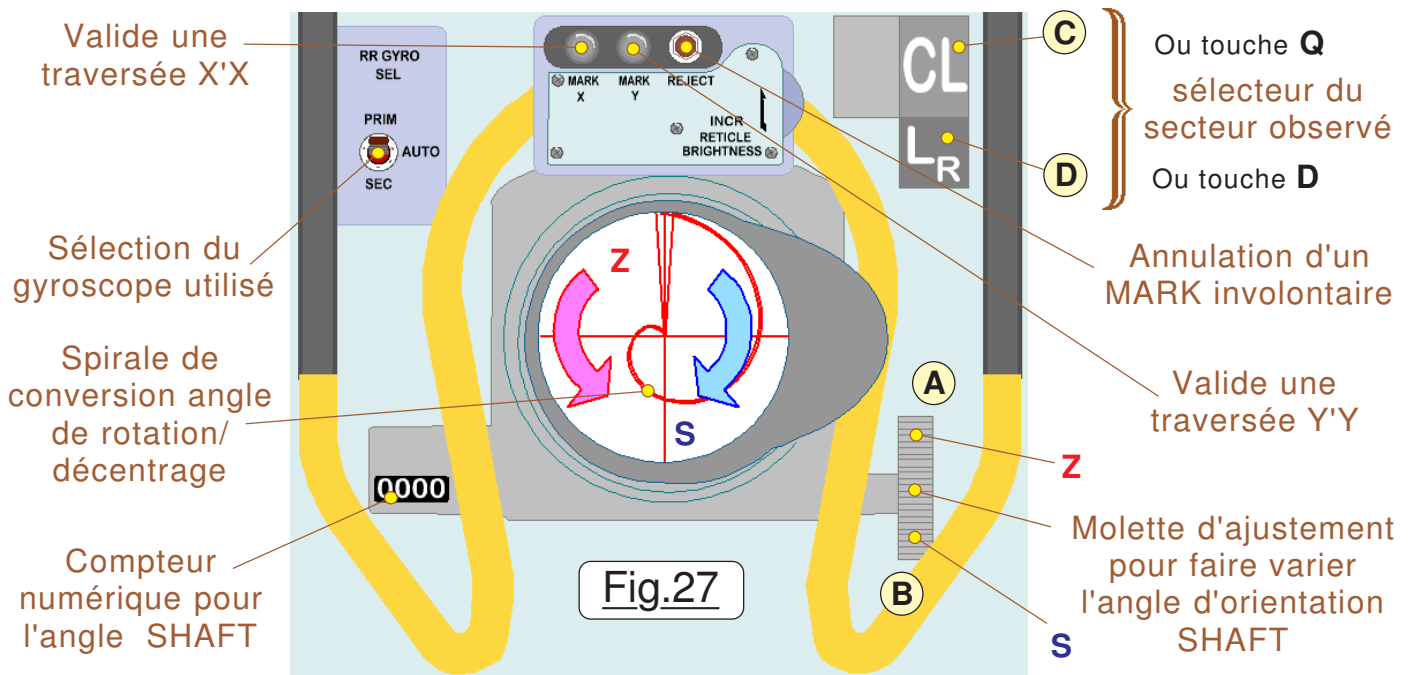


Fig.27

ses RCS pour obtenir, comme tracé en bleu sur la Fig.26, un défilement en diagonale qui coupe la croisée des réticules sur les deux lignes. Quand **Peacock (42)** coupe la ligne verticale en **A** cliquez sur **MARK Y**. Puis, au moment où **X'X** cache notre cible en **B**, validez **MARK X**. Sur le calculateur la procédure enchaînerait alors sur la séquence suivante et nous devrions réitérer ces manipulations avec une autre étoile.

NOTE : En **C** est affichée l'indexation actuelle, en **D** celle que l'on obtiendra si on clique en zone **D**.

Exercice n°3 : Sens dessus / dessous.

ATTENTION : Revoir l'encadré page 49 tutoriel sur le CSM.

Réalisant mot à mot l'exercice précédent, le défilement repéré en bleu sur la Fig.26 a certainement été obtenu immédiatement et sans hésiter. Toutefois, si je n'avais pas précisé les touches clavier à utiliser, (**1 num et 8 num**) il est probable que certains d'entre vous auraient été déconcertés. Avant de clarifier un point particulier des optiques du LM nous allons nous livrer au

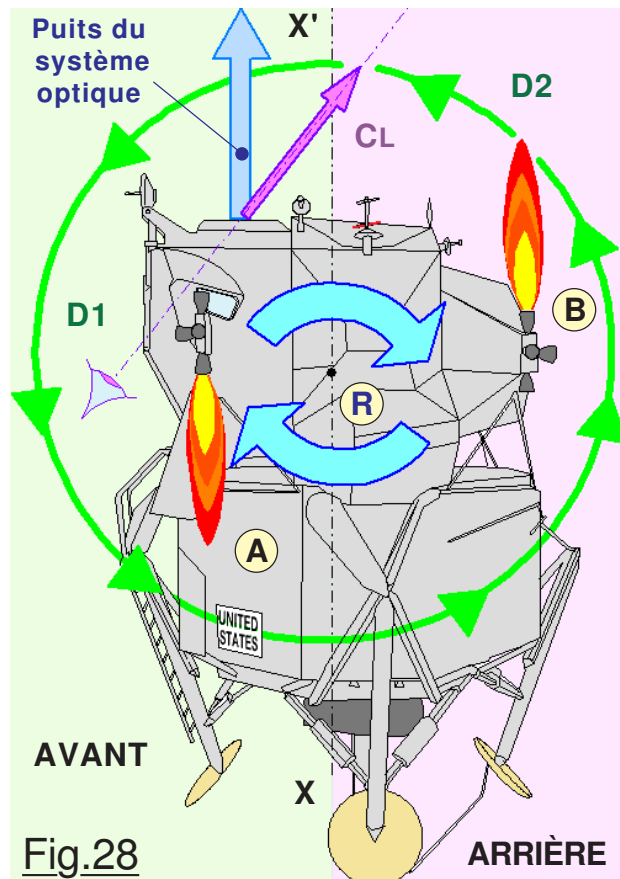


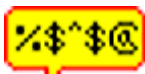
Fig.28

préalable à une expérience tout à fait élémentaire. Nous poursuivons cet exercice avec la scène actuelle **06) Les optiques du LM en vol.scn**. Passez en vue extérieure pour observer le comportement du vaisseau en plaçant la caméra bien de côté comme sur le dessin Fig.28 et frappez sur la touche **8 num** après avoir effectué un **KILL ROT** préalable avec **5 num**. En principe le mouvement prévu est du cabrage pur vers le haut. Sur la Fig.28 nous avons bien les allumages **A** et **B** dont les flammes sur le dessin sont exagérées pour mieux les situer. La poussée des gaz qui en résulte sur les Quads engendre bien un couple qui se traduit par la rotation **R**, qui conformément au comportement naturel dans Orbiter fait cabrer vers le haut. Et alors me direz-vous ?

RAPPEL IMPORTANT : La vue dans l'axe du sas qui affecte le CSM et qui a été signalée en page 54 du tutoriel CSM se retrouve également sur le LM.

Donc, pour toute la suite de ce paragraphe, quand on passera sur l'une des vues de hublot, il faudra une fois positionnée sur cette dernière, utiliser deux fois la touche [F1] pour avoir la visualisation correcte sur l'écran vidéo.

Pour comprendre cette petite plaisanterie, sachez qu'initialement dans la scène 06) fournie, le train du LM était rétracté, ne sachant pas à cette époque comment le déployer.



C'est invraisemblable, je suis au cirque, et ce sont les clowns qui sont en piste. Vous n'avez pas vu que le laimhe est en orbite loin de tout ? Vous ne savez toujours pas qu'il ne doit pas s'éloigner du Séaissaime sans avoir déployé le train d'atterrissage pour que Collins vérifie !

C'est la faute à Nulentout Chef, il nous fourgue chaque fois des scènes pourries.

Et bien revenir en vue intérieure et passez sur l'un des deux hublots principaux. Touche **[F1]** deux fois pour s'assurer d'une visualisation correcte. Puisque nous tournons dans le sens de la flèche courbe bleue, le défilement relatif du ciel correspond à l'inverse, c'est à dire **D1**. Rien de bien extraordinaire. Sur le hublot principal le défilement se fait du haut vers le bas comme de bien entendu. Passez sur la vue du hublot d'accostage, sans oublier la précaution des deux **[F1]**. On reste dans du banalissime, le ciel continue à défiler du haut vers le bas.

*(ATTENTION, à partir d'ici je ne vais plus faire le rappel pour les deux **[F1]**. Donc pour chaque prise de référence extérieure par hublot ou télescope pensez à cette précaution d'usage)*

Revenir maintenant sur l'oculaire du système de visée. GLUPS ! Mais c'est que les étoiles défilent du bas vers le haut et on peut titiller **[F1]** autant qu'on veut ça ne change rien !

Comprendre ce mystère passe par la lecture attentive de **TECHNOLOGIE du LM.pdf** toute la page 9. Gnarf, grnarf, mais c'est confus tout ce baratin ! Rassurez-vous, nous allons effectuer d'autres manipulations pour clarifier cette nouvelle notion. Vous pouvez constater à bord du vaisseau qu'actuellement le plan de visée optique est comme représentée sur la Fig.28 sur l'indexation **CL**. On dirige le regard vers l'arrière. Si l'on regarde bien le dessin, on comprend immédiatement que l'axe vertical **X'X** délimite deux zones : L'**AVANT** colorié en vert pastel et **ARRIÈRE** teinté en rose. Quand on regarde vers l'avant on observe bien que le défilement relatif du ciel se fait du haut vers le bas, mais quand on dirige notre regard vers le rose, c'est l'inverse. En relatif on voit qu'en **D2** le mouvement se fait du bas vers le haut. Fastoche non ?

Exercice n°4 : La désorientation.

ATTENTION : Revoir l'encadré page 49 tutoriel sur le CSM.

Éternel recommencement, vous avez déjà compris que je vais vous refaire le coup de la désorientation quand on prend nos références externes et que l'on utilise les RCS pour pointer un objet quelconque dans le système de visée. Effectuez un KILL ROT avec **5 num**. Puis sur le dispositif virtuel indexez l'orientation **F** qui nous fait pointer vers l'avant à 45° vers le haut. Sur le tableau principal placez l'inverseur **IMU CAGE** sur **ON** puis le remettre sur **OFF**. Engagez une rotation à cabrer avec **8 num**. Le mouvement "vertical" de la sphère d'attitude du FDAI confirme bien cette rotation élémentaire, et il n'y a pas de rotation parasite induite.

Revenir sur le télescope toujours en vue vers l'avant **F** : Joli déplacement du ciel profond du haut vers le bas. Le jeu consiste maintenant à indexer les autres positions pour étudier comment se modifie le mouvement des étoiles dans le champ visuel. Après avoir saisi le pourquoi et le comment, effectuez un KILL ROT quand vous avez indexé **LR** par exemple et qu'une étoile ne se trouve pas trop éloignée du centre. Maintenant, avec les RCS, orientez le vaisseau pour l'amener vers le centre.

Z'avez compris le truc ? C'est pas du gâteau les copains !

Quand vous aurez imprégné votre cerveau des touches à utiliser, passez alors en **RR** et recommencez ce divertissement très rigolo. Agassif spa ? Rien d'impossible naturellement, mais si l'on ne veut pas perdre notre sérénité le jour où vraiment nous devons conduire entièrement un alignement d'IMU, il vaut mieux bien assimiler cette phase de notre apprentissage au pilotage du LM.

Exercice n°5 : Mieux comprendre les observations.

Rien n'interdit d'utiliser l'optique de bord pour observer le sol lunaire quand le vaisseau est "cul par dessus tête". Le hublot d'accostage est orienté correctement vers la Lune, mais son champ observable est plus réduit que celui du télescope qui par orientation TRUNNION permet une plus large étendue sur 360°. Le but de ce petit exercice consiste à effectuer des observations sous une attitude précise pour mieux cerner la logique de ce que l'on voit à travers l'oculaire. On va travailler avec **07) Observer le sol avec le télescope.scn** que l'on force en PAUSE immédiatement à l'ouverture. Notre étude sera plus évidente si avec **[F4] > Visual helpers ... > ☒ Bodies**

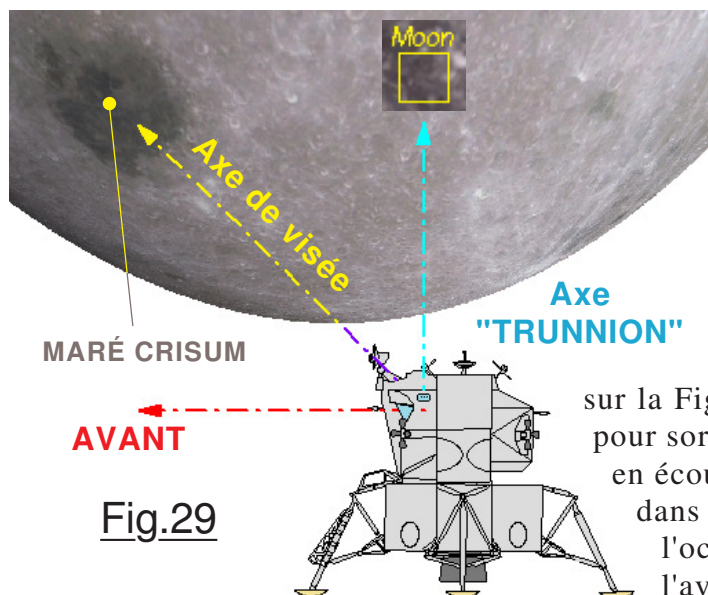


Fig.29

En vue extérieure on peut vérifier que le LM est la tête vers le bas et globalement orienté pour avoir l'avant dirigée vers la grande tâche sombre qui occupe le haut de l'image. (*MARÉ CRISIUM je pense*) Quand on passe en vue intérieure et que l'on regarde par l'ouverture d'accostage, le jalon **Moon** est exactement au centre du hublot démontrant la "verticalité locale" de l'axe X'X.

Notez au passage qu'en vue extérieure on regarde le module lunaire par dessous, comme

sur la Fig.30 sauf que l'avant est vers le haut. **[CTRL] P** pour sortir de la PAUSE et immédiatement **R** pour passer en écoulement temporel **0.1X** de façon à ce que l'image dans le visuel n'évolue pas trop rapidement. Saut sur l'oculaire du télescope et indexer l'orientation **F** vers l'avant. Mettre en PAUSE. La grande "mer" sombre

se trouve au centre du réticule. Passer en vue extérieure et observer le vaisseau bien de côté. Comme montré sur le dessin de la Fig.29 on doit constater que la direction de la tâche sombre est bien à environ 45° de l'avant ou de l'axe X'X du LM. En plaçant la caméra bien en dessous de notre vaisseau, la tuyère du moteur étant vue sous la forme de deux cercles bien concentriques, éloignez le point de

vue et repérer les divers détails au sol. Sur la Fig.30 sont repérées les six directions indexées par TRUNNION. Cherchez à y repérer des cratères caractéristiques, car une fois derrière l'oculaire on observera sous un angle de "verticalité" différent. Il ne vous reste plus qu'à repasser dans l'habitacle, à libérer la PAUSE, et à utiliser à profusion les diverses orientations de l'optique. Revenir régulièrement en vue extérieure pour confirmer ou infirmer votre interprétation par comparaison des reliefs discernables à la surface lunaire. Avouez que situer la vue dans l'espace en fonction du secteur indexé n'est pas spécialement instinctif. Mais je vous

conseille de ne pas passer à l'exercice suivant, qui du reste ne présente aucune difficulté, tant que vous n'aurez pas vraiment bien compris la nature de ce qui est visible en fonction de l'indexation validée sur le télescope de bord.

Exercice n°6 : Simuler un recalage inertiel le module lunaire étant posé.

Conformément au plan de la mission, Houston nous demande d'effectuer un recalage de la centrale inertielle. Chargez la situation **08) Recaler l'IMU le vaisseau étant posé.scn** dans laquelle on peut admirer pas très loin le relief environnant. Le gros témoin bleu est allumé. Quand on revient sur le tableau principal, les jauges de carburant indiquent encore **01** mais nous savons que la numérisation est ici optimiste. En réalité, la réussite s'est jouée à 10 secondes près. Si le témoin bleu ne s'était pas allumé durant ce dérisoire délai, c'était **"ABORT et l'on tentera la prochaine fois"**. Ce n'est alors pas les trois noms de cet équipage qui serait inscrit dans les livres d'histoire, comme quoi la différence entre gloire et anonymat se joue parfois à bien peu de chose. Bon, ce n'est pas le moment de philosopher. Calculateur en service, programme de recalage IMU en cours, passons à la simulation d'un réalignement tel qu'il est décrit en page 6. Par reflexe vous avez déjà activé la visualisation des étoiles de référence. Comme le Soleil est présent dans l'espace que peut explorer le télescope, par précaution l'astronaute met en service un filtre

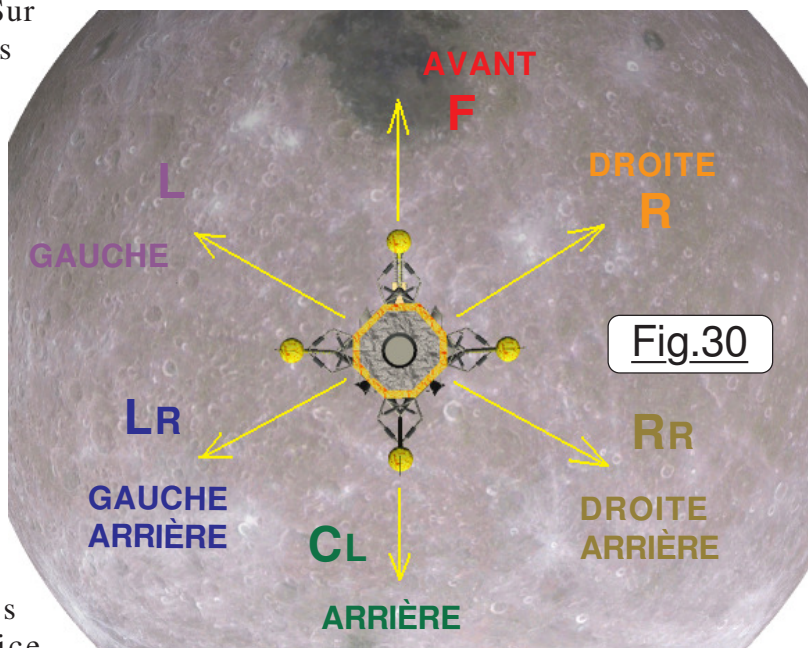


Fig.30

adapté. Rien à faire de spécial dans la simulation, mais cette remarque à pour but de nous rappeler une fois de plus qu'il y a toujours un fossé de complexité entre virtuel informatique et réalité concrète sur le terrain. Commutez l'indexation en orientation arrière sur **CL**. (*Enlevez le filtre solaire, l'astre diurne n'étant pas dans le champ visuel et le filtre assombrit trop le ciel en arrière plan*) Nous avons le choix. La Terre et **Menkar (07)** sont un peu loin du centre, autant prendre **Diphda (02)** la plus proche du centre. Conformément à la procédure de la page 20, avec **Z** et **S** ou par utilisation de la molette de l'instrument, amener le "rayon zéro" sur notre étoile de référence. À ce stade l'angle de rotation α serait indiqué au LMC. Puis nouvelle rotation des réticules dans le sens anti horaire pour amener la spirale sur la cible choisie dans le firmament observable. L'angle β serait alors fourni au programme pour continuer la séquence de marquage. Nous devons alors recommencer ces manipulations sur une autre étoile. Changer l'orientation de TRUNNION pour repérer une nouvelle candidate stellaire. (*Ne pas placer l'œil à l'oculaire durant ces indexations, mais vérifier que le soleil n'éblouit pas et si vous décidez de le prendre en référence, insérez alors le filtre adapté*) Bon, en ce qui me concerne j'opte pour un plan d'observation à droite en indexant **R**. **Navi (03)** me semble un bon choix. Alors à nous la molette et les deux validations. Finalement, sur le plan opérationnel, un recalage inertiel le LM étant posé est très facile, d'autant plus que le KILL ROT est implicite. Rien ne bouge à l'extérieur, facilitant agréablement notre expérimentation.

Exercice n°7 : Vérifier les caractéristiques des optiques virtuelles.

Remplissage stérile pour augmenter le nombre de pages ! vont hurler certains, maladie de Nulentout à ne pas accepter de livrer une page qui ne serait pas entièrement remplie ! vont bougonner d'autres ... et vous auriez presque raison. Mais je désire absolument passer en revue tous les aspects "concrets" de l'utilisation du télescope de bord de façon à ce que le jour ou le CMC sera pleinement opérationnel, nous n'ayons plus qu'à détailler la procédure informatique. Vous reprendrez alors ces quelques exercices pour récupérer les "oublis", et vogue la galère ...

Pour se faire une idée de l'agrandissement de l'image, il suffit de commuter sur les directions **RR** ou sur **CL**. La Terre est présente dans le champ, à travers les lentilles en verre de l'ensemble optique. Imprégnez votre visuel de la taille apparente qu'elle occupe sur l'écran. Passer ensuite sur le hublot d'accostage. La Terre y est aussi visible puisque nous regardons vers le haut et que l'on se trouve "coté Terre de la Lune". Quand on passe du hublot au télescope et réciproquement, le diamètre apparent de la belle bleue ne change strictement pas. On en déduit forcément que l'optique virtuelle, comme son homologue réel, n'agrandit pas l'image. Nos comparaisons ne seront pas perturbées par le facteur de ZOOM, (*FOV en haut à droite de l'écran*) et l'on peut augmenter ou le diminuer à convenance avec **W** ou **X**. Par contre, l'angle d'ouverture de l'instrument virtuel est très influencé par ce paramètre. Si l'on veut avoir à l'écran une ouverture de 60° comme sur l'instrument réel, il faut ajuster un **FOV** d'environ 90°. Cette valeur étant imposée, évaluons les caractéristiques de l'optique :

[F4] > Visual helpers ... > ☒ Planetarium mode (F9) > ☒ Celestial grid pour tracer dans le ciel des "carrés curvilignes" de 15° x 15° en affichant les coordonnées célestes. Nous avons déjà utilisé cet artefact

pour tester le matériel du CSM. Nous savons que vers le Pôle les méridiens convergent et que nos "carrés curvilignes" deviennent des "trapèzes trianguliformes". Choisissons un angle plus favorable tel que celui donné par l'indexation **L**. (*Et PAFFFFFF le Soleil en pleine mirette !*) La Fig.31 ci-contre montre bien qu'avec l'ouverture **FOV** de 90 nous retrouvons le champ visuel réaliste de 60°. Vous savez tout sur l'appareil de visée du module lunaire, vous pouvez ranger précieusement les filtres et oculaire sans oublier d'obturer convenablement leur manchon de centrage ... Attention à la poussière lunaire.

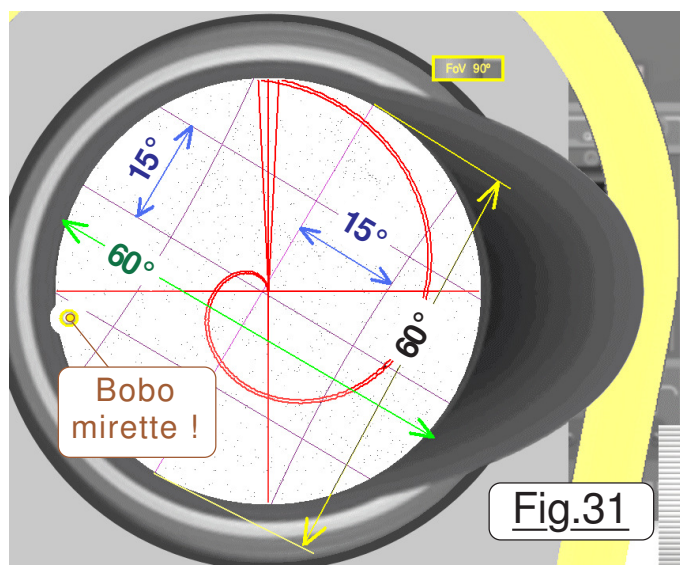


Fig.31

Comportement du LM quand on le manœuvre aux RCS :

Autant pour le CSM il y avait beaucoup de détails à passer en revue, autant pour le LM on va pouvoir biaiser, étant en pilotage de "type Orbiter", car la circuiterie des pressurisations et des ergols n'est pas émulée sous NASSP. Dans ce contexte, nous n'allons pas en tartiner des pages, puisque les moteurs de manœuvre fonctionnent quelles que soient les états des diverses valves de distribution. Ouvertes ou fermées les petits moteurs font entendre sans faille leurs désagréables pétarades. Toutefois, si l'on peut se passer allègrement des check-lists pour le moment, il importe de bien se sensibiliser au comportement de ce petit vaisseau, car peu ou prou nous en retrouverons plus tard les particularités une fois les moteurs activés. Nous ne pourrons pas ici tester les évolutions en 2 JET ou 4 JET, par contre il faut impérativement bien comprendre comment gérer les trois axes, car le LM présente une personnalité bien affirmée.

Exercice n°1 : FDAI et références externes.

Décidément, à chaque occasion il nous refait le coup des références externes le Nulentout ! C'est vrai, mais cet aspect est tellement incontournable que l'on ne pourra jamais en faire l'économie, surtout si l'on envisage de terminer l'alunissage en manuel. C'est bien par le hublot que l'on regarde dans ce cas. Sans compter qu'au retour il sera de bon ton d'effectuer l'arrimage, et orienter convenablement le sas par rapport au CSM. C'est encore par les petites lucarnes que l'on va appréhender notre environnement. Et puis en bas de page 19 vous vouliez des vues extérieures, alors pas de rouspétance ! Chargez **09) LM seul pour tester les RCS.scn** pour laquelle le CSM a été enlevé, ce qui allège d'autant le fichier informatique. Par le hublot on peut apercevoir le magnifique "Nulentout crater", mais tout le monde ne connaît pas sa géographie et va hésiter avant de le situer. Allez, au travail. Un petit / **num** une ou deux fois pour s'assurer que les moteurs sont bien en mode ROTATION. Engagez un cabrage net vers le haut avec **8 num**. En passant sur le tableau **1** on peut vérifier que la sphère du FDAI n'accuse pas de rotation induite ni en lacet ni en roulis.

Que ce soit sur les deux hublots latéraux ou à travers le hublot d'accostage, dans les deux cas les étoiles défilent bien verticalement du haut vers le bas. Simplissime. Un petit **5 num** : Fin des rotations, le fond du ciel devient immobile. C'est le KILL ROT standard dans Orbiter qui va nous simplifier la vie de manière phénoménale. Le côté "ébauche" du LM présente ses bons côtés. Activez **1 num** pour partir en lacet à gauche. Les étoiles défilent bien sagement horizontalement de la gauche vers la droite ... si nous ne sommes pas les victimes du BUG énoncé page 2. **Donc pour chaque observation à travers un hublot il sera conseillé une fois la caméra positionnée sur ce dernier, de faire deux [F1] à titre de précaution.** Toujours en lacet à gauche, passer sur le hublot d'accostage. La vision du ciel (*Ou de la Lune*) correspond à ce qui ressemble à du roulis. C'est banal, puisque par le hublot d'accostage on regarde directement dans la direction de l'axe de lacet. Nous allons revenir sur ce détail. Mais avant de développer, **5 num** suivi d'**IMU CAGE** et engagez un roulis avec **6 num** par exemple. La bouboule commence à tourner bien polie autour de la croisée du réticule, puis c'est l'anarchie. Ce phénomène est certainement issu d'une vermine qui a pondus ses œufs dans le FDAI, avec conséquence un instrument bien tourmenté. On peut retenir que les rotations sur le LM sont actuellement très "propres" et exemptes de mouvements induits parasites. Pour achever cet exercice bien anodin, passer sur le hublot de gauche, **[F1]** deux fois et entraînez-vous à la visualisation des trois rotations dans les deux sens. INTERDIT d'utiliser **5 num**, dans cette phase de votre apprentissage les KILL ROT seront obtenus uniquement par l'observation de l'environnement extérieur.

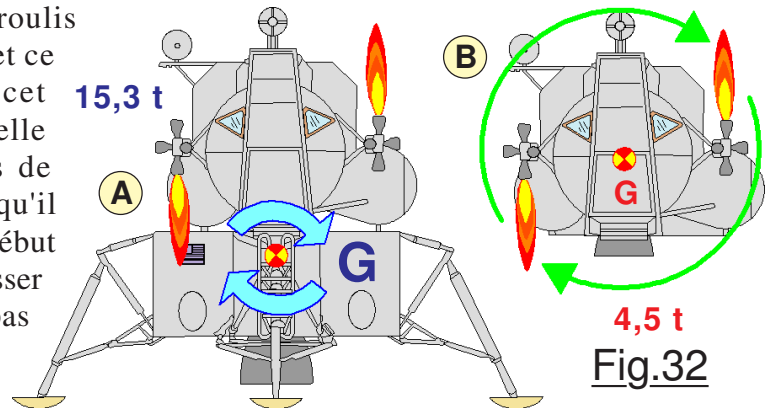
Attention, il ne sera pas pensable de vous confier le module lunaire si vous ne pouvez pas le maîtriser parfaitement aux RCS. Quand vous serez à proximité du CSM, un cafouillage sera totalement exclu. Si pour stopper un roulis vous inversez **4 num** et **6 num** par exemple, vous allez aggraver la situation. Il importe de bien s'imprégner des réactions en fonction des touches pour ne pas se laisser déborder. Les manœuvres à proximité du CSM seront toujours perturbantes, d'autant plus qu'entre approche frontale et alignement final vous changerez de hublot, donc de référence. Ne passez surtout pas à cet exercice sans avoir totalement dominé le précédent. Par dominé, ça veut dire se montrer capable d'engager simultanément trois rotations relativement "virulentes" et de stabiliser le vaisseau rapidement sans surcompensations ou augmentation accidentelle du mouvement que vous cherchez à annuler. Vous devez faire preuve de cette dextérité en étant

face aux deux hublots. Surtout n'oubliez pas le deux fois **[F1]** avant d'expérimenter. Pour le moment contentez-vous de travailler face aux deux hublots latéraux, un exercice adapté va suivre pour le travail en observation par le hublot d'accouplement.


Exercice n°2 : Rotations avec ou sans l'étage de descente.

Cette deuxième petite expérience tout aussi élémentaire que la précédente vise à analyser la différence de comportement quand le LM est complet, ou quand il se résume à l'étage de remontée seul. En consultant la Fig.32 on se doute bien que le comportement entre les deux cas **A** et **B** ne sera physiquement pas le même. Vaisseau complet les moteurs devront "bouger plus de 15 tonnes dont le centre de gravité **G** est relativement bas. Étage de remontée seul, la masse est à peine le tiers, donc l'inertie plus faible dans des proportions analogues. De plus, au lieu de tourner autour

du centre de gravité commun, il va partir en roulis (Fig.32 dessin **B**) autour de "son centre" **G**, et ce bien plus rapidement. Nous allons dans cet exercice simple évaluer si l'émulation actuelle tient compte de ces paramètres. Repartons de **09) LM seul pour tester les RCS.scn** qu'il est préférable de recharger car le vaisseau au début se trouve en zone éclairée. Touche **[F1]** pour passer en vue extérieure. Pour ceux qui ne se sentent pas capables de chronométrer mentalement, il suffit d'ouvrir **Clock MFD** en fenêtre



indépendante : **[F4]** > **Custom ...** > **External MFD** > **OK**. Puis, **SEL** > **Clock MFD** > **MOD** pour avoir un affichage numérique du chronomètre > **ST** pour déclencher ce dernier. Il suffira alors de regarder le défilement des secondes pour activer la rotation. Cette procédure d'utilisation de **Clock MFD** est présente en bas de la page 41 du manuel, car pour effectuer la remontée nous aurons également besoin d'un chronomètre. Cet utilitaire bien précieux est prévu pour la version de 2006 d'Orbiter, mais il fonctionne à la perfection en version 2010. Vous pouvez facilement le télécharger sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=2800> et il s'installe comme tout ADD-ON standard. Enfin chaque module complémentaire doit être déclaré dans Orbiter : **Modules** > ☒ **ClockMFD**.

Cronomètre déclenché, comme montré sur la Fig.32 placez-vous bien en face du gros insecte. Passer en orientation globale pour l'observation : **[F4]** > **Camera ...** > **Track** > **Movable global frame**. Mettre le LM en roulis avec **6 num** pendant cinq secondes. Pour déterminer le temps qu'il lui faut pour faire un tour complet, quand il se trouve en position "verticale" bouton **RST** qui replace le chronomètre à zéro. Dès que le vaisseau achève "sa boucle" : Bouton **ST** qui stoppe l'évolution sur le MFD. Il n'y a plus qu'à lire la durée mesurée, soit environ 19 secondes. **5 num** suivie de la touche **[F1]** qui nous replace dans l'appareil. On va séparer les deux modules. Rien de plus simple : Sur le tableau 8 zone **[EXPLOSIVES DEVICES]** positionnez **MASTER ARM** sur **ON** puis l'inverseur sécurisé **STAGE FIRE** vers le haut. Le drapeau **LDG GEAR DEPLOY** passe en  ce qui confirme la séparation. Revenir en vue extérieure, on ne distingue rien de spécial. C'est parfaitement normal. La pyrotechnique n'a fait que volatiliser des "soudures" mais il n'y a pas de mécanisme d'écartement. C'est le moteur orbital qui sur le sol emporte la machine. / **num** pour configurer les RCS en mode TRANSLATION. Touche **8 num** qui fait "monter" durant trois secondes. Cette fois le doute n'est plus permis. Nous avons l'impression que c'est le quadrupède qui s'en va, mais c'est l'inverse. Comme la caméra est "soudée" sur l'étage de remonté, l'écran visualise le déplacement relatif. Retour au mode ROTATION avec / **num**, **5 num** pour annuler toute rotation induite et mise en rotation comme précédemment, toujours **durant cinq secondes** et avec **6 num**. Il faut au préalable se replacer bien en face des hublots. OUFFffffff, je suis bien content de ne pas me trouver à l'intérieur ! Évaluez le temps pour faire un tour. Pour ma part il avoisine les quatre secondes, soit environ le cinquième. Ce n'est pas aberrant du tout. Pour ce que les mécaniciens nomment le moment d'inertie, il n'y a pas proportionnalité directe avec la masse, mais fait intervenir sa distance par rapport au centre de rotation. Nous pouvons conclure que globalement le modèle informatique de NASSP tient assez

Exercice n°3 : Translations avec l'étage de descente.

Pour cette expérience simple dont découle directement les protocoles de manœuvre à proximité du CSM, nous ne pouvons pas nous contenter du petit avorton qui subsiste de l'immense fusée avant décollage. Il nous faut recharger une fois de plus **09) LM seul pour tester les RCS.scn** qui "ressoude" les cordons pyrotechniques. Face au hublot, on impose le mode TRANSLATION aux RCS et l'on pousse vers l'avant par utilisation de **6 num** durant environ dix secondes. GLUPS, nous avons certainement mal conditionné le mode et nous sommes resté en ROTATION ce n'est pas possible autrement ! On est en train de piquer sévèrement au lieu d'avancer. Ne rien changer au mode RCS, mais passer en vue extérieure. Puis pousser à nouveau avec **6 num**. Pourtant seuls les deux moteurs arrière s'allument. C'est rigoureusement conforme à ce qui est annoncé dans le tableau de la page 18 à la huitième ligne en partant du bas. C'est d'autant plus facile à repérer, qu'il n'y a que cette combinaison possible pour AVANCER. Alors pourquoi une tendance à piquer aussi virulente ? On ne peut plus parler de translation dans de telles conditions. La réponse est très simple, la Fig.33 la rend évidente. Du reste nous avons déjà rencontré ce problème avec le CSM en Fig.46 de la page 48 du didacticiel, sauf que pour le LM la poussée **F** est vraiment très éloignée du centre de gravité **G**.

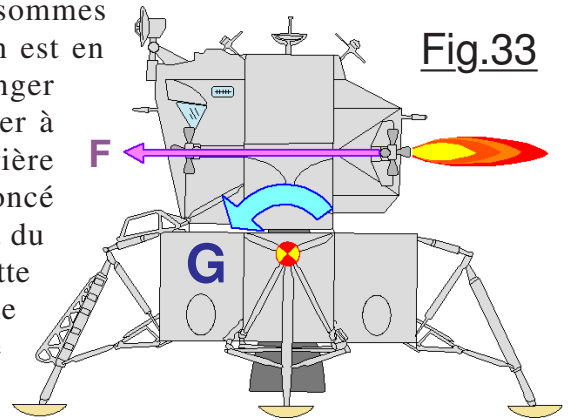



Fig.33

Vous avez certainement déjà déduit que le phénomène sera aussi intense quand on va tenter des translations latérales. Pour le vérifier, une petite sollicitation sur **5 num** pour annuler la "sarabande". Puis, de retour dans l'habitacle testez un dérapage à droite par exemple : Roulis à droite assez nerveux comme on pouvait s'y attendre. En revanche, pour les translations vers le haut et vers le bas la situation se montre bien plus neutre, car les RCS sont répartis symétriquement de part et d'autre du centre de gravité. On constate effectivement qu'il ne se produit qu'un léger cabrage induit. Est-il possible d'effectuer des translations longitudinales et transversales quand le vaisseau est complet ? La réponse est affirmative, mais il faudra impérativement le secours des automatismes. C'est d'autant plus aisé que dans Orbiter le KILL ROT obtenu par **5 num** reste utilisable aussi bien en mode ROTATION qu'en mode TRANSLATION. Il suffit d'engager **5 num immédiatement et simultanément** après la touche qui engendre la translation souhaitée. Testez en latéral par exemple avec la combinaison **3 num** immédiatement **complétée** de **5 num**. En vue par le hublot on constate bien que le roulis induit reste faible. En vue extérieure, à l'allumage des deux moteurs de droite s'ajoutent des impulsions sur les quatre autres moteurs qui contrent le roulis induit.

Exercice n°4 : Translations sans l'étage de descente.

Il n'est pas utile de s'encombrer de théories fumeuses. Par simple observation de la Fig.34 il ressort que sur l'étage de remontée seul, la poussée des RCS **F** est bien plus proche du centre de gravité. On en déduit raisonnablement que les rotations parasites induites vont s'avérer bien plus discrètes. Le meilleur moyen de le savoir, c'est de provoquer la séparation et de réitérer l'expérience précédente. Retour sur le tableau 8 en zone [EXPLOSIVES DEVICES], placer MASTER ARM sur ON et l'inverseur sécurisé STAGE FIRE vers le haut. Le drapeau LDG GEAR DEPLOY confirme avec l'état . Vous allez immédiatement constater avec déception que les rotations induites sont tout aussi importantes. Deux facteurs s'associent pour détériorer les translations. Le plus important réside dans un placement du centre de gravité **G** bien plus décalé de **F** que représenté sur le dessin de la FIG.34, sachant que l'on peut avoir une idée de sa position en visualisant les efforts. (Voir l'exercice n°5) Le deuxième

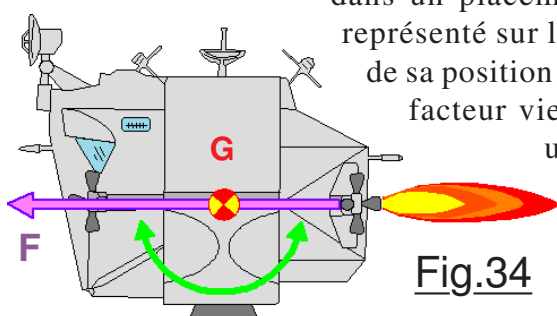


Fig.34

facteur vient du fait que les moteurs poussent aussi forts, mais sur une masse bien moins inerte. De ce fait l'accélération est plus vigoureuse. En définitive, vaisseau complet ou étage de remonté seul il faudra combiner dans les deux cas le KILL ROT d'Orbiter durant les poussées de manœuvres en translations.

Exercice n°5 : Visualiser les efforts pour mieux comprendre les réactions du LM.

Encore une petite récréation qui ne va pas nous fatiguer le mental, nous allons profiter de la possibilité d'afficher sur l'écran vidéo les efforts dans Orbiter pour mieux "visualiser" ces concepts de poussées décalées d'un centre de gravité qui engendrent un "moment de basculement". Nous avons déjà fait appel à cet artifice pour la formation sur le CSM, je me contente ici de vous rappeler la procédure. On recharge **09) LM seul pour tester les RCS.scn** suivi de **[F1]** pour admirer le gros insecte depuis l'extérieur. Pour visualiser les vecteurs force dans Orbiter : **[F4]** > **Visual helpers ...** > **Forces** > puis comme montré sur la Fig.35 cochez les quatre cases jaunes. Validez la puce montrée en bleu pour avoir des vecteurs de longueur suffisante. Pour l'échelle **Scale** il faut du 100% si l'on désire avoir des vecteurs "poussée RCS" de longueurs observables. (Attention : Ceux qui utiliseraient encore le "client graphique D3D9RC44" qui est incompatible avec la visualisation des vecteurs force. Consultez la note en bas de la page 15 du document d'introduction)

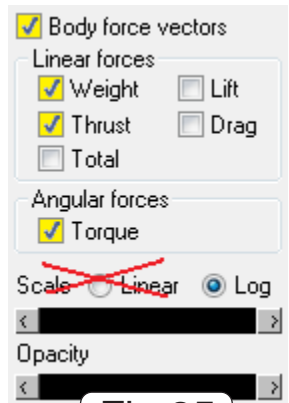


Fig.35

Passons à la pratique. La Fig.36 représente le module lunaire pendant que la touche **4 num** engendre une rotation en roulis à gauche. Pour la représentation des efforts Orbiter utilise les couleurs suivantes : Le jaune pour le poids, le bleu pour les poussées des moteurs, enfin le rose pour les **moments**. La Fig 36 est retravaillée. Le ciel est rendu blanc pour ménager les imprimantes, le vecteur poids et le vecteur moment sont raccourcis pour diminuer la taille de l'image. La flèche du vecteur rose est caricaturée pour mieux en distinguer le sens.

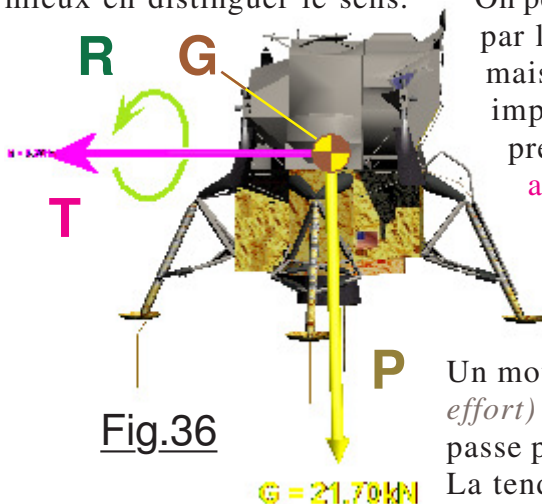


Fig.36

On peut passer à l'interprétation. L'origine du vecteur poids **P** passe par le centre de gravité **G** du corps étudié. Il faudrait le vérifier, mais je crois que dans la réalité il devrait se trouver plus bas. Peu importe dans cet exercice. Le vecteur **MOMENT**, ou si vous préférez **TORQUE** dans Orbiter, **représente la tendance à tourner autour de G** créée par les efforts extérieurs. Dans notre cas cette rotation **R** engendrée par les RCS est symbolisée par la flèche courbe verte. Exactly comme pour les efforts, le vecteur moment sera d'autant plus long que la tendance à faire tourner est importante. **On peut résumer par :**

Un moteur exerce sur un mobile une poussée (*Action mécanique ou effort*) qui tend à le déplacer en translation. Si le vecteur poussée ne passe pas par le centre de gravité, alors il va s'ajouter de la rotation. La tendance à tourner est représentée par le vecteur **MOMENT** qui par sa longueur indique l'intensité, et par sa direction représente l'axe

de rotation. L'accélération tant linéaire qu'angulaire sera proportionnelle à l'intensité des efforts (*Résultantes s'il y en a plusieurs*) et des moments, et d'autant plus modérées que la **masse inerte** et le "**moment d'inertie**" seront importants. Le moment d'inertie représente le frein que présente la matière à **refuser les accélérations en rotation**. C'est ce refus à tout changement de mouvement qui maintient la rotation des planètes autour de leur axe sans pour autant avoir besoin d'un moteur.

Pour bien cerner ce trop long développement théorique, amusez-vous à tester un peu toutes les manœuvres. Engendrez des translations, observez le **vecteur bleu**. C'est la **RÉSULTANTE** des deux ou des quatre poussées réparties symétriquement de part et d'autre de **G**. Quand vous allez tester les rotations, ne cherchez pas en vain le vecteur bleu. Comme on veut tourner sans se déplacer, on allume deux moteurs en orientations antagonistes. L'un annule l'autre et la résultante fait zéro, tout au moins si tout était parfait. (Voir Fig.37) Mais comme les deux moteurs sont décalés par rapport au centre de gravité **G** et "de sens contraires", leurs moments s'ajoutent. Manipuler avec toutes les combinaisons possibles, vaisseau complet ou étage de remontée seul. Surtout **Page 28** bien tester les **translations combinées avec 5 num**.

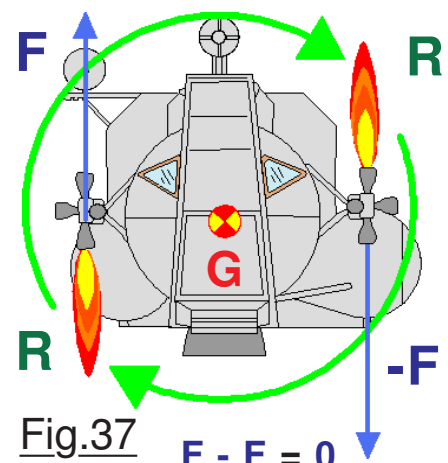


Fig.37

Avez-vous pensé dans l'exercice n°5 à engendrer une importante rotation simultannée sur les trois axes, puis à engager un KILL ROT ? Si oui, vous avez alors bien observé le fait que l'automatisme d'Orbiter procède par diverses étapes où au début il freine les trois rotations, puis au fur et à mesure qu'individuellement elles s'annulent il travaille sur les axes encore en mouvement. Il est tout à fait possible que la présence du poids, qui ici ne joue aucun rôle fondamental, puisse vous perturber. Dans ce cas décochez l'option **Weight**, seules les actions des moteurs et leurs effets seront visualisés.

Pour conclure ces quelques manipulations, nous pouvons revenir en arrière et regarder plus en détail le dessin de la Fig.3 en page 3. N'oublions pas que les astronautes sont debout, "plaqués" au plancher par des harnais tendus au moyen des câbles **F**. En **E** sont les accoudoirs pour leur octroyer un minimum de confort, ou plus exactement de stabilité pour leurs bras quand ils pilotent avec les mini-manches. Fait suffisamment rare pour être souligné, dans leur condition rustre et précaire, ils ont un avantage ergonomique significatif par rapport à nos confortables installations bureautiques. Quand ils effectuent des manœuvres, ils ne risquent pas de cafouiller avec les modes ROTATION et TRANSLATION. Chaque pilote dispose de deux mini-manches dédiés. Celui de gauche repéré **THC** ne génère que des translations, celui de droite en **G** est réservé pour les rotations. Ces deux "joysticks" ne font que donner des consignes aux automatismes qui se chargent de gérer l'annulation des rotations induites, et de bien d'autres éléments fondamentaux durant le pilotage. Il n'est donc pas stupide du tout, dans l'état actuel de développement du LM virtuel, de faire appel sans vergogne à KILL ROT. Du reste *Quivsv* ne s'en est pas offusqué une seule fois ... c'est un signe qui ne trompe pas.

Exercice n°6 : LMC en relation avec le FDAI et les références externes.

Maintenant que les réactions du module lunaire n'ont plus de secret pour nous, et que nous sommes aptes à manœuvrer à proximité du CSM sans provoquer de "cagade", le moment est venu de faire le lien entre le concret, c'est à dire les mouvements que l'on génère avec les RCS, et les instruments de bord dans ce qu'ils ont de plus "artificiel". J'entends par là les représentations numériques dans la REFSMMAT. L'exercice qui suit est simplissime mais impose cette fois de changer de scène et d'activer **10) Relations entre rotations et LMC.scn** car le calculateur de bord doit fonctionner dans sa complexité maximale. Notez en passant que dans l'exercice précédent, après avoir provoqué la séparation, dans la pratique nous aurions encore montré une attitude comique, car nous avons allumé les pétards sans se poser de question. Résultat, une fois la séparation effectuée ... plus d'électricité. C'est un exemple de plus entre "théorie et réalité". Dans le simulateur on continue sans problème à piloter les RCS alors qu'en principe à bord tout est inerte. C'est génial l'informatique.

Un génial qu'il faut tempérer, car de petites misères sont cachées dans les entrailles binaires du P.C. et comme signalé dans le texte d'introduction on va rencontrer quelques menues difficultés, mais il ne s'agira que de broutilles sans importance vitale. Étant en face du hublot, imposez un "rotéicheune" et engagez l'appareil, par exemple, dans un LACET bien net à gauche. Les étoiles défilent, donc nous tournons dans la REFSMMAT. On observe immédiatement en revenant sur le tableau principal que le FDAI est en grève. Quand au LMC il montre une certaine mauvaise humeur. Ne rien faire et attendre. Vous en profitez pour ouvrir le manuel en page 25. On en déduit qu'au chargement d'une situation avec des scènes "bricolées", le LMC invoque une phase de redémarrage. Plus ample informée nous apprenons aussi qu'il lui faut 90 secondes pour se réveiller, période durant laquelle il n'est pas disponible pour prendre en charge l'IMU. Il nous le précise à sa façon en allumant le témoin **NO ATT**. Patientons une minute et demi et le témoin se fait oublier, la sphère d'attitude s'anime. **RSET** histoire d'éteindre les témoins d'alertes et le tour est joué. **STBY** persiste, **COMP ACTY** reste allumé après le classique **V34 E V37 E 00 E** mais, mis à part ces petites vermines, le LMC redevient coopératif. En bas à gauche s'affiche un texte bien suspect **LEM : LGR-ERR ...** mais on va faire comme si nous ne l'avions pas vu. **V16 N 65 E** histoire de vérifier le comportement du LMC. Il y a cohérence avec le chronomètre de mission à quelques secondes de différence. On peut avec confiance faire afficher les angles de la centrale inertielle :

N 20 E P00 V16 N20

Les valeurs numériques se modifient, c'est bon signe. Stopper toutes les rotations avec **5 num**. Calme plat. **IMU CAGE** sur **ON** > **NO ATT**. Puis **IMU CAGE** sur **OFF** > **NO ATT** s'éteint et les trois registres du DSKY confirment une numérisation **+0000N** sur les trois axes. Le LMC et la centrale inertielle IMU se portent bien, nous pouvons passer au vif du sujet, c'est à dire

la relation intime entre les axes IMU et les rotations du module lunaire.

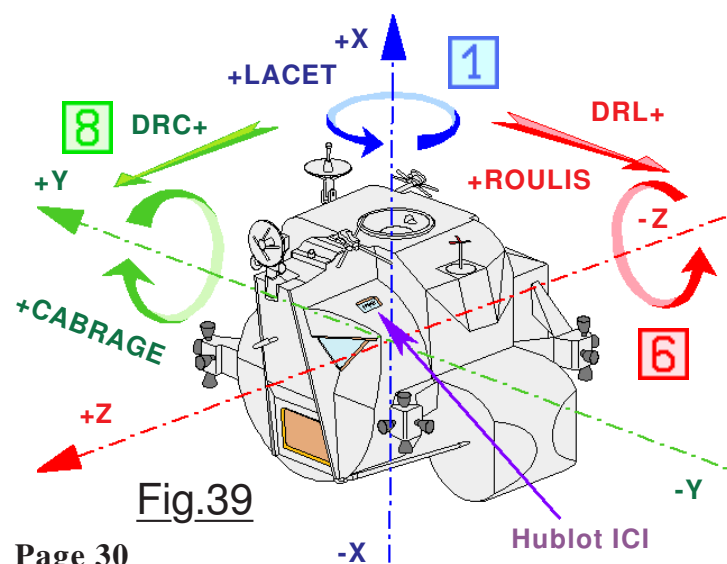
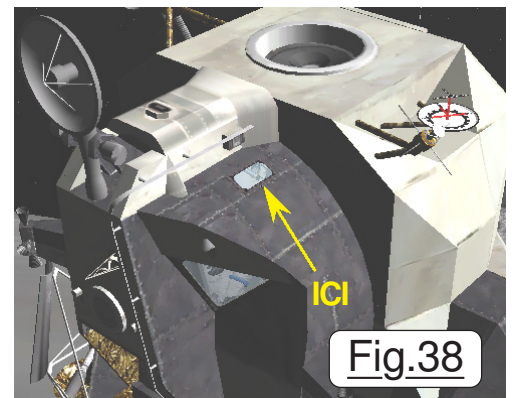
Touche **8 num** durant environ deux secondes pour amorcer un mouvement de cabrage modéré. À l'extérieur les étoiles défilent comme prévu et la sphère du FDAI bien docile accuse la rotation. Un regard sur le DSKY montre que le registre R2 se modifie notablement, alors que R1 et R3 demeurent inchangés avec des variations qui restent inférieures au dixième de degré. Conformément aux informations données dans le manuel à la page 23, R2 affiche bien l'angle IMU pour le CABRAGE. On reprend ces manipulations, mais pour le roulis cette fois :

Touche **5 num** puis **IMU CAGE** sur **ON**, **IMU CAGE** sur **OFF** suivi de deux secondes avec **4 num**. La sphère du FDAI montre une rotation pure perpendiculaire à l'instrument. Sur le DSKY c'est bien le registre R3 qui se modifie de façon importante. Conformément au manuel, R3 numérise l'axe de ROULIS. Mais cette belle machine s'enraye, le grain de sable grippe la mécanique est c'est le clach. Tout ce coince et l'on est pénalisé par un **NO ATT** / **GIMBAL LOCK** alors que la sphère n'est pas dans la zone rouge. Recommencer **IMU CAGE**, mais cette fois avec un roulis de sens contraire par sollicitation de **6 num**. Punition analogue de l'autre côté. Tant pis, attendons que l'équipe de NASSP enlève le sable et répare l'IMU. Pour terminer cet exercice, reprendre exactement comme pour la cabrage, mais avec du LACET à droite par exemple. Pas grand chose de particulier. La sphère FDAI tourne normalement, le registre R1 accuse des changements importants de numérisation. On constate que l'on franchit allègrement et sans incident la zone rouge. Il doit y avoir un déphasage entre les angles numériques IMU et le positionnement de la sphère.

CONCLUSION : Dans l'état actuel de développement du LM la sphère d'attitude du FDAI ne sera exploitable que sur du CABRAGE pur ou du LACET pur. Pour toutes les autres combinaisons son comportement devient douteux.

Exercice n°7 : RCS et références externes par le hublot d'accostage.

Impensable si l'on veut se targuer d'une formation sérieuse, de faire l'économie d'un apprentissage spécifique pour se montrer apte à effectuer des manœuvres de précision en ne regardant que par le hublot d'accostage, type de pilotage qui ne manquera pas de se produire quand à proximité du CSM on va engager les évolutions qui suivent la séparation ou celles qui conduisent à l'accouplement. Ces phases ont imposé l'implantation d'un hublot dédié, pourvu d'un collimateur spécial. Ne pas utiliser à la perfection ces équipements qui ont singulièrement compliqué la vie des ingénieurs n'est pas envisageable. Il ne serait pas raisonnable de commencer dans le voisinage immédiat du CSM, raison pour laquelle nous allons nous faire la main avec **09) LM seul pour tester les RCS.scn** devenue presque incontournable. Le hublot d'accostage est montré sur la Fig.38, mais ne le cherchez pas en vue extérieure, car sur le modèle 3D de NASSP il n'est pas encore représenté. La copie d'écran Fig.38 a été réalisée avec AMSO dont les modèles sont bien plus fins et les textures beaucoup plus travaillées. Je me suis déjà exprimé sur le sujet, inutile d'y

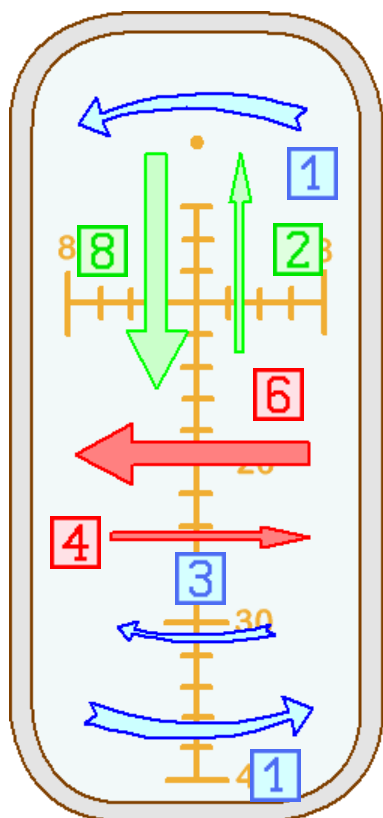


revenir. La Fig.39 résume assez bien la situation, quand à la Fig.40, elle représente les divers défilements de l'arrière plan en fonction des exemples choisis sur le dessin. Pour mémoire sur la Fig.39 sont représentées les touches du pavé numérique qui engendrent les trois mouvements choisis sur cet exemple. Quand on sera à proximité du CSM, que ce soit pour s'orienter après séparation en vue de vérifier le déploiement du train ou au retour

Fig.40

(1) ATTENTION : Penser à faire deux fois [F1] pour afficher la "vue vraie" quand on passe d'un hublot à un autre.

ATTENTION : Revoir l'encadré page 49 tutoriel sur le CSM.

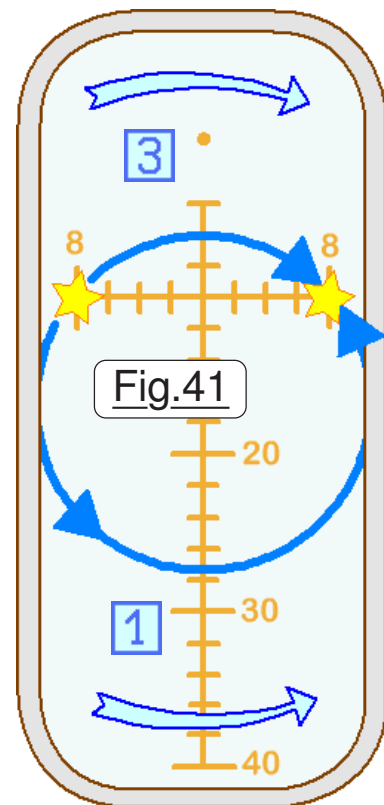


de l'exploration lunaire pour effectuer l'arrimage, c'est surtout les informations de la Fig.40 qu'il faudra bien avoir à l'esprit. Sur le dessin de la Fig.40 les flèches larges correspondent aux mouvements pris en exemple. Les flèches plus minces sont tracées pour les rotations inverses. Rien n'empêche pour ceux qui ont tendance à oublier rapidement, (*Dont je fais partie, raison pour laquelle je rédige des tutoriels*) d'imprimer ce petit dessin et de s'en faire une fiche qui peut s'insérer dans le manuel de vol. Pour ceux qui le souhaitent vous trouverez le petit fichier [Hublot d'accostage.pdf](#) ne contenant que quatre pages avec la Fig.40 ci-contre.

Retour à la pratique. L'exercice consiste à ne regarder que par le hublot d'accostage, et à acquérir les réflexes pour orienter dans la bonne direction sans la moindre hésitation. Pour une première approche, le vaisseau est orienté dans une attitude qui montre le sol lunaire dans la petite lucarne. Tentez de maintenir immobile un cratère bien repérable au centre du hublot. Puis, devenus capables pratiquement par instinct d'effectuer les corrections, vous pouvez passer à une phase à la fois plus simple et plus conforme à ce qui sera nécessaire : La manœuvre à proximité du CSM. Plus simple, car nous aurons en phase finale de rapprochement annulé la vitesse relative.


Contrairement au sol lunaire qui défile, la cible sera "immobile". Comme pour tout arrimage, le CSM se sera orienté favorablement, mais surtout aura réalisé un KILL ROT. Pour simuler les travaux d'orientation, changez l'attitude du LM et pointez le Soleil relativement facile à trouver. **NON, pas question de tricher et de passer en vue extérieure !** Vous revenez sur le hublot latéral gauche par exemple. Pensez à (1) Sachant qu'il éclaire le sol lunaire, pointez ce dernier puis effectuer un demi-tour. Quand vous l'aurez trouvé, le centrer dans le hublot latéral puis piquer de 90° en utilisant le FDAI. Il sera alors dans la petite lucarne d'accostage.

Réflexe et mental, ce sera toujours le verre à moitié plein ou le verre à moitié vide. Par cet adage je fais allusion au fait que chaque individu possède une logique propre. Vous pouvez focaliser sur les mouvements du vaisseau par rapport aux étoiles. Dans ce cas on pensera : Je veux voir le haut, donc il faut cabrer, donc je titille la touche **8 num**. À l'opposé, certains vont totalement oublier la machine et ne voir que leur cible, c'est à dire le sol lunaire, le Soleil ou le CSM. Dans ce cas on doit inverser notre processus de pensée. Ce n'est plus nous qui bougeons, mais l'image. Deux façons d'éduquer nos réflexes avec comme finalité amener la cible derrière le collimateur que vous aurez mis en place. La première consiste à tenir compte de notre regard. La cible est trop basse, donc je dois baisser les yeux pour la regarder : Touche **2 num**, elle est trop à droite : Touche **6 num**. Cette approche mentale consiste donc à utiliser les touches du pavé numérique comme un joystick qui dirigerait le regard. Deuxième façon possible de "regarder" : raisonner mouvement de l'image dans le hublot. Les touches sont alors à utiliser en "sens contraire". Déplacer la vue à gauche : **6 num**, vers le bas : **8 num**. **À chacun de trouver le mode de pensée qui lui sera le plus naturel.** Pour compléter cet exercice, travaillez l'orientation en "torsion" avec les touches de LACET. Par exemple calez le Soleil sur une extrémité **8** de l'échelle "horizontale, et le faire passer sur l'autre avec **1 num** et **3 num** comme le montre la Fig.41 sur laquelle sont tracés les déplacements relatifs de la cible en fonction du sens de rotation en LACET. Cette rotation autour



de l'axe X'X sera impérative pour orienter correctement le module lunaire avant d'effectuer l'arrimage. Ce n'est qu'après avoir parfaitement maîtrisé ce type de pilotage que l'on pourra raisonnablement se risquer de manœuvrer à proximité du CSM avec les risques de collision que cela implique.



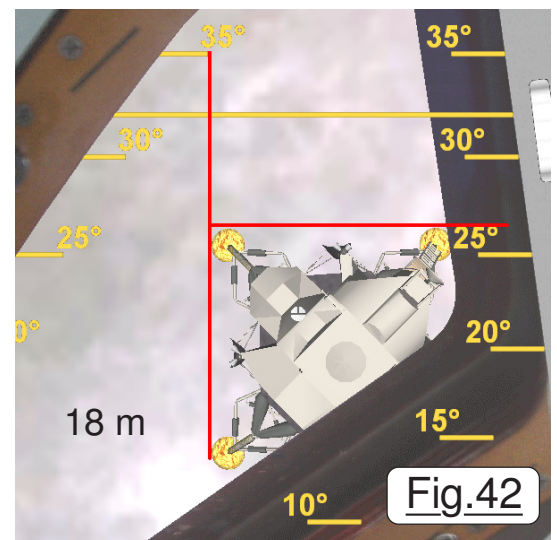
Ben Môa môa je ne pige rien au mnémotruc de  Hublot d'accostage.pdf mais c'est un marque page wouachement pratique pour mon roman sur Orbiter.

LA SÉPARATION DU LM ET DU CSM :

Les statistiques sont formelles : Plein plein de couples unis à la mairie finissent par se séparer dans les cinq années qui suivent. Pour Apollo ce fut bien pire. Mis à part la plus malchanceuse des familles, cette d'Apollo 13,

toutes les autres on divorcé ! Rassurez-vous, dans la saga Apollo toutes les histoires finissent bien. On charge **11) CHECK terminée juste avant l'item Séparation LM-CSM.scn** dont le titre explique le contexte. Normalement, vous devez retrouver l'état que vous aviez obtenu à la fin de l'exercice n°2 de la page 19, c'est une sorte de correction. Sauf qu'à la fin vous avez ressenti la frustration de ne pas aller jusqu'au bout, le PCHHHHHIITTTT qui traduit la libération du gros insecte. C'était prématuré, car nous devons savoir utiliser les RCS avec toute la finesse indispensable. La scène que l'on va utiliser respecte assez bien la réalité historique. L'horaire est crédible, le MISSION TIMER à **100 : 09 : 39** est cohérent, le plan orbital et notre position sont optimaux. Conformément au programme, l'orbite est circulaire et respecte l'altitude de 108 km. Le CSM a

utilisé ses moteurs pour imposer au train spatial l'attitude de libération qui correspond à un axe longitudinal vertical avec le LM coté Lune. Tous les voyants à Houston étaient au vert et CAP COM a donné par anticipation l'autorisation. **[F1]** pour passer à l'intérieur, puis **RSET > IMU CAGE > OFF >** pour "réparer" le calculateur de bord. On peut procéder à la séparation, le manuel de vol dans le LM est ouvert en page 34. Touche **[F3] > Columbia** pour réincarner Collins qui saisit **SERVITUDES.pdf** à la page 30. Par précaution forcez le FDAI n°2 au triple zéro, et vérifiez que les RCS sont bien en mode linéaire. Provoquez la séparation. Le manuel du LM précise qu'il faut reculer de 18 mètres, comment le mesurer ? **NON, pas de radar, pas de Docking MFD**, mais les références visuelles. D'une part la distance n'est pas un impératif précis, d'autres parts quand



on se place dans une configuration avec risque de collision, c'est à l'extérieur qu'il faut regarder. La Fig.42 ci-dessus nous donne les repères visuels qui sont déjà précisés dans le livret de pilotage. ATTENTION : Cette vue ne sera correcte que si nous utilisons une "focale caméra" **FoV** de 60°. Collins, seul à bord du CM, se place bien en face du hublot d'accostage, puis il provoque la séparation. Cette dernière n'engendre pas de rotations parasites, donc laissez faire et patientez. L'accélération temporelle **x10** est possible pour les nerveux. Quand les trois coupelles du train d'alunissage visibles s'alignent sur les traits tracés en rouge, on est à la bonne distance. Un peu avant ralentissez puis stabilisez. Contrez la petite rotation de roulis induite. C'est le CSM qui procède à l'écartement de sécurité, car l'annulation de la vitesse relative est assez facile à obtenir avec **ΔV RANGE** du système EMS. Vous commutez le sélecteur sur **ΔV** et l'inverseur **STBY MODE** sur **NORMAL**. Au moment de la séparation, **ΔV RANGE** affiche **0.2**. Freiner pour annuler cette valeur n'est pas la solution, car elle stoppe notre **ΔV** mesurée, mais le LM aussi à été repoussé. C'est la vitesse relative qu'il faut résorber. Comme il est bien moins massif que le CSM, il recule plus rapidement. C'est donc pour une indication de **-0.4** sur **ΔV RANGE** que l'on sera approximativement à distance stabilisée. On affine visuellement puis on informe par radio les deux autres équipiers qui procèdent alors au retournement de 180° pour présenter le train. Revenir dans le module lunaire. Vous pouvez vous faire une idée de ce que donnera le visuel quand, en retour du sol vous serez en phase de rendez-vous. Étant donné que l'on se trouve pratiquement face au Soleil, notre voisin n'est pas très visible dans le hublot. Par utilisation du FDAI, effectuer un cabrage de 180° pour présenter le train vers le

Page 32 CSM. Revenir dans le CSM et procédez au rapprochement de 15 mètres. La Fig.43

montre ce que nous devons obtenir, toujours avec une FoV de 60°. LM bien "immobile" derrière la lucarne triangulaire, on peut alors vérifier visuellement.

- *C'est bon pour la distance, tu peux lacérer cher Neil !*

- *OK Michael, j'engage le tournebroche.*

De retour dans le LM, vous actionnez **3 num** durant deux secondes pour provoquer un LACET suffisant, mais pas trop désagréable pour les passagers. Retournez dans Colombia. Par le hublot de gauche vous pouvez vous assurer que coté train d'alunissage et sondes de contact avec le sol tout est correct. Notez que la jambe du train sur laquelle se trouve l'échelle de descente n'a pas de sonde, à la demande d'Armstrong. Au moment du posé elles se tordent et Neil ne voulait pas courir le risque de s'entraver lors de sa première EVA.

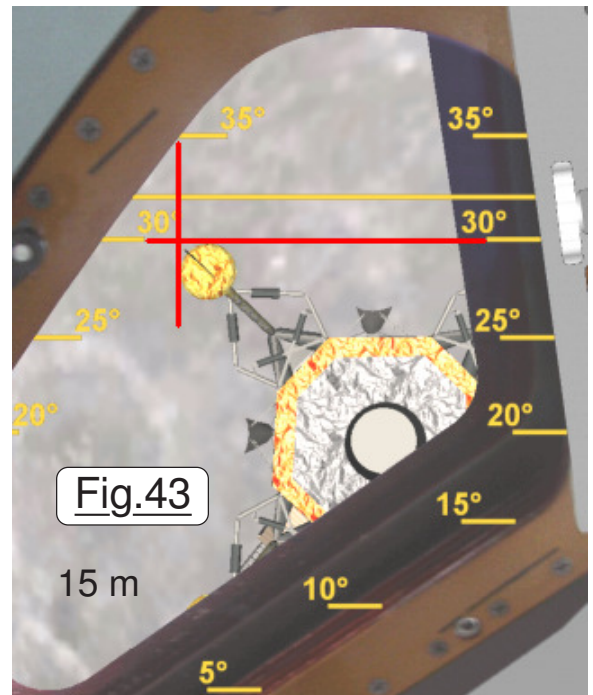
- *C'est OK pour les patounes Neil tu peux transposer !*

- *Parfait Michael, je change d'axe, ça va faire plaisir de te revoir par les fenêtres.*

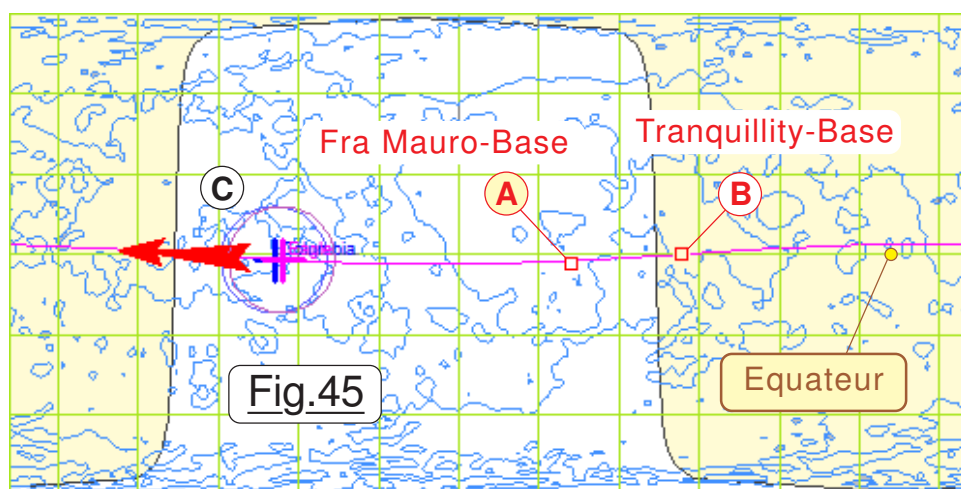
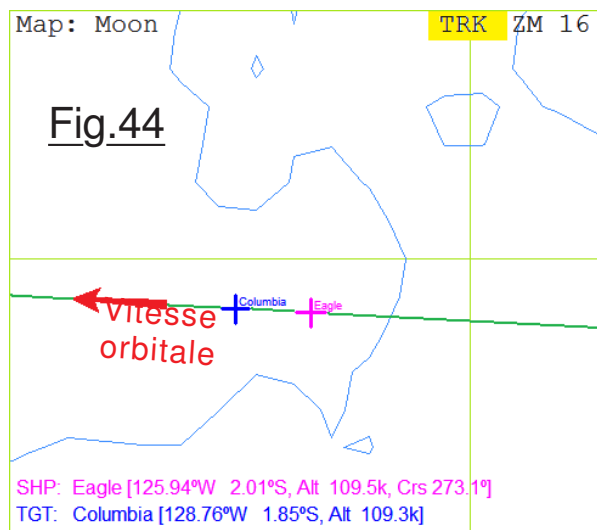
Il faut maintenant placer l'axe de rotation X'X orthogonalement à son orientation actuelle et provoquer à nouveau une rotation pour que les vérifications du train soient complétées, et passer en revue toutes les antennes et divers appendices extérieurs, une sorte de pré-vol mais pour astronef. Pour ceux qui désirent comparer ce qu'ils ont obtenu avec le résultat de cette narration, **12) Le tourne-broche.scn** vous place à bord du CSM alors qu'Eagle présente son mouvement de rotation primaire. Il suffit de réintégrer le LM, de stopper toute rotation avec **5 num**. Puis, **IMU CAGE** suivi de **OFF** pour recalibrer le FDAI au triple zéro. Un cabrage de 90° placera le vaisseau dans une attitude favorable à la deuxième observation. Comme vous utilisez la sphère d'attitude pour effectuer la rotation orthogonale, si vous avez chargé la scène il faut effectuer un **RSET** suivi d'**IMU CAGE** et attendre les 90 secondes pour "réparer le FDAI". Nouvelle rotation en LACET avec **3 num** durant deux secondes. Revenir dans le CM pour effectuer les dernières vérifications. Imposer le mode ROTATION aux RCS. (*En principe ils y sont déjà vu qu'à l'approche à 15 mètres il a fallu une petite correction pour annuler l'éventuelle rotation induite*) Pour bien observer la partie haute puis le train, il faut changer plus ou moins d'attitude. Quand le module lunaire aura été inspecté sur toutes ses coutures, par radio vous confirmez sa bonne santé. À bord ils vont jubiler, et la Terre qui suit en permanence les échanges radio va alors donner son autorisation pour le débarquement. Les dés semblent distribués, tout porte à croire que ce sera le vol numéro onze qui va se poser. La pression monte encore d'un cran ...

LES AUTOMATISMES D'ORBITER :

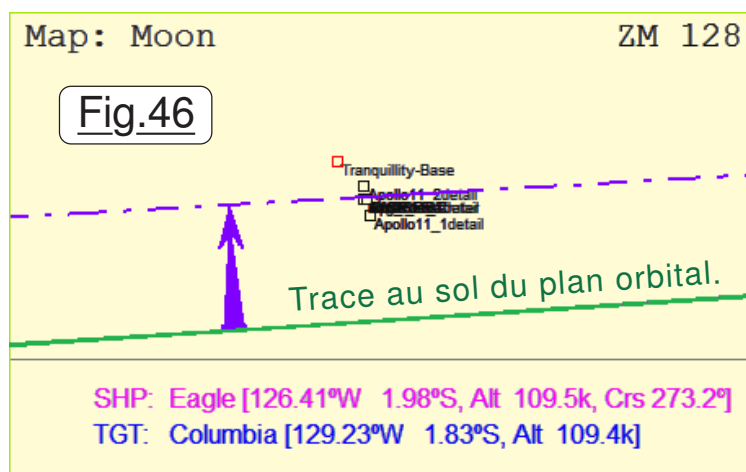
E ntre le moment où nous avons séparé et le délai consommé pour effectuer les manœuvres de vérifications visuelles d'Eagle nos deux montures ont franchi pas mal de chemin sur l'orbite. La scène **13) Fin des vérifications visuelles.scn** confirme cette évidence. Elle a été réalisée une fois effectuées toutes les observations. L'horloge de mission affiche **100 34 19**, soit environ vingt cinq minutes depuis la séparation. Survolant bientôt la zone prévue, il va falloir maintenant se préparer pour le freinage de décrochage d'orbite qui se produit de l'autre coté de la Lune. Nous serons à l'opposé de la Terre et privés des communications radio avec cette dernière durant tout le début de la descente. Nous savons que pour engager la DOI le LM devra se placer en RETROGRADE et freiner. (*DOI : Descent Orbit Insertion*) Historiquement ces opérations étaient entièrement automatiques, sous contrôle du LMC et de ses programmes, le tout en accord avec la centrale inertielle et les radars de bord. Pour remplacer toutes ces aides à la navigation qui ne sont pas disponibles actuellement, nous allons nous contenter des automatismes standard dans Orbiter. Mais il n'est pas question de s'engager dans une descente "réelle" sans avoir au préalable expérimenté les possibilités d'Orbiter avec les spécificités du LM. Ce chapitre achèvera notre formation à l'usage des RCS. Historiquement, la DOI a été initiée le 20 Juillet vers 19 H 12 min TU, soit une heure et demi après la séparation. Comme l'orbite est bouclée en 7125 secondes soit un peu moins de deux



heures, on en déduit que l'orbite actuelle est celle qui conduit au freinage initial, celui qui place le module lunaire sur une orbite dont le périégée se trouve à ≈ 500 km du site à une altitude d'environ 15 km. Comme nous allons le constater, se substituer au programme LMC du freinage initial ne présente vraiment aucune difficulté. Ceci dit, avant de concrétiser, pour se mettre dans l'ambiance il me semble séduisant de planter un peu mieux le décor. Ouvrez à la page 17 le document **TECHNOLOGIE du LM.pdf** que naturellement vous connaissez par cœur. Après la séparation effectuée en **1** de la Fig.24, en **3** le CSM a opéré la petite poussée d'écartement. Puis les deux vaisseaux ont navigué pour leur propre compte. En **6** les contacts radio avec la Terre ont été perdus. Invoquez en mémoire centrale la scène **14) Dans trois minutes la DOI.scn** qui nous place dans des conditions quasi historiques, qu'en préambule nous allons commenter. La scène nous situe à trois minutes du point **7** où nous allons devoir conduire la modification d'orbite. La Fig.44 est une copie d'écran de **Map MFD** dans laquelle l'encadré jaune montre que nous sommes en mode poursuite, la carte restant centrée sur **Eagle**. La

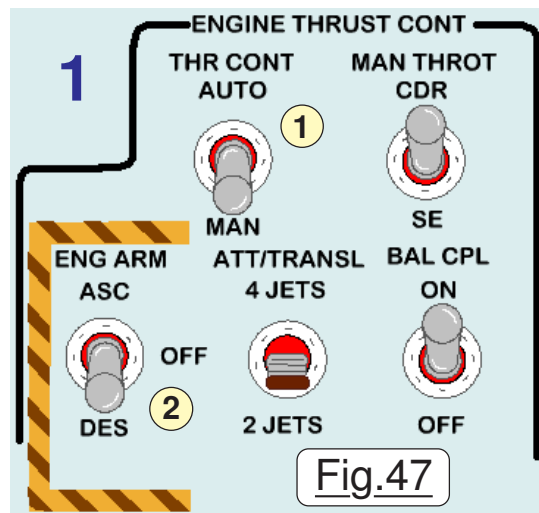


mieux situer la zone éclairée mise en évidence en jaune. On repère deux sites d'alunissage en **A** et en **B**. Il n'est pas compliqué de comprendre que c'est **B** qui nous concerne, car il se trouve en limite de zone éclairée conformément au dessin de la Fig.24 alors que **A** se trouve dans l'ombre. Toujours sur **Map MFD**, mais centrée sur **B** et au ZOOM maximal on obtient une image qui ressemble à la Fig.46 qui dévoile plusieurs éléments au sol dont les repérages se superposent. Ce fouillis résulte de la scène un peu encombrée décrite en page 208 du didacticiel sur le CSM. À l'échelle du dessin ci-dessous le carré repéré sur la Fig.197 est plus grand que cette Fig.46, avec le plan orbital dont la trace est repérée en vert ne passe pas bien loin de notre cible. Nous pourrions sans problème nous contenter de cette situation pour réaliser la suite du programme. Mais pour l'apprentissage des automatismes utilisables avec le LM de NASSP, nous allons nous imposer une correction de plan en décalant la trace au sol dans le sens de la flèche violette. Nous pousserons avec le moteur orbital, le vaisseau étant au préalable placé dans l'attitude idoine, jusqu'à ce que sur **Map MFD** la trace au sol passe au milieu du "paquet" de détails repérés sur la carte comme montré ci-contre. Nous avons tous les éléments en main pour effectuer maintenant nos divers exercices.

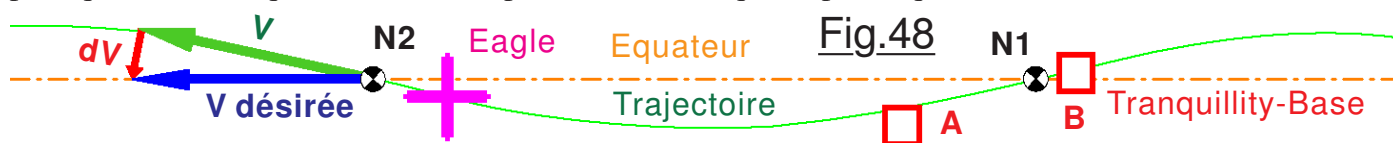


Exercice n°1 : Manœuvre de correction de plan.

Bien que dans les conditions actuelles soient parfaitement suffisantes pour pouvoir effectuer une descente normale, nous allons apprendre à effectuer une correction de plan. Ce sera indispensable pour la phase de remontée. Comme nous allons effectuer cette dernière entièrement en manuel, quel que soit le soin apporté au pilotage, une fois l'orbite établie nous aurons forcément un écart angulaire entre les deux plans orbitaux. Hors il sera impératif d'aboutir à un alignement parfait dans la perspective de la manœuvre de rendez-vous. La première action à mener consiste à armer le moteur orbital qui jusqu'à présent pour des raisons de sécurité à proximité du CSM était jugulé. Il suffit une fois revenu sur les tableaux de bord de NASSP avec la touche **[F8]**, de positionner **1** en mode manuel comme montré sur la Fig.47 et de valider en **2** le moteur de descente. Pour être franc, le basculement de **1** est réalisé pour des raisons de discipline, car Orbiter n'en tient pas compte, le clavier est pris en compte autant sur **AUTO** que sur **MAN**. Touches **[F8]** deux fois pour retourner sur l'écran 2D simplifié, **[CTRL] H** pour valider le HUD qui nous fournit les commandes du pilote automatique. Reste à savoir laquelle utiliser.

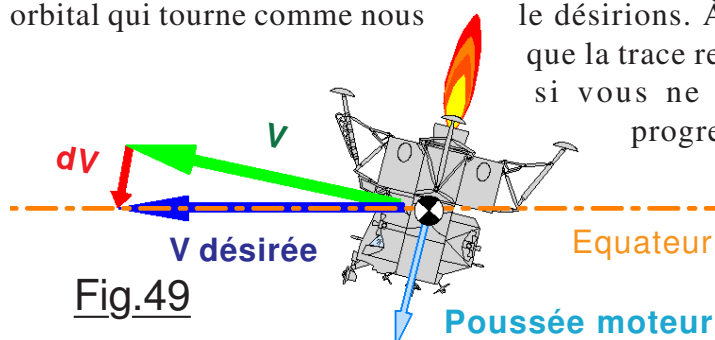


Tout orbinaute recruté par la NASA sait que pour réaliser des alignements de plans orbitaux il faut attendre de se trouver à un **nœud** et de pousser perpendiculairement à la trajectoire. Il nous faut réunir ces deux conditions si l'on veut travailler avec succès. La cible au sol se trouve pratiquement à l'équateur, donc on peut considérer que le plan équatorial de la Lune constitue celui



dans lequel il faut amener le plan orbital actuel. Si vous comparez la Fig.48 à la Fig.45, vous constaterez que la première représente les éléments géométriques principaux de la deuxième, avec une "amplification verticale". La projection de l'orbite sur le sol permet de mettre en évidence le nœud descendant **N1** et le nœud montant **N2**. On voit bien qu'actuellement **Eagle** va bientôt arriver à **N2** avec la vitesse orbitale **V**. Pour circuler dans un plan équatorial il faudra la vitesse **V désirée**. Donc la correction de plan exige de produire **dv**. Comme pour toute correction de plan le moteur doit pousser perpendiculairement à la vitesse, d'où les habituelles fonctions **NORMAL +** et **NORMAL -**.

Représentant un agrandissement de ce qui doit se passer en **N2**, la Fig.49 montre l'attitude que devra adopter le module lunaire pour pousser dans la bonne direction. Consultante le manuel de pilotage à la page 19, on note que c'est la configuration représentée sur la Fig.10 du livret. Nous pouvons passer aux actes. En toute rigueur nous ne sommes pas exactement au nœud, mais ce n'est pas impératif. Plus on est éloigné de ce dernier quand on procède à l'allumage, moins bon sera le rendement. Mais quand on se trouve proche, et surtout quand la variation d'angle à obtenir est faible, ce n'est pas important. De toute façon, comme la manœuvre exige une certaine durée, on commence en standard un peu avant le nœud et l'on termine après. Sans tarder, vous cliquez sur le bouton **PRO GRD** et vous amenez le moteur au maximum de sa puissance avec **0 num**. Immédiatement sur **Map MFD** vous constatez que la trace verte de notre trajectoire se déplace vers le haut. C'est le plan orbital qui tourne comme nous



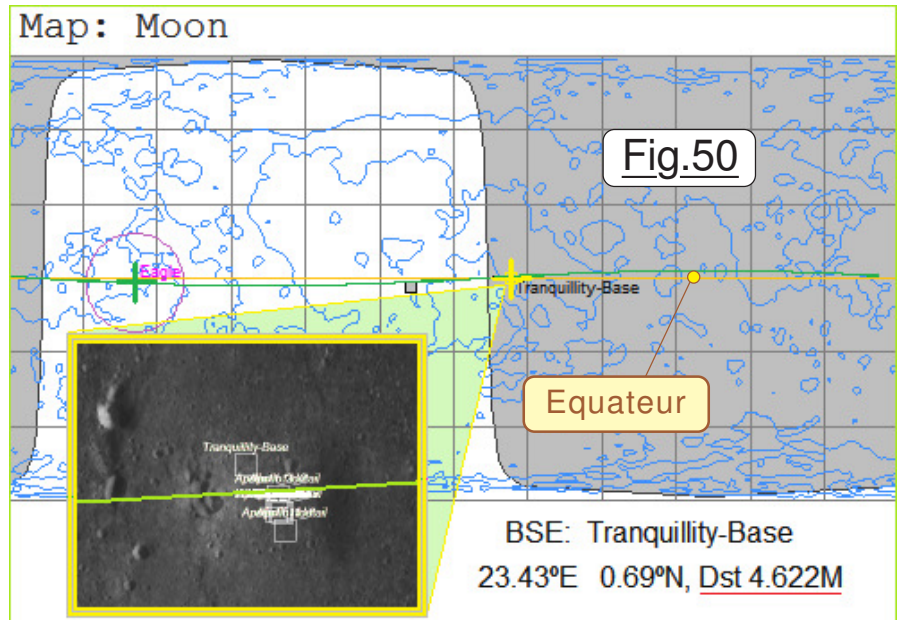
le désirons. À pleine puissance il faut très peu de temps pour que la trace rejoigne le milieu du "paquet d'indications". Donc, si vous ne voulez pas dépasser, anticipez et réduisez progressivement la poussée avec la touche **Suppr num**.

Finalement c'est bien plus simple à réaliser qu'à expliquer. Nous sommes parés pour effectuer l'alignement des plans quand nous effectuerons la remontée du séjour lunaire en vue du rendez-vous.

Exercice n°2 : Manœuvre de DOI.

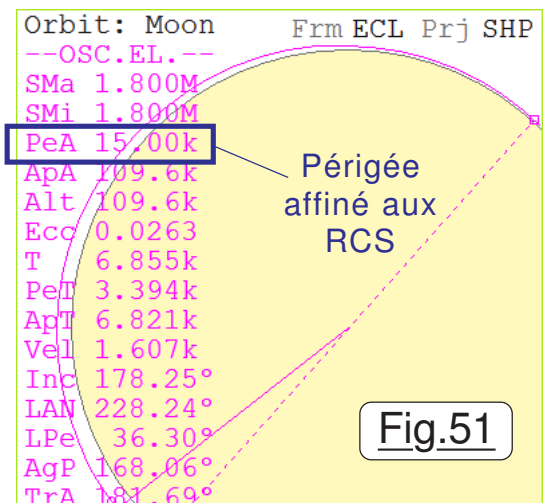
Mises à part les explications un peu laborieuses, on ne peut pas dire que l'exercice précédent était bien compliqué. En trois fois rien nous avons obtenu le résultat escompté. C'est grâce au pilote automatique il faut bien le reconnaître. Et bien vous allez voir que pour la DOI c'est aussi facile. La correction de plan a consommé un petit % de carburant comme on peut le constater. Si vous n'avez pas égaré de précieuses secondes, cette manœuvre est rapide et nous sommes toujours dans les temps. La scène **15) Correction de plan effectuée.scn** peut éventuellement vous servir

de base pour continuer. Quitte à recharger la situation pour revenir à **101 27 27**, on peut prendre le temps d'observer calmement les conditions actuelles. Par exemple la Fig.50 présente **Map MFD** sur lequel le site prévu à été désigné comme **TGT**. Ce dessin est constitué d'un montage pour lequel j'ai laissé la zone éclairée représentée en gris clair, car la teinter en jaune comme sur les autres figures impose en PAINT.EXE de cliquer dans chaque petite zone fermée, et avec les tracés bleus il y en a beaucoup ! On peut vérifier qu'au moment de



la correction de trajectoire nous sommes à 4622 km du cite visé. Rien d'étrange à cela, nous savons qu'une modification d'orbite change la trajectoire "de l'autre côté". Nous nous trouvons donc aux antipodes de la base **pour freiner**. L'encadré jaune représente le **Map MFD** de la Fig.46 avec la trace du plan orbitale après avoir effectuée la correction d'inclinaison. J'ai simplement remplacé le gris uniforme de la carte par ce que nous observerons quand nous survolerons cette zone.


Réalisation de la DOI : Freiner, le mot clef est lâché. Comme l'atteste **Map MFD** nous circulons sur une boucle pratiquement circulaire de 109 km. "En face" le plan de vol prévoit 15 km d'altitude. Cette hauteur étant plus faible que l'actuelle, il faut tomber. Pour tomber il faut aller moins vite ... donc freiner. Comme ce ralentissement sera obtenu avec le moteur orbital, il faut donc par un moyen quelconque le diriger vers l'avant de notre mouvement actuel, l'incontournable **RETRO GRADE**. C'est aussi simple que ça. Feuilletant fébrilement le manuel de vol en page 19, les automatismes d'Orbiter ne nous offrent qu'une seule possibilité : **NML**. Hé bé, qu'attendez-vous pour le faire, si vous lambinez trop **Quivsv** va donner de la voix. Attendre que le vaisseau soit correctement orienté et allumer le moteur principal. Attention, poussée réduite entre 5 kN et 6 kN, pas plus, c'est suffisant. Surveillez la valeur de **PeA** sur **Map MFD**, lorsque l'on s'approche des 15 km réduire progressivement la poussée. Stopper étant pratiquement à la valeur désirée. Par le truchement des RCS en mode **TRANSLATION** affinez exactement à **15.00k** puis coupez le moteur avec **1** et **2** de la Fig.47 pour ne pas risquer un allumage accidentel. Pour le plaisir, ne plus rien faire et laisser le module lunaire descendre en orbite jusqu'à survoler "la maison". **16) DOI achevée.scn** est un corrigé d'où est extrait la Fig.51 mais vous allez constater que plus on s'approche du sol, plus la valeur du périégée **PeA** diminue puis elle recommence à augmenter. Quand en vue extérieure on admire notre passage au dessus de la future base, l'altitude avoisine 17 km. (**PeA est dégradée par la présence des mascons : validation de ☒ Nonspherical gravity sources**)



LA BREAKING PHASE :

Consultez impérativement l'encadré des pages 40 et 41.

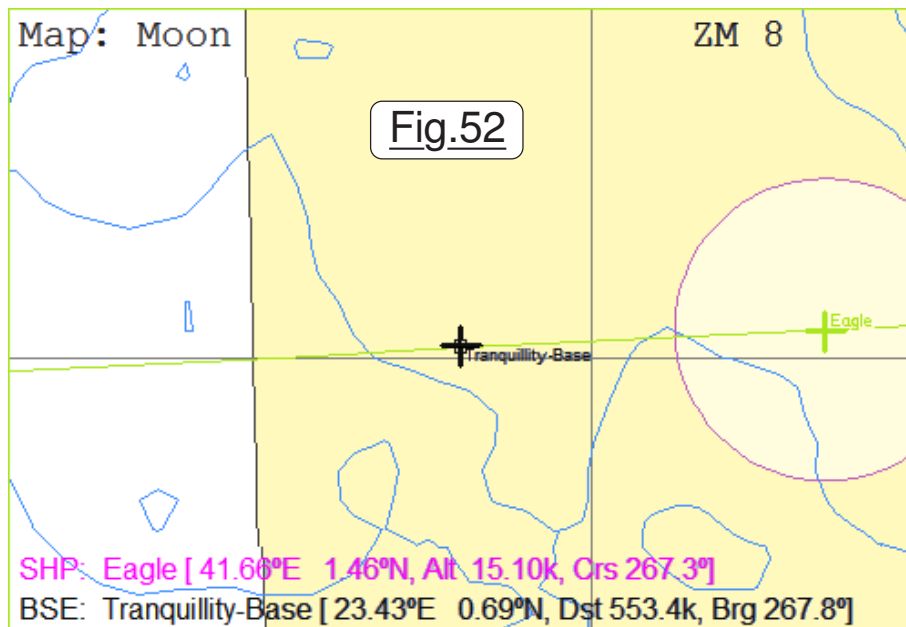
Terminé les exercices simplistes de trois fois rien pour lesquels le Nul tout en a tartiné trois pages. La descente freinée doit respecter avec rigueur un plan de vol précis que seuls des automatismes complexes couplés aux radars et à la centrale inertielle permettent d'assurer avec précision. Comme actuellement NASSP a fait l'impasse sur ces systèmes, je n'ai pas voulu alourdir inutilement le manuel de vol qui me semblait déjà trop chargé. C'est la raison pour laquelle vous n'y trouverez pas un tableau comme celui de la page 39. Ceci dit, il serait vraiment frustrant de ne pas tenter la chose sous prétexte qu'elle n'est pas historique, et surtout assez délicate. Avec un peu d'expérience il est possible d'amener le LM à la **HI GATE**, ce qui ne serait déjà pas si mal. Pas besoin de s'affoler, nous avons largement le temps, car la phase de freinage ne commence qu'à un MET de **102 27 00**, quand nous approcherons à 510 km de la base. Nous n'avons rien de spécial à faire, laissons nous descendre progressivement. Dans la réalité les astronautes avaient fort à faire. Outre la surveillance et la vérification des systèmes, ils épiaient le sol et périodiquement à des jalons bien précis comparaient l'heure de passage avec celle prévue. Cette technique permettait de vérifier la navigation. Apollo 11 avait 6 minutes de retard sur le plan de mission, donc Houston savait qu'ils allaient poser un peu long. Comme 506 restait dans les tolérances la mission a été validée.

C'est parti pour l'examen de passage : Si vous amenez le module lunaire exactement où il faut en respectant les paramètres du point **HI GATE**, vous serez définitivement promu commandant de bord pour la mission 11, ça vaut le coup de transpirer un peu non ? Pour débiter dans des conditions nominales, chargez la situation **17) DOI pour 16 km.scn** qui est strictement identique à la scène 16 mais dont la DOI a été conduite pour calibrer une valeur de périégée à 16 km. Si vous laissez le vaisseau évoluer sans rien faire, il va passer à un périégée **PeA** de 15,08 km totalement conforme aux conditions historiques. La variation de la valeur du périégée s'explique par la présence de **mascons** dans le sous-sol lunaire. Ce sont des zones localisées plus massives que la moyenne du géoïde lunaire, qui engendrent des variations d'attraction par effet de proximité et perturbent l'orbite. On peut les assimiler à de petites SOI très localisées, et la NASA devait tenir compte de ces éléments perturbateurs qui compliquent également singulièrement les rendez-vous. Comme dans NASSP nous avons validé l'option de "gravitation non sphérique", il nous faut aussi les intégrer dans nos prévisions, raison pour laquelle on réalise la DOI pour 16 km au lieu de 15 km. Préparons notre descente. Dans ce but le HUD est activé en mode **ORBIT MOON** et l'écran de droite est basculé en option **Surface MFD**. Attendre que **Map MFD** indique une distance jusqu'à Tranquillity de 760 km environ. Bouton  comme nous l'avons déjà pratiqué pour adopter une attitude de type **RETRO GRADE**. **Puis passer en mode ROTATION sur les RCS**. Calez le FDAI de gauche au triple zéro. Lacet de 90° vers la droite avec **3 num** pour diriger les hublots vers le bas. *(Normalement cette attitude devrait être adoptée depuis la fin de la DOI pour voir le sol)* Comme on redémarre une situation, le LMC est phase de réveil et il lui faut 90 secondes pour libérer le FDAI. Nous n'avons pas forcément ce délai, aussi pour réaliser le changement d'attitude de 90° on peut également utiliser tout aussi aisément **Surface MFD**. Une fois le vaisseau correctement orienté, basculer le HUD en option **SRFCE MOON** pour gérer le cabrage et le "roulis" durant la descente.



ATTENTION, Dans cette attitude de type **RETRO GRADE** **le roulis se gère avec les touches de LACET 1 num et 3 num**, sinon ce sera la disqualification !

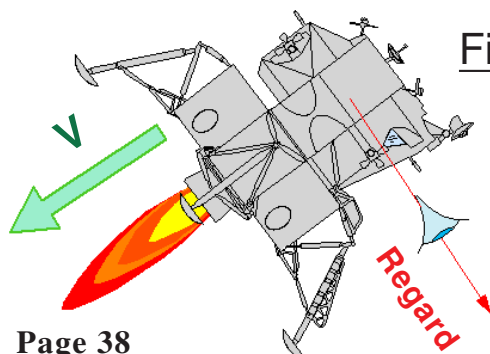
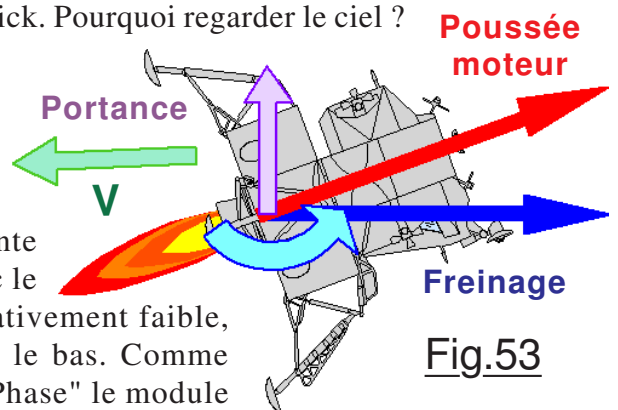
Il est temps de réarmer le moteur sur le tableau 1. Pour ne pas avoir à attendre **102 27 00**, et surtout pour se retrouver tous dans des conditions identiques, **18) Heure de la breaking phase.scn** nous situe un peu avant la phase de freinage en attitude **RETRO GRADE** et hublots vers le bas conformément au programme. Chargez cette scène avec l'option **PAUSE** cochée. On va prendre le temps d'analyser quelques détails. En vue extérieure orientez la caméra pour bien observer la posture de notre gros insecte. Observez au loin. Bien que les textures de la zone de Tranquillity base couvrent une grande surface, on ne les voit pas. Passons dans l'habitacle. La Fig.52 représente **Map MFD** quand on a ramené le facteur de **ZOOM** à 8. Nous sommes à 553 km du site d'alunissage. Le cercle mis en évidence en jaune plus clair que celui de la zone éclairée représente notre horizon visible qui porte jusqu'à environ 200 km. Si l'on passe sur le tableau principal on note une



valeur GET sur le MISSION TIMER de **102 27 00** tout à fait crédible. Les jauges ergols affichent **97**, en principe assez pour mener à bien la mission. Nous sommes dans les conditions nominales et pouvons passer au pilotage qui se fait sur le tableau 2D simplifié qui nous permet d'avoir à la fois les deux MFD, le HUD bien lisible et une vue royale face au vaisseau. Naturellement il ne saurait être question de gérer la descente "au pifomètre". La seule façon d'avoir une chance d'effectuer une bonne prestation consiste à

appliquer avec rigueur le plan de vol. Sans profil de mission sérieux l'opération serait irréaliste et bien illusoire. Bien que non intégré au manuel de vol, le résumé du profil de mission est donné en page 3 du petit fichier [Hublot d'accostage.pdf](#). Personnellement je m'en suis fait une petite fiche recouverte d'un film transparent. Durant toute la descente il faudra piloter en cherchant à maintenir les paramètres vitaux dans les valeurs du tableau. Nous devons agir sur le cabrage qui influencera directement notre hauteur en fonction du rapprochement. Pour la poussée du moteur globalement on peut utiliser les valeurs de la fiche. Quand l'attitude sera stabilisée, si le HUD indique un début de roulis, on corrige avec **1 num** et **3 num**, mais uniquement quand le roulis sera significatif, c'est à dire assez à l'écart du cabrage de 90° pour lequel l'échelle du HUD tourne comme une toupie.

C'est vers 200 km que nous effectuerons le roulis de 180° pour orienter les hublots vers le ciel. C'est du roulis pour le HUD, mais c'est en LACET qu'il sera modifié ne l'oublions pas. À cette distance de notre but, observer le sol n'est plus du tout utile, et comme cette rotation est de nature à perturber passablement les conditions du vol durant le retournement, autant le faire loin de la cible. Vous allez en effet constater que plus on s'en approche, plus il devient délicat de gérer la situation, et ce d'autant plus que nous n'avons pas d'aide par les automatismes. En outre on travaille avec le clavier, ce qui est bien plus délicat qu'avec un joystick. Pourquoi regarder le ciel ? Ce n'est pas du tout le but. En fait, quand on va arriver vers la zone où il faut poser, le LM va piquer de plus en plus pour diriger la poussée vers le haut, car on veut finir avec une vitesse sol presque nulle. Donc il faut diminuer progressivement la composante horizontale de la **Poussée moteur**. (Voir Fig.53) Au début de la descente nous avons une vitesse **V** relativement horizontale, donc le **Freinage** est maximal. La **Portance** par contre est relativement faible, mais l'orientation de **V** réduit la vitesse verticale vers le bas. Comme montré sur les Fig.53 et Fig.54, en début de "Breaking Phase" le module lunaire orbite "à contre sens". Les hublots portent le **Regard** vers l'arrière de la trajectoire et l'on ne



voit pas où l'on va, mais au contraire d'où l'on vient. Plus l'on s'approche du but, et plus il faut cabrer comme montré sur la Fig.53 ce qui n'arrange rien. La Fig.55 montre au contraire, qu'hublots vers le haut, plus on pique et plus l'angle visuel devient favorable pour observer le point où le LM va se poser. Comme ce retournement effectué en ROULIS perturbe les conditions de vol, il faut le réaliser rapidement, donc adopter un taux de variation angulaire relativement important qu'il faut contrer avec anticipation.

Regard
vers
l'avant

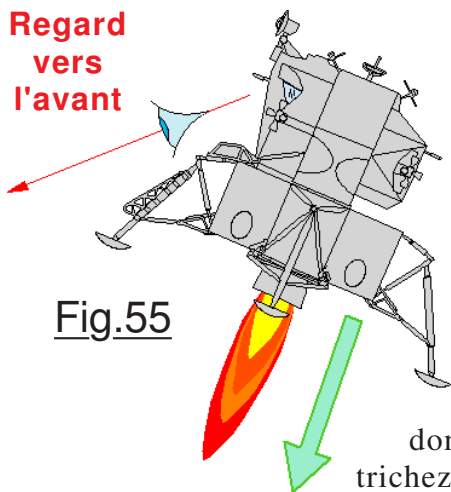


Fig.55

Contrôler la descente en manuel confine au défi, c'est du vrai pilotage durant lequel on doit gérer quatre variables et surveiller deux paramètres. Comme nous n'avons que deux mirettes associées à un seul cerveau, nous allons devoir "balayer" en permanence tout ce petit monde. Il faudra vous l'avez déjà compris établir des priorités en fonction de la distance. Au début du freinage, la priorité forte c'est l'altitude (*Qui se gère avec V.S.*) en fonction de la distance, la vitesse est moins vitale. Conformément à la procédure en vigueur on sera à pleine puissance au début, donc on ne pourra pas vraiment influencer **TAS**. L'encadré de la page 20 dans **TECHNOLOGIE du LM.pdf** vous

donne les consignes importantes pour diriger la descente, et si vous ne trichez pas, (*Passer le temps en 0.1x par exemple ou faire des PAUSES*)

vous allez constater que vous serez constamment en retard sur les événements. Plusieurs tentatives vont se solder par un nouveau cratère sur la Lune, et il faudra certainement plusieurs essais pour y arriver. Mais c'est du banal en astronautique, si on recrute parmi les meilleurs pilotes de la Nation, ce n'est certainement pas pour rien. Si vous voulez appartenir à cette catégorie, "les meilleurs qui partiront pour notre satellite", il vous faudra y arriver. La **HI GATE** est plus qu'un point théorique précis sur le géoïde lunaire, c'est la porte grande ouverte vers votre destin. À vous de l'influencer ...

Quelques conseils et informations pour réaliser la descente.

Contrairement aux autres chapitres, il n'y aura qu'un seul exercice ... mais pas facile du tout ! Du reste ce n'est pas à franchement parler un exercice, mais plus exactement une formation à part entière, qui si vous relevez le défi risque de vous prendre deux ou trois soirées. Pour ma part, dans NASSP, c'est ce que j'ai trouvé de plus délicat à réussir, avec les rentrées atmosphériques. Le pilotage consiste à prendre en charge le module lunaire dans **18) Heure de la breaking phase.scn** et de gérer la descente jusqu'à l'alunissage. Vous allez singulièrement transpirer, mais quand la lampe bleue sera allumée, moteur coupé et que le vaisseau sera intact ... quelle satisfaction !

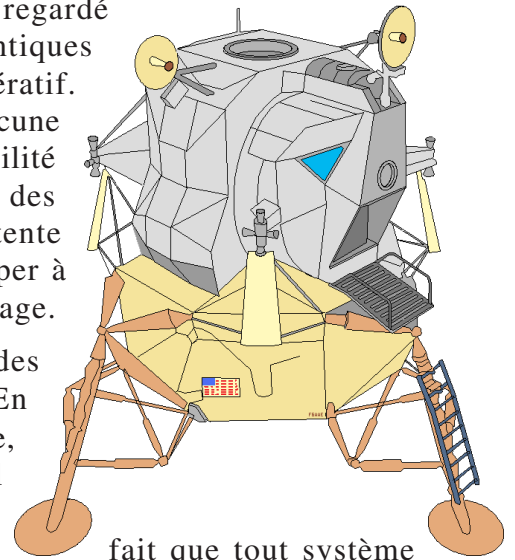
Avec le contenu des deux dernières pages de **Hublot d'accostage.pdf**, je me suis fait une fiche recto/verso "plastifiée". Elle est bien commode car ses dimensions sont inférieures à celle des manuels. Côté profil, nous trouvons l'intégralité des informations avec au centre, rapide à consulter, les touches à utiliser quand la panique s'invite à la fête. Dans ce tableau les deux phases hublot vers le bas et hublot vers le haut sont repérées en bleu clair et en jaune. La zone rose correspond globalement à la **HI GATE**. Plusieurs lignes la définissent, car l'altitude et la distance ne sont pas simultanées. La colonne **PITCH** est donnée à titre d'informations, mais vous pouvez l'oublier, vous aurez probablement des divergences. La colonne **Fuel** sera ignorée puisque vous allez piloter avec l'écran 2D simplifié. On y remarque qu'à 2 m de la verticale de la cible, (*On culmine encore à 30m*) il reste encore 12,9 %. Mais ce n'est pas du luxe, car la descente finale est laborieuse. Il faut diminuer la vitesse verticale, donc on progresse de plus en plus lentement. Il faut aussi annuler les vitesses horizontales. La vitesse verticale se gère au moteur ... dur dur quand d'un seul coup on remonte de 10 mètres ! N'oubliez surtout pas en finale de bloquer l'option **HORZ LVL**, c'est notre seule aide possible, elle s'avère INDISPENSABLE. Pour ma part, j'effectue parfois le retournement de 180° avec **HORZ LVL** activé, et en LACET. C'est possible quand on est un peu haut et que **TAS** est un peu faible. L'avantage, c'est que vaisseau vertical on peut facilement orienter "le CAP" vers la zone visée. Dans le dossier **<Scènes pour l'alunissage>** vous disposez de neuf situations réparties à divers stades de la descente. Toutes sont assez proches du profil théorique pour pouvoir conduire à une réussite. Vous allez constater que les derniers instants sont particulièrement laborieux et gloutons en ergols. J'ai posé à 10 km d'écart latéral par rapport à la cible, mais c'est surtout dans les derniers moments que la trajectoire a divergé. Pour arriver à annuler tout mouvement longitudinal et transversal sans les automatismes de la NASA c'est une galère sans nom. Pour une première approche cherchez à respecter globalement le profil, ensuite le but va consister à poser le LM sans le détruire. Ces deux étapes étant franchies, alors cherchez à viser **Tranquillity Base**, mais la panne sèche est à l'affut en permanence. Je crois pouvoir affirmer que le vocable "défi" n'est pas outrancièrement exagéré.

La mise en veille des systèmes durant le séjour lunaire.

Enfin un exercice facile, car le chapitre précédent n'était pas du tout une récréation. J'en ai encore les mains douloureuses tellement je me suis crispé sur le RHC et sur le THC. Et cette jauge de carburant qui baissait avec un sadisme non dissimulé. Alors quand le gros témoin bleu s'est allumé et que l'oiseau s'est posé bien sagement sans basculer, sans cogner, sans se fracasser ... quel soulagement ! la scène **9) Eagle est posé.scn** concrétise cet instant ultime qui a signé une fabuleuse réussite de tout un peuple qui durant dix années à regardé dans la même direction. Vous aurez ainsi des conditions identiques aux miennes si vous le désirez. Mais ce n'est pas du tout impératif. Ayant posé sans détruire votre embarcation, vous pouvez sans aucune restriction utiliser votre situation pour faire cet exercice d'une facilité déconcertante. Pendant que l'on peut ouïr les cliquetis discrets des tuyères qui reprennent des températures glaciales, on se contente d'ouvrir le manuel à la page 35. La procédure consiste à couper à bord tout ce qui ne sera pas indispensable au séjour de l'équipage.

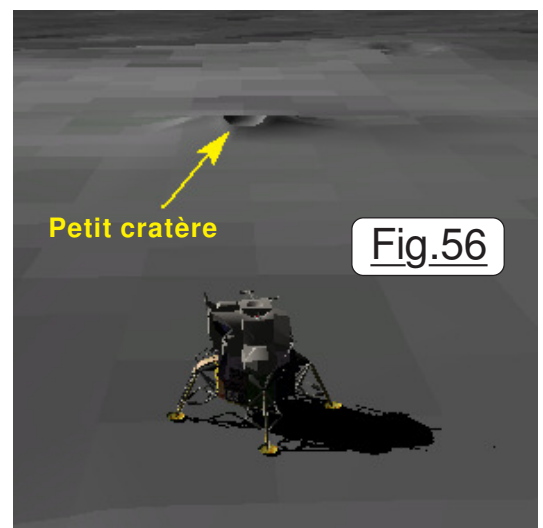
N'oublions pas que la seule énergie disponible résulte des batteries qui n'ont aucun moyen d'être rechargées. En priorité on réduit définitivement au silence le moteur de descente, anobli pour toujours au titre de "vestige d'un passé glorieux". Il convient en effet de le neutraliser pour éviter tout incident.

L'exploration spatiale a en effet démontré depuis des lustres le fait que tout système dans un vaisseau, aussi anodin soit-il, peut s'arranger de façon diabolique pour créer discrètement un gros problème. Une simple valve électrique qui reste anormalement alimentée. Pendant des heures elle consomme une énergie précieuse qui fera défaut au moment le plus critique de la mission. Un objet qui vous échappe, et qui va inexorablement venir heurter un petit inverseur. Et c'est l'incident imprévu qui déclenche au plus mauvais moment une cascade de complications. Bref, dès qu'un ensemble n'est plus indispensable : Dodo. Les Fig.18 et Fig.19 sont assez significatives de la méthode qui consiste à isoler la totalité des lignes électriques en ne conservant en énergie que celles qui sont indispensables. Ce n'est que lorsque vous aurez achevé l'intégralité des items de la page 35 du manuel, que vous pourrez enfin vous détendre et admirer par les hublots. C'est la récompense ultime, la cerise sur le gâteau, la plus savoureuse de toutes celles que vous avez déjà savourées.



Couche nuageuse sur la Lune !

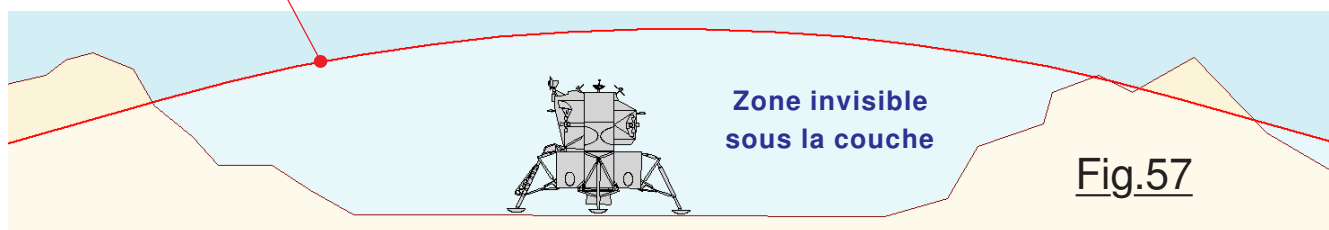
Phénomène assez curieux, vous allez probablement y être confrontés lors des phases finales à l'alunissage, et à coup sûr durant la remontée puisque vous utiliserez une scène dans laquelle se produit cette bitrangeté. Ce comportement qui pourrait vous déstabiliser résulte d'une petite complication informatique issue du fait que nous avons installé la belle scène de Tranquillity Base. Les auteurs de ce complément qui améliore considérablement le visuel lorsque l'on survole la zone, ou que l'on s'y pose, ont plaqué de belles textures pour améliorer la définition de l'image. Mais ils ont également "boursofflé" le géoïde bien sphérique pour y inclure du relief. Rechargez la scène **08) Recaler l'IMU le vaisseau étant posé.scn** dans laquelle j'ai positionné le LM pour qu'il soit dans un bel environnement. Comme montré sur la Fig.56, placez la caméra sur la gauche du LM en vue plongeante pour bien voir le petit cratère qui se trouve "en face" de nous. Maintenant, avec la molette centrale de la souris, éloignez le point de vue. D'un seul coup, comme si l'on traversait une couche de brouillard le cratère et le LM disparaissent de la vue. Curieux non ?



Deuxième expérience : Commencez par vous placer juste au dessus du sas d'arrimage, bien à la verticale du module lunaire. Puis, toujours avec la molette de la souris, éloignez à nouveau le point d'observation. Vers 28 mètres de distance, que vous lisez en haut à gauche de l'écran vidéo, disparition analogue des détails environnants et du vaisseau. Exactement comme si un "blindage anti LASER de la guerre des étoiles" empêchait de voir juste en dessous. On peut déjà en déduire qu'il sera inutile d'utiliser le SEXTANT du SCM pour repérer le LM au sol puisque ce dernier est sous la couche. Comment expliquer ce que nous observons ?

Pour ma part, (*Ce n'est qu'une vision personnelle de ce que nous constatons*) j'imagine la chose suivante : Comme montré sur la Fig.57 le relief ajouté à la sphère parfaite dépasse par endroits et se retrouve en creux à d'autres. Dans notre cas le LM est dans "une fosse". La sphère lunaire de base, représentée en rouge, et anormalement circulaire à cette échelle, constitue informatiquement une frontière. Cette barrière compte tenu des textures qui y sont plaquées devient opaque de l'extérieur. Il faut passer sous cette couche pour voir ce qui est dessous.

Surface de la sphère lunaire



C'est un comportement assez général dans Orbiter. Par exemple pour voir l'intérieur d'un vaisseau il faut en "traverser le fuselage". Par contre, quand on regarde du bas vers le haut, la couche est à nouveau translucide, et l'on continue à voir le soleil et les étoiles.

Conséquence de ce comportement tout compte fait standard, des effets visuels qui peuvent nous perturber si nous ne sommes pas prévenus. En particulier au moment de poser, si on traverse la sphère d'origine du volume lunaire, brusquement il y a changement de décors. Pour repartir, nous allons également subir des impressions étranges. Pour visualiser ce dont je veux faire allusion, chargez **20) Paré pour décoller.scn** et sans rien changer à la position de la caméra, enfoncez la touche **0 num** plusieurs secondes pour être certain que le moteur orbital pousse au maximum. Le décollage se produit, puis on a l'impression que l'on se dégage d'un liquide visqueux, on émerge d'un premier niveau, nouvelle sensation de lourdeur et brusque libération de l'étage de remontée qui cette fois s'envole avec conviction. Quand on va procéder au décollage, nous serons à l'intérieur, mais par le hublot nous serons soumis à des sensations assez analogues. Il suffit de le savoir pour ne pas se laisser "berner". Puisque nous y sommes, laissez monter le LM à la verticale, ne changez rien au vol mais faites "tourner" le point de vue. Cette zone mystérieuse est vraiment d'une grande richesse artistique ne trouvez-vous pas ?

LA FIN D'UNE GRANDE PREMIÈRE :

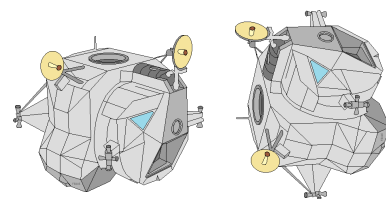
Phénomène mondialement connu, et dans toutes les langues : "tout à une fin", sauf peut être l'Univers ou ... la bêtise humaine ! Ces quelques heures passées dans le silence de Tranquillity Base se sont évaporées à une rapidité ahurissante. Les combinaisons sont poussiéreuses, l'habitable aurait besoin d'un sérieux ménage, et surtout, le moment de rentrer est arrivé. Il va falloir quitter à regrets cette belle plage si peu fréquentée. Comme premier exercice pour le départ, nous n'allons pas torturer nos méninges. On va se contenter de préparer la machine pour le décollage.

Exercice n°1 : Mise en énergie et préparation au décollage.

Dans ce but on charge **19) LM en veille pour le séjour lunaire.scn**, scène au rabet qui n'a rien de très historique, car nous ne sommes pas du tout dans les horaires du décollage. On peut la considérer un peu comme la solution de l'exercice sur la mise en veille. C'est du reste le cas, alors avec un peu de paresse je vais m'en servir ici. Il aurait été plus judicieux de passer en écoulement rapide du temps et d'attendre le jour J et l'heure H, mais compte tenu des prouesses de mon P.C. je ne peux pas dépasser **x10** en accélération temporelle. Ce n'est pas bien important, seule pénalité, les batteries sont à pleine charge, et le **MISSION TIMER** triche avec le plan de vol.



Môamôa j'adore le mobular, heueheue l'étage de remontée du lumar globule, enfin le tout petit truc qui revient car il est presque rond comme une babale.



Rassurez-vous, pour le décollage on respectera rigoureusement la chronologie. Le but de cet exercice consiste à configurer entièrement le vaisseau pour repartir. Comme on peut le vérifier dans le manuel à la page 36, on commence par rétablir les énergies sur l'ensemble des systèmes. Une fois de plus, quand on observe la Fig.20 on mesure à quel point cette façon de définir la configuration est ergonomique et synthétique. Si l'on en était resté à une ligne par sectionneur, rien que pour les Fig.20 et Fig.21 nous aurions plus de 90 lignes de texte, soit plus de deux pages. Sans compter le fait que le passage en revue des divers éléments est infiniment plus facile pour leur localisation.

Réaliser ligne à ligne de la préparation machine ne pose strictement aucun problème, mais si l'on effectue toutes les opérations, en comptant la détermination de l'azimut de lancement, on doit y consacrer environ une heure et dix minutes, pas moins. Et encore, quand on effectue les vérifications de paramètres sur les indicateurs, s'ils étaient fonctionnels il faudrait certainement y apporter plus d'attention, on passerait probablement dix à vingt minutes de plus. Ce qui facilite notre vie dans cette activité, c'est que nous n'avons qu'un seul manuel à consulter. Par contre, on peut plonger deux fois dans la "récursivité". C'est à dire que la check-list renvoie à une procédure située sur une autre page, qui à son tour déroute sur une troisième. Heureusement ce type de "charade" ne se rencontre que deux ou trois fois. Pour ne pas perdre la liste principale, personnellement j'utilise le petit carton confectionné pour le profil de mission à la descente. Il convient à merveille vu son format. Après avoir terminé le conditionnement de notre vaisseau, il ne reste plus qu'à attendre le moment précis pour décoller. Le moteur orbital va t'il s'allumer sans cafouiller ?

Exercice n°2 : Mise à feu et décollage.

Devenus prudents depuis la descente qui n'a pas été spécialement une sinécure, pour la remontée nous sommes en droit de craindre le pire. D'autant plus que le Nulentout va encore nous seriner qu'il faut respecter à la lettre, (*Expression idiote vu que ce sont des nombres qu'il y a dans le tableau et qu'il faudra coordonner*) l'intégralité des valeurs contenues dans le tableau de la page 39 du manuel. Exact, je rabâche un peu, mais rassurez-vous, en comparaison de l'atterrissage, la remontée sera un réel plaisir. Pratiquement il n'y aura que le PITCH à maintenir conforme, tout le reste en découle. Le petit "bricolo" qui remonte est d'une docilité telle que nous aurons même le temps de regarder le sol par le hublot, et vu la beauté de la scène ajoutée à Orbiter, c'est presque une obligation de service. Dans le dossier <Scènes de REMONTÉE> vous trouverez neuf scénarii capturés au cours du lancement jusqu'à son terme. Toutes ces scènes ont été réalisées lors de ma première tentative de lancement, je n'ai pas eu à en faire d'autres. Alors que pour la descente ... plein plein plein.

Chargez **20) Paré pour décoller.scn** qui constitue un corrigé relatif à l'exercice précédent. Inutile de vous précipiter fébriles et nerveux sur le bouton salvateur, nous avons largement le temps avant l'instant T. Dans le réel l'allumage à eu lieu le 21 Juillet à 17:55 TU. Il nous reste environ 13 minutes pour achever les préparatifs avant le "TOP chrono". Les Check-list ont été réalisées avec rigueur, et sauf oubli de ma part l'état du vaisseau est conforme à la configuration de décollage, mais aucune interdiction pour vérifier rapidement les éléments prépondérants. L'étage de remontée et l'étage de descente sont séparés, le LM est sur ses batteries n°5 et n°6. Au loin le CSM approche, et il ne reste plus qu'à ajuster le FDAI et attendre le moment du décollage pour pousser le moteur orbital à pleine puissance, et ce sera l'adieu à notre terre d'accueil.

Seuls les premières secondes après l'allumage sont un peu critiques, car il ne faudra pas lambiner pour effectuer la rotation en LACET qui conduit au CAP de lancement. Puis rapidement on devra piquer pour respecter les valeurs de cabrage en fonction de l'altitude. À 625 m d'altitude, la prise d'azimut devra être terminée, et on aura déjà piqué de 52°. 625 m semblent généreux, mais ils sont couverts en 15 secondes à peine, finalement ce n'est pas beaucoup. Donc, dès que l'altitude change sur le HUD, confirmant le décollage, LACET du bon côté. Nous sommes au 272°, on doit rechercher

Page 42 le 266° donc il faudra s'orienter plus vers la gauche, avec la touche **1 num**.

Pour un décollage en philosophie NASSP, la prise de CAP sera dégrossie sur le FDAI. Puis, la "méridienne" de LACET centrée sur l'instrument, on affinera avec le compas du HUD qui affiche le mode **SRFCE MOON**. Attention, les RCS en LACET sont assez nerveux, donc dégrossir rapidement, stopper avec **5 num** puis affiner avec la complicité de **[CTRL]**. Par contre pour le CABRAGE plein pouvoir aux RCS et atténuation avec **5 num**. Au fait, avez-vous pensé avant le décollage à vérifier que les RCS étaient bien en mode ROTATION ?

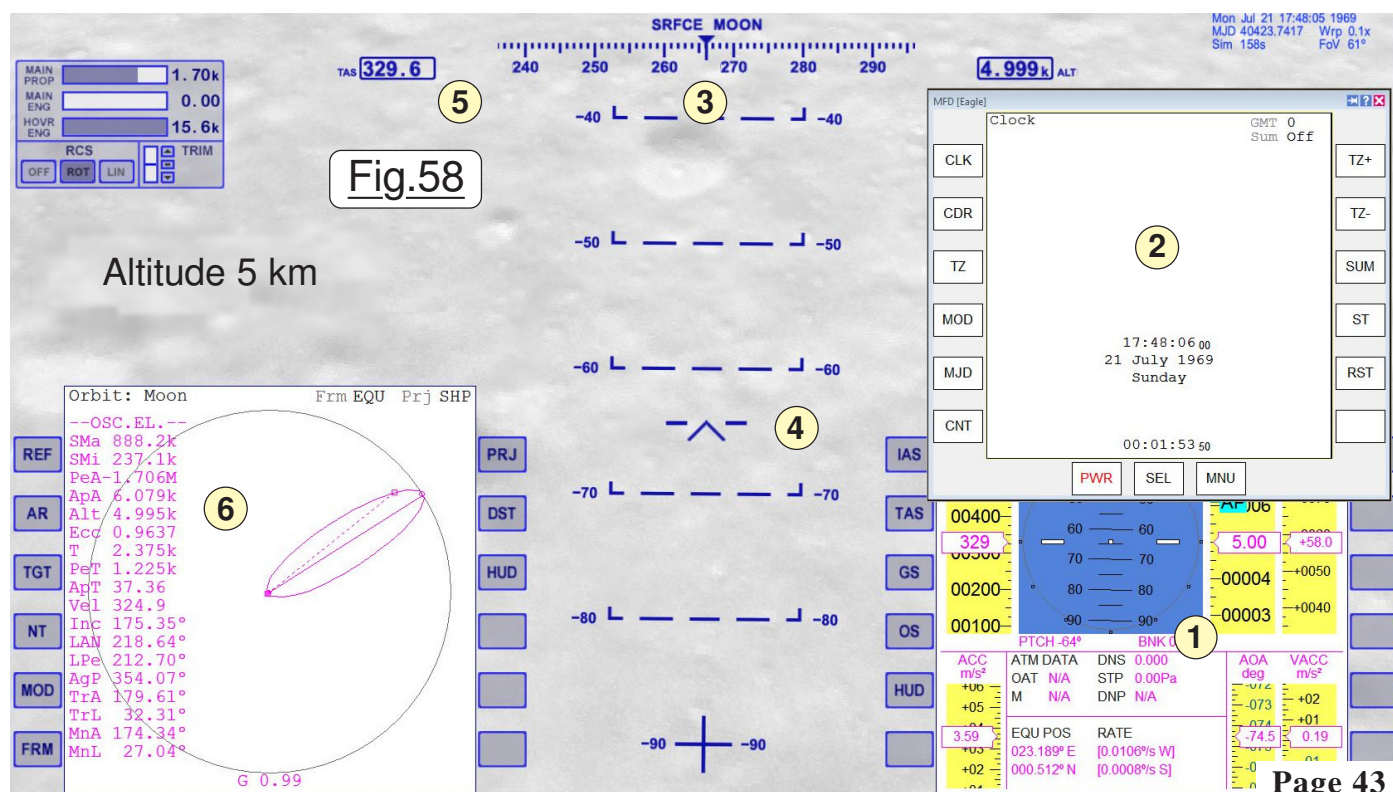
Pour ma part, comme c'était ma première tentative pour rejoindre le copain en orbite, je me suis fait déborder à l'allumage. Mon CAP n'était correct qu'à 800 m et j'étais encore à la verticale. Ce n'est pas dramatique, il vaut mieux soigner l'azimut de lancement, pour le reste on peut facilement corriger. Je me suis contenté de piquer un peu plus que dans le tableau jusqu'à synchroniser. Par contre, si le profil de montée est parfait, mais le cap un peu faux, on va s'éloigner du plan orbital du CSM et ce sera particulièrement goinfre en carburant pour rattraper. Et coté carbu c'est léger léger ! N'oubliez pas qu'il faut se mettre en orbite, corriger le plan, circulariser et réaliser le rapprochement. Pas une gougoute d'ergol à gaspiller ! Si "en différé", après avoir entièrement effectué votre tentative(s) vous chargez **02) Altitude 5 km.scn**, vous constaterez qu'à ce stage tous les paramètres sont nominaux, la précipitation initiale a été bien rattrapée, et sans vraiment galérer. Dès que cette phase un peu rapide sera réalisée, passer sur le hublot du commandant de bord, le HUD sera alors notre "tableau de bord". Vous allez constater que le CAP est relativement stable, et que le cabrage se pilote très facilement. Attention à ne pas toucher au LACET qui fait perdre immédiatement le CAP vu que nous sommes en mode surface. Pour le ROULIS, contentez-vous de bien maintenir l'horizontalité des graduations. Vous obtenez un "film" de mon lancement avec les diverses scènes contenues dans **<Scènes de REMONTÉE>**.



J'hallucine, j'ai certainement mangé des champignons venimeux !
Vous osez décoller sans avoir appris par cœur les pages 21 et 22 du
manuel. Mais c'est de la rébellion ça !

Franchement, vous
poussez le bouchon
un peu loin les
copains, vous le
cherchez un peu P...

La Fig.58 ci-dessous constitue une photographie de l'état d'Eagle quand le lancement en est à 5 km d'altitude. En **1** j'avais ouvert **Surface** MFD qui tout compte fait ne sert pas à grand chose. À la place il vaut mieux y loger le chronomètre **2** ouvert en mode fenêtré et ainsi dégager la vue. En **3** le CAP ne bronche pas pour peu que le LACET soit intouché et le ROULIS maintenu bien à plat. Fondamental pour le respect du plan de vol, en **4** on cherche à respecter au mieux la valeur du CABRAGE en fonction de l'altitude, la vitesse TAS en **5** en découle directement. Sur **Orbit** MFD en



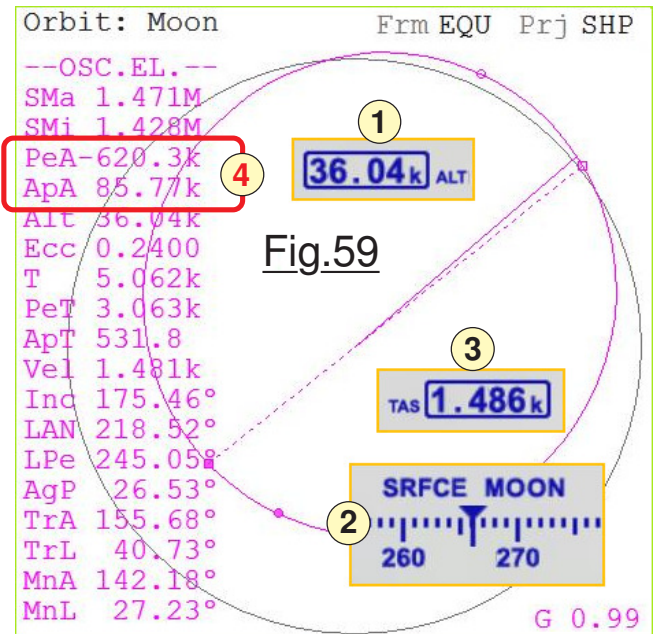
6 on peut noter que la valeur de l'Apogée **ApA** n'est pas beaucoup plus grande que celle de notre altitude actuelle. C'est une caractéristique des lancements lunaires. Il faut surtout gagner de la vitesse horizontale pour "sortir" le périgée du volume sélène. C'est la raison pour laquelle on pique franchement et l'on ne pousse pas trop vers le haut durant toute la montée. De plus, avec une attitude un peu trop cabrée, on dépasserait rapidement les 85 km désirés. Il faudrait alors pousser vers le bas, avec une dégradation de l'optimisation en consommation. Tout dépassement d'altitude se traduira par un gaspillage en ergol. Le but fondamental du lancement en procédure **Coelliptic** consiste à établir une orbite d'apogée 85 km et de périgée 18 km.

Exercice n°3 : Débriefing du lancement.

N'ayant réalisé qu'un seul lancement pour ces premiers commentaires, (*La paresse m'enlève de plus en plus*) il n'est pas idéal au regard des prévisions du plan de vol. Il se prête parfaitement à l'analyse, en vue de faire mieux, c'est à dire de respecter rigoureusement la procédure NASA dite **Coelliptic**. Si vous chargez ma tristounette prestation **07) Fin de lancement.scn**, vous y trouverez les conditions finales de mon lancement un tantinet négligé. Avant de commenter cette tentative, il me semble utile d'ouvrir une parenthèse concernant le profil de mission décrit en page 39 du manuel de vol. Globalement il est directement inspiré des données issues de publications NASA, avec toutefois quelques aménagements pour tenir compte des particularités de notre simulateur. En particulier, vous savez que le moteur de remontée n'est pas modulable en puissance. C'est MAXI avec (4 JETS) et moitié puissance, pas d'autres intermédiaires. (*Moitié avec l'option 2 JETS*) Hors dans le tableau je propose du 25 % vers la fin, ce qui permet de dominer plus facilement le respect de la valeur pour l'Apoastre. Ce n'est pas spécialement crédible du point de vue technologique, mais lancer en manuel n'étant pas une vérité bien historique non plus, je crois que nous pouvons admettre ici ce compromis, et ce d'autant plus que *Quivsv* n'a pas arraché la dite page du livret.

Passons aux commentaires. La Fig.59 résume assez bien la situation présente, lorsque le moteur orbital vient d'être entièrement coupé. En 1 la coupure moteur est effective pour une altitude de 36.04 km, soit à peine plus que dans les prévisions. En 2 le CAP semble parfait. En 3 la vitesse est nominale, le petit m/s qui manque est sans importance. En 4, la valeur de l'apogée est très correcte, ce qui est assez logique puisque en fin de lancement on focalise sur l'évolution de sa grandeur. Par contre, nous ne sommes pas conformes au profil **Coelliptic** puisque le périapsynthion reste très négatif. Si l'on ne peut pas redémarrer le moteur, c'est la perte du vaisseau et de son équipage. Comment expliquer cette différence par rapport aux prévisions alors que tous les paramètres sont nominaux ? Il faut déjà prendre en compte le fait que le tableau donné en page 39 du manuel n'est qu'un assemblage de compromis pour concilier au mieux les données historiques avec les divergences qui inévitablement vont entacher le comportement du simulateur. De plus, j'ai été confronté à des données un peu contradictoires. Enfin, on reste dans le cadre d'un pilotage manuel pour lequel il me semble délicat de vouloir se montrer trop exigeants. Comme ce profil est réalisable sans trop de difficulté et laisse assez d'ergols pour terminer la mission, on va considérer qu'il est satisfaisant. Ceci étant précisé, les puristes peuvent oublier un peu les valeurs imprimées pour TAS et chercher à respecter l'ellipse de l'orbite de départ. Il suffit vers la fin du vol de piquer à 90° pour ne plus gagner en altitude et pousser un peu plus à l'horizontale. Le périgée va grimper sans modifier la valeur de l'apogée, quitte en fin de lancement à adopter une attitude négative, c'est à dire diriger la poussée un peu vers le bas pour ne plus faire augmenter l'Apogée. Revenons à l'analyse :

La Fig.60 qui est extraite de **Map MFD** montre que les traces orbitales du CSM et du LM se superposent. On en déduit qu'elles sont coplanaires ce qui constitue un impératif pour tenter le



rendez-vous. Mais quand on visualise **Align Plane MFD** sur la Fig.61, le résultat n'est

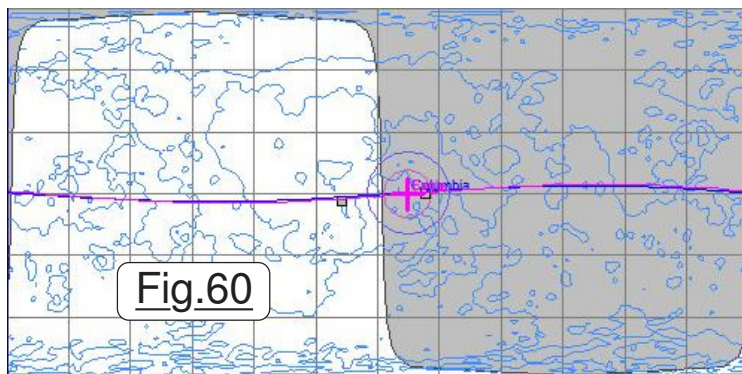


Fig.60

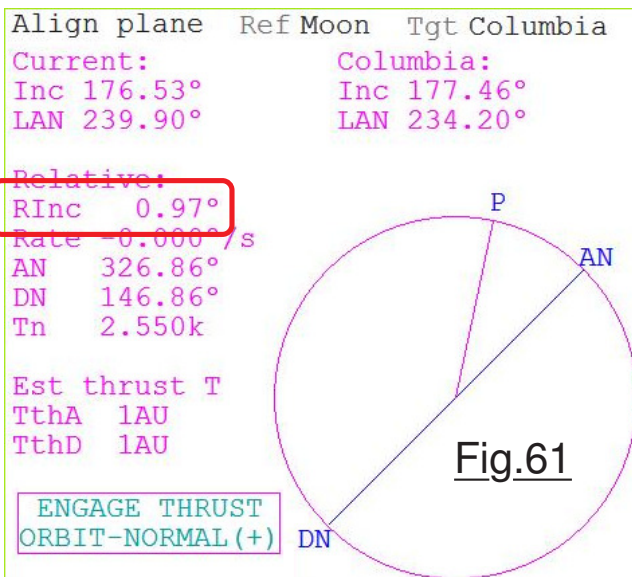


Fig.61

pas aussi merveilleux que ce que nous espérons. Les deux plans orbitaux présentent une inclinaison relative de 0,97° qui n'est pas spécifiquement catastrophique. Mais pour réaliser la rencontre il faudra absolument annuler ce reliquat, et nous savons que corriger le plan n'est pas gratuit en carburant. (*Lire impérativement l'encadré ci-dessous*)

Exercice n°4 : Lancement avec corrections latérales de la trajectoire.

Piloter un aéronef quel qu'il soit impose de travailler dans l'espace. C'est autrement plus compliqué que conduire une automobile par exemple, où la trajectoire se trouve "sur un plan", alors que l'on se déplace en 2D. En astronautique, nous évoluons dans l'espace, c'est alors en 3D qu'il faut raisonner, ce qui complique singulièrement les choses. Dans un premier temps, nous avons simplifié la montée en ne travaillant que dans le plan vertical. Nous avons cherché à respecter le profil de mission, sans nous préoccuper des dérives latérales. C'est exactement ce qui se faisait au tout début des vols orbitaux. On lançait en respectant juste au décollage un azimuth de lancement, puis vogue la galère. Le pays était assez grand pour effectuer un retour sans déborder des frontières. L'exercice n°2 s'est avéré presque enfantin, du coup on peut espérer faire mieux. Dans ce premier essai, nous n'avons géré que l'axe vertical, sans se préoccuper de la trajectoire latéralement. Juste au décollage nous avons effectué la prise d'azimut, puis, le tout petit vaisseau qui remonte étant très stable dans son attitude, nous nous sommes contentés de surveiller le cabrage en fonction de l'altitude ainsi qu'en fin de profil la valeur annoncée pour l'Apogée.

Techniques de rendez-vous orbitaux et changement de plan

Dans le domaine de l'astronautique, réaliser des rendez-vous en orbite fait partie des opérations les plus délicates avec les rentrées atmosphériques. Dans ce didacticiel sur les vols Apollo, il serait hors propos de revoir en détail comment procéder. La surcharge en documents serait d'autant moins pertinente que sur <http://www.orbiterfrancophone.com/index.php?disp=authors&id=Papyref>, en téléchargeant **La technique de rendez-vous spatial** ainsi que **Endeavour, Aller retour Terre-ISS avec la navette**, **Papyref** fournit deux didacticiels parfaits pour étudier ce sujet assez difficile il faut le dire. Enfin, un peu compliqué au début, car en quelques soirées on arrive à bien maîtriser ces procédures.

Reste que dans NASSP on va se heurter à une difficulté supplémentaire. En effet, quand on apprend à réaliser les rapprochements et les jonctions, on décoche l'option ☒ **Nonspherical gravity sources**. Comble de "malchance", NASSP jouant la carte du réalisme le plus poussé possible nous oblige à valider cette option. Ce n'est pas tragique, mais une difficulté s'ajoute à l'opération. Alors il vous reste deux attitudes possibles :

- Soit vous savez réaliser les RDV et vous persistez sans vergogne.
- Soit vous suspendez les vols lunaires et consacrez trois ou quatre soirées à cet apprentissage.
- Soit vous éludez cette difficulté, et vous disposerez dans le dossier **<Scènes pour le RDV>** de toutes les scènes permettant de vous "amuser" à divers stades de cette phase des vols lunaires sans vous prendre la tête. La scène à 2 km vous permettra de réaliser l'approche finale et l'arrimage. (*Va pas bien le Nulentout, il y a trois attitudes possibles et non deux*)

On va dans cette nouvelle tentative, tenter de gérer en plus la trajectoire latéralement, ce qui va singulièrement compliquer le travail. Le but va consister, tout en cherchant à satisfaire le profil de mission décrit dans le manuel de vol, à minimiser l'écart angulaire entre notre plan orbital au lancement et celui du CSM resté en boucles autour de la Lune. Si nous parvenons à un écart angulaire inférieur aux $0,97^\circ$ obtenus dans l'expérience précédente, ce sera autant d'économisé pour la manœuvre d'alignement des plans.

A menez en mémoire centrale la scène **08) Reprise à 5 km.scn** avec laquelle on recommence à partir de 5 km d'altitude mais on va prendre en compte la gestion de l'inclinaison orbitale. >>> PAUSE ! Inutile de repartir du décollage qui ne présente aucune difficulté particulière. "Prenant le train en marche", nous nous imposons ainsi des conditions strictement identiques à celles du vol précédent, ce qui permettra de comparer le résultat final et évaluer l'intérêt incontestable de "doubler la mise". Par cette expression je fais allusion au fait qu'il va falloir travailler deux fois plus. Surveiller à la fois l'apogée, le livret de pilotage pour assurer un profil de mission convenable et, ouvert à droite pour la circonstance, tenir compte de l'écart angulaire **RInc** sur **Align Plane** MFD. Par moment on va retrouver cette sensation un peu confuse de se trouver à la traine, la machine prenant trop d'avance sur nos réactions. Notez au passage, que durant le peu de temps où je me suis astreint à installer le MFD et définir la cible, j'ai abandonné le vaisseau qui en a profité pour augmenter l'écart angulaire, ce qui n'est pas à notre avantage, car il fait déjà $1,07^\circ$... mais on va rectifier facilement la course. Attention à ne pas "tunneliser" sur la valeur de **RInc** et oublier tout le reste qui s'avère primordial. Diminuer l'écart angulaire ne sera un avantage que si l'on n'a pas dépassé la valeur de l'apogée, que l'on a pas surconsommé parce que l'on n'a pas réduit à temps la poussée etc. En résumé, continuer à respecter en priorité les valeurs de cabrage, et penser à diminuer la poussée du moteur à l'approche de la valeur d'apogée visée.

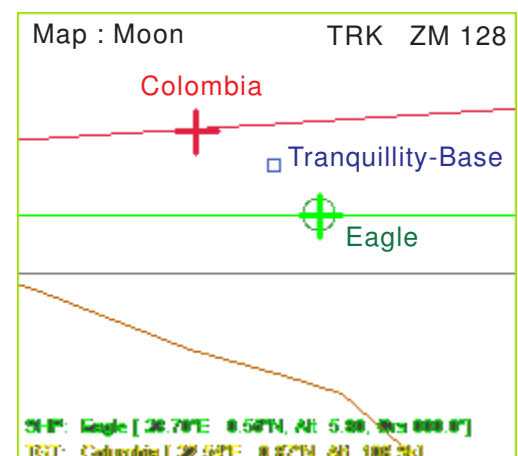
C' est parti, fébrilement on libère la PAUSE. Incliner d'environ 15° à 20° en roulis avec la touche **6 num**. Pas plus, vous allez vous faire déborder. Il serait possible de travailler en LACET, mais la dérive du cap devient tellement troublante que l'on va complètement se désorienter et finir par creuser "Eagle crater". Vaisseau stable avec cette nouvelle inclinaison, la valeur de **RInc** se met à décroître. Au début assez rapidement, puis de plus en plus lentement. **Dès qu'elle commence à ne plus évoluer**, Vers $0,41^\circ$ **il importe de rapidement ramener le roulis à zéro**. Ne cherchez pas à faire mieux, c'est impossible. Nous en verrons plus avant les raisons. Si vous tardez, l'écart angulaire se remet à croître. De toute façon c'est un lutin qui ne va pas se calmer. Alors régulièrement il faudra corriger par de subtils ROULIS à gauche et à droite, sans oublier d'ajuster le CABRAGE. **Attention, surtout ne jamais vous écarter du Cap correspondant à l'azimut calculé pour le lancement, soit 266° durant la montée**. C'est imparable, tout se met à diverger et c'est l'échec. Il reste stable, mais au plus petit Pchittt en LACET et c'est la pagaille assurée. Personnellement, en deux ou trois tentatives je suis arrivé à lancer convenablement, ce qui me permet de vous proposer la scène **09) Fin de lancement avec correction du plan.scn** qui permet de repartir tous dans les mêmes conditions pour l'exercice dédié au changement de plan.

Exercice n°5 : Débriefing sur le vol précédent.

P our ne pas alourdir inutilement l'exercice durant lequel nous transpirions un peu pour arriver à tout faire, je me suis contenté d'affirmer que nous n'arriverions pas à faire mieux que $0,41^\circ$ pour la valeur de **RInc** : l'inclinaison orbitale entre notre trajectoire et le plan dans lequel se déplace le CSM. Durant nos tentatives, nous avons bien été obligés de constater qu'il en était bien ainsi. Mais pourquoi cette limite ?

Un premier élément de réponse peut être trouvé grâce à notre machine à remonter le temps, autrement dit en rechargeant la scène **20) Paré pour décoller.scn** utilisée pour le lancement. Avec **[F1]** suivi de **[F8]**, **[F8]** passez en cockpit 2D simplifié, puis sur l'instrument de gauche, par exemple, imposez la visualisation de **Map** MFD.

Fig.62



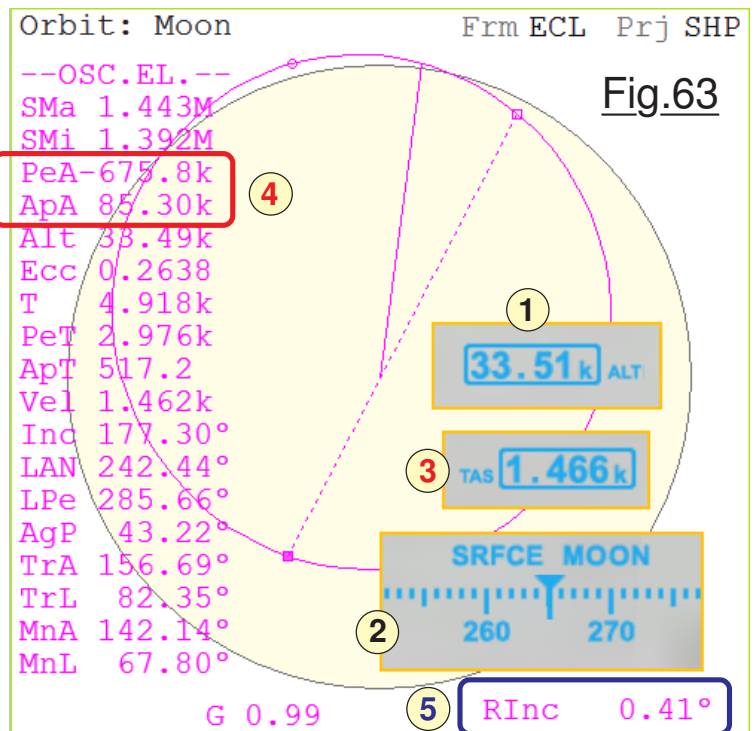
TRK pour centrer sur le site, **ZM+** à la demande pour bien cerner les lieux.

TGT > **Spacecraft** >  > **Colombia**  pour avoir le CSM comme cible.

DSP > **MOD** pour **Orbit plane** > **OK** pour n'avoir que la trace du plan orbital sur le dessin.

La Fig.62 retravaillée pour des raisons de meilleure lisibilité des textes donne un aperçu de ce que vous obtenez. On constate que le plan du vaisseau en orbite **Colombia** ne passe pas exactement au lieu d'alunissage, il est décalé un peu vers le Nord. Donc, même si l'on décolle en respectant l'inclinaison orbitale de son orbite, nous ne serons pas coplanaires mais "parallèles". C'est un peu comme l'impossibilité d'obtenir une inclinaison inférieure à la latitude d'un lieu de lancement. Pour comprendre, il suffit d'imaginer que nous sommes contre un grand mur vertical. On nous demande de lancer un caillou de façon à ce que son vol soit pratiquement dans le plan de ce mur, disons à un centimètre. C'est faisable si nous nous trouvons contre ce mur et que l'on jette le projectile d'un geste parallèle à ce mur. Mais si nous sommes à deux mètres de ce mur, soit on aura une trajectoire parallèle mais éloignée, soit un plan qui converge vers se mur mais qui en aucun cas n'y sera confondu.


Autre difficulté qu'il faut vaincre pour avoir l'espoir de rejoindre le CSM avec les maigres réserves de carburant qui nous sont octroyées : Le respect de la fenêtre de tir. Si on décolle trop tôt, nous serons loin devant, et changer de routes pour revenir sur lui sera boulimique en ergols. Repartir trop tard conduira exactement à des conséquences analogues. Il importe donc de respecter le plus précisément possible le plan de mission. Quand le CSM se trouve exactement à la bonne distance de notre position : Décollage. Pour le pilotage, cette distance peut être remplacée par une heure précise sur le **MISSION TIMER**. Notez que le CSM orbite à 1634 m/s environ. Chaque seconde d'erreur sur nos actions aura pour effet de nous décaler de cette distance par rapport à la trajectoire théorique optimisée, au détriment de la consommation en Fuel pour ensuite corriger lors des manœuvres de RDV. Nous comprenons parfaitement pourquoi toutes ces phases du pilotage étaient entièrement réalisées par des automatismes performants, ce qui se faisait de mieux en terme de calculateurs, radars et autres systèmes techniques, et de surcroît, en partie assistés par la logistique terrestre. Bon, cet exercice dans lequel nous nous sommes contenté d'ouvrir un MFD d'Orbiter ne nous aura pas épuisé l'intellect. On pourra sans transition reprendre notre ascension "vers la gloire" une fois les conditions actuelles entièrement détaillées.



Considérons le montage de la Fig.63 qui résume bien les paramètres pertinents du deuxième lancement. La fin de la poussée en **1** est produite à une altitude plus faible pour ne pas dépasser la valeur d'**ApA**. En **2** le CAP final n'est plus exactement celui calculé, mais c'est normal puisque nous avons effectué des corrections. La vitesse TAS en **3** est plus défavorable puisque inférieure, et qu'il faudra forcément la rattraper. En **4** les deux valeurs sont un peu plus faibles, il faudra aussi les "récupérer". Cette situation semble en définitive plus défavorable, mais ce n'est qu'une fausse impression. Les différences à rattraper vont évidemment exiger du carburant, mais pas beaucoup car les écarts à compenser sont relativement faibles. Ce que ne montre pas la Fig.63, c'est que la réserve de carburant est supérieure de 1% à celle du premier lancement, de quoi compenser ces différences. Par contre, nous avons un réel bénéfice apporté par la nouvelle valeur de **RInc** dont l'amplitude est à peine la moitié. Concrètement, pour aligner les plans orbitaux nous allons consommer deux fois moins de carburant que dans les conditions du premier lancement. La gestion tridimensionnelle de la trajectoire reste donc un atout important pour optimiser la balistique, et vous allez constater que sans ce "gagne petit" nous finirions en panne sèche.

Exercice n°6 : Circularisation de l'orbite.

Retrouvant l'apesanteur et le silence d'un vaisseau pour lequel tous les moteurs sont coupés, on active **09) Fin de lancement avec correction du plan.scn** pour avoir sur nos écrans vidéo des conditions identiques. Le MFD de droite s'excite tout rouge et veut absolument que l'on pousse en NORMAL + mais nous n'allons pas céder à la tentation. L'important pour le moment n'est pas l'alignement de plan, l'urgence des priorités consiste à relever le périgée. Si nous n'avions plus assez d'ergols pour effectuer l'alignement ou le RDV, le CSM viendrait à notre secours, ce qui naturellement ne serait pas possible une fois le vaisseau détruit dans la poussière sélène. On va donc patienter pour atteindre l'apogée de notre orbite, point culminant où nous allons effectuer la circularisation. Tout au moins rendre positif le périgée si la panne sèche survient prématurément. L'avantage autour de la Lune, c'est que l'on peut orbiter très bas sans se faire prendre dans une atmosphère qui brûle tout et précipite au sol des cendres et des résidus. Quinze à vingt kilomètres sont déjà largement suffisants pour nous sauver la mise. Pendant qu'Eagle poursuit sa montée sur sa lancée, nous avons largement le temps de réviser la leçon.

Pour relever le périgée, on doit pousser en attitude PROGRADE que l'on obtient par une orientation automatique en Réalisant un  suivie d'un cabrage à piquer de 90° que l'on surveille sur le FDAI mis préalablement au triple zéro. Autre variante pour effectuer la rotation de 90° : Utiliser le HUD en mode ORBIT. C'est plus commode que le FDAI puisque l'on reste sur le cockpit 2D simplifié, mais moins conforme à la philosophie de NASSP. Du banal courant ritournelle ... on commence à radoter ! Comme toutes ces opérations sont franchement faciles, je vous laisse faire. Pour la prise d'attitude on peut se préparer à l'avance. Vous allez constater que pousser au maximum avec le moteur orbital fait rapidement "ressortir" l'orbite du volume lunaire. Il faut anticiper la réduction de puissance dès que la courbe verte sur Orbit MFD commence à s'approcher de la surface. Une orbite parfaitement circulaire n'est absolument pas un impératif, mais pour la beauté du geste on va rechercher "la perfection". Pour affiner la circularisation, au lieu de chercher à donner au périgée une altitude identique à celle de l'apogée, je trouve bien plus facile, toujours sur Orbit MFD, d'annuler l'excentricité Ecc. Pour ma part, la présence du clignotement rouge sur Align Plane MFD accaparant trop mon attention j'ai préféré couper l'alimentation de cet écran multifonctions avec PWR. Tout à la fin, on peut ajuster Ecc à exactement 0.000 en utilisant les RCS en mode TRANSLATION.

ATTENTION : La circularisation telle que nous la pratiquons n'est pas d'une facilité absolue, car nous effectuons la poussée à une attitude constante, en "KILL ROT". Du coup le vaisseau ne reste pas exactement à 90° de la vitesse orbitale. Il en résulte une divergence par rapport aux techniques habituelles dans Orbiter, alors que NORMAL + ou NORMAL - habituellement maintiennent cette attitude avec rigueur durant toute la poussée. **La plus grosse difficulté consiste à augmenter la valeur du périgée sans trop modifier celle de l'apogée actuelle.** Si on pousse avant d'arriver à l'apogée, inexorablement cette dernière devient trop importante. Il faut donc anticiper un peu. Vous pouvez vous débrouiller comme des grands avec **09) Fin de lancement avec correction du plan.scn** mais pour ceux qui le désirent, **10) Apogée atteinte et orientation PRO GRADE.scn** vous place dans les conditions idoines pour réaliser la poussée. Ne pas chercher la perfection, pour ma part j'ai circularisé en deux étapes. En première tentative je me suis contenté au moteur orbital d'une Ecc de 0.0047 avec une orbite de 77,26 km x 94,53 km. Inutile d'affiner à ce stade, l'apogée s'est trop éloignée, et nous allons gaspiller un précieux carburant.

La scène **11) Orbite presque circularisée.scn** nous place dans ces conditions. Il nous faut parcourir encore un quart d'orbite avant d'atteindre l'apogée et pousser, toujours en PRO GRADE, mais cette fois avec les RCS qu'il ne faut pas oublier de basculer en mode LINéaire après avoir stabilisé l'attitude. La scène **12) Paré pour la deuxième circularisation.scn** positionne le vaisseau au bon endroit et avec la bonne orientation. Vous n'avez plus qu'à annuler Ecc.

La solution est proposée dans la scène **13) Orbite circulaire.scn** dans laquelle on peut noter les caractéristiques orbitales : 94,14 km x 94,08 km. Les puristes auraient pu chercher exactement une valeur rigoureusement identique, mais c'est totalement illusoire. Comme la "gravitation non sphérique" est validée dans les options d'Orbiter, ces belles valeurs vont inexorablement se dégrader. Nous sommes sur une orbite plus basse que celle du CSM conforme globalement à ce qui est prévu

LE RENDEZ-VOUS ORBITAL :

P hase cruciale d'une mission lunaire, nous allons devoir procéder en plusieurs étapes bien distinctes, et si possible toutes réalisées avec le module de remontée. On ne viendra se faire récupérer que si la panne sèche nous empêche d'amener la rencontre à son terme. Avec 5% de réserve en ergols on ne va certainement pas faire des miracles, mais on va tenter le coup. Tout ce qui sera réalisé par le LM sera autant de moins à empiéter sur les ressources énergétiques du CSM. L'étage de remontée n'aura peut être pas assez d'ergols pour réaliser toutes les phases du rendez-vous orbital qui grosso modo enchainera : L'alignement des plans, la synchronisation des orbites, les corrections de trajectoire pour réaliser le rapprochement ainsi que le freinage final pour s'immobiliser à faible distance. Peu importe, avec ce qui reste dans les réservoirs nous allons en effectuer le maximum.



Ben Môa môa je trouve que cette page 48 est moche pas belle, car il n'y a pas une seule image. Pas même un glomule de remontée tout babale.

Exercice n°1 : L'alignement des plans.

Q uand on charge **13) Orbite circulaire.scn** il faut immédiatement allumer le MFD de droite et le conditionner en **Align Plane**. Puis, activer **PRO GRD** qui en réalité nous oriente en attitude **NML +**. Dès que l'attitude est stabilisée, pousser la puissance du moteur orbital, mais à peine. Un trois fois rien suffit. Immédiatement la valeur de **RInc** commence à décroître. Au début assez rapidement, puis de plus en plus lentement. Dès qu'elle semble ne plus évoluer, vers 0,15 stoppez le moteur, car elle va se remettre à diverger. Un petit tour sur le tableau 2 montre que nous avons toujours les 5% de carburant. Bien entendu la poussée n'a pas été gratuite, mais le moteur à faible régime et durant peu de temps n'a pratiquement pas grevé le budget carburant. N'oublions pas que 5% affiché peut signifier jusqu'à 5,5% dans la réalité puisque nous n'avons pas les décimales. Toutes les scènes qui composent les diverses étapes du rendez-vous en orbite sont réunies dans le dossier **<Scènes pour le RDV>**. Chargez la référence **01) RInc ramené à 0,15°.scn** qui nous situe juste après cette première correction. Pour optimiser la deuxième correction de plan tout aussi facile, on doit attendre de se trouver au prochain Nœud, ce qui impose encore de circuler sur un quart d'orbite. Mais en astronautique il ne faut jamais marquer d'empressement. C'est un nœud ascendant, donc on doit pousser en attitude **NML -**. Cette dernière s'obtient comme nous l'avons déjà pratiqué par un **PRO GRD** suivi d'un 180° en cabrage. On doit alors se trouver dans la configuration de **02) Deuxième correction de plan.scn** dans laquelle le vaisseau est orienté correctement.

P oussez tout doux, molo molo, avec le moteur orbital, et surveillez bien **RInc** : Le tour est joué. On peut arriver vraiment facilement à la valeur nulle, quitte à terminer avec les RCS en mode TRANSLATIONS. La solution proposée dans la scène **03) Les plans sont alignés.scn** montre que **RInc** = 0.00 avec **Ecc** = 0,0004 un peu dégradé, mais pratiquement pas. Avec une orbite de 93,54 km x 95,12 km nous sommes parfaitement dans les normes acceptables. Il reste encore 5% d'ergols dans les réservoirs ce qui prouve que l'alignement des plans est resté très économe en énergie. C'est le décollage au bon moment avec un azimut de lancement relativement précis qui permet cette économie. Sur le MFD de gauche vous pouvez augmenter le facteur de ZOOM autant que faisable, les deux trajectoires jaune et vertes y sont confondues, confirmation d'une coplanéité

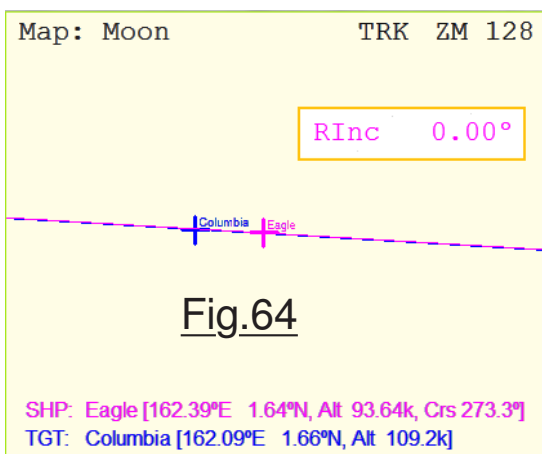
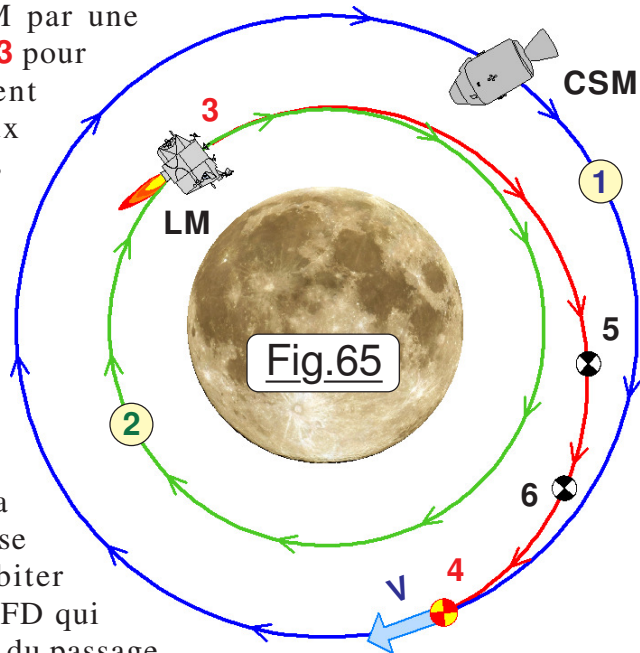


Fig.64

parfaite des deux orbites. Colombia est en avance sur nous, mais le LM circulant sur une orbite plus basse les conditions sont favorables à la réalisation du rendez-vous. C'est l'une des phases les plus techniques du vol orbital qui sans le secours des calculateurs et des radars serait quasiment impossible. Les MFD natif dans Orbiter remplacent ces derniers sans lesquels ces exercices ne seraient pas envisageables. La copie d'écran retravaillée Fig.64 montre bien que l'on peut augmenter le facteur de ZOOM au maximum, les deux traces restent confondues. C'est surtout la valeur de **RInc** nulle sur **Align Plane** MFD qui confirme la superposition parfaite des deux plans.

Exercice n°2 : La synchronisation orbitale.

Résumons en quelques mots le principe fondamental du rendez-vous orbital, pour mieux différencier les trois phases de base. Le but final consiste à **arriver au même endroit, au même moment**, et avec une vitesse relative raisonnable pour pouvoir freiner et s'immobiliser à une distance faible de la cible. La Fig.65 résume assez bien le "script de ce film". Sur l'orbite 1 nous trouvons le CSM, alors que sur 2 se déplace le LM. Compte tenu des lois de Kepler, le CSM va moins rapidement que le LM ce qui sur le dessin est symbolisé par les flèches de sens de circulation plus ou moins espacées. Le CSM est "loin devant" conformément au plan de vol. Pour réaliser la jonction, il faut allonger l'orbite circulaire du LM par une poussée judicieusement calculée, en un point tel que 3 pour que la nouvelle trajectoire rouge soit globalement tangente en un point tel que 4. Les deux vaisseaux présenteront alors des vitesses V de directions identiques. Comme en 3 la poussée a rendu la vitesse du LM plus grande que celle du CSM, il va rattraper lentement ce dernier. C'est la finalité de la Synchronisation des orbites. Pour se faire une idée de la complexité de l'opération "**arriver au même endroit, au même moment**", il suffit d'avoir en mémoire le fait que notre cible le CSM tourne à 1629 m/s. Chaque seconde que nous aurons d'écart entre l'heure de son passage "au croisement" et la notre nous écartera de cette distance. Dix secondes de décalage et on se trouve déjà à 16 km d'éloignement. L'outil d'Orbiter spécialisé dans ce type de calculs est **Sync Orbit MFD** qui nous indique avec la variable **DTmin** l'écart temporel du passage des deux vaisseaux au point de rencontre. Il suffit de modifier notre orbite pour annuler cette valeur.



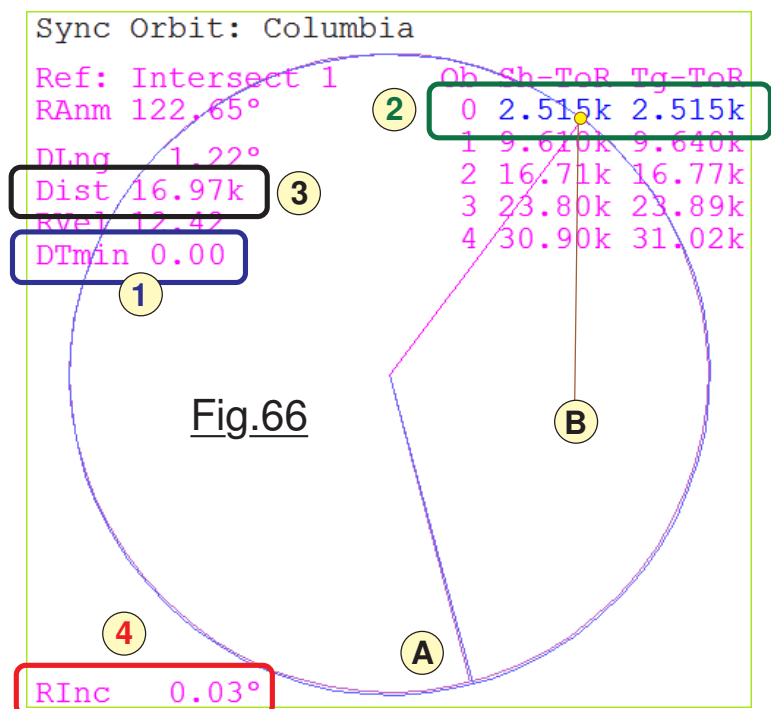
Avec la situation de départ commune **03) Les plans sont alignés.scn** nous abandonnons à droite **Align Plane** qui a terminé sa mission au profit de **Sync Orbit MFD** qui entre en scène. Notez au passage que sur le MFD à gauche on observe que le cercle vert qui délimite l'horizon visible du LM est plus petit que celui en jaune du CSM. Pourtant nous n'avons que 14 km de différence en altitude, les deux orbites sont à peine décalées sur **Orbit MFD**. Revenons à **Sync Orbit MFD** qui trépigne d'impatience, et désignons notre cible :

TGT > [↓] **Spacecraft** > [→] pour **Colombia** > [↖] et ainsi désigner le CSM comme "target".

Sync Orbit MFD nous gratifie d'un "No intersection" qui se passe de commentaire.

Les deux trajectoires sont concentriques, pour générer un point d'intersection, il nous faut placer le LM en attitude PROGRADE.

(Vous savez faire et je ne commente pas, car je vois *Quivsv* qui me lorgne d'un regard noir !) Puis, nous trouvant au point 3 de la Fig.65 poussez un fifrelin pour allonger notre orbite jusqu'à ce qu'elle atteigne celle du CSM. Attention, poussez tout doux, vraiment câlin câlin, car les deux orbites sont voisines. Dès qu'elles se croisent, **Sync Orbit** annonce des possibilités. On passe les RCS en mode linéaire, le vaisseau toujours en PROGRADE on affine en accélérant avec **8 num** ou en ralentissant avec **2 num**. N'oubliez-pas le **5 num** simultané pour




contrer les rotations parasites. On peut ainsi arriver à un rapprochement durant l'orbite en cours. Puis, par petites corrections, toujours avec **8 num** ou **2 num** on minimise **DTmin**. Comme montré en **1** sur la Fig.66 on peut arriver facilement à la nullité de **DTmin**. Comme en **2** c'est la ligne du haut qui passe en surbrillance, on en déduit que le rapprochement va se faire au cours de l'orbite actuelle. Pour passer de la position **A** à celle qui provoque la rencontre en **B** il faut encore patienter environ 2515 secondes soit pratiquement 42 minutes. En **3** la distance qui sépare les deux vaisseaux va diminuer en permanence, et si nous étions en "options pour vol simplifié", arrivé en **B** ce serait la collision puisque nous serons "**arrivé au même endroit, et au même moment**". La synchronisation des plans a dégradé la valeur de **RInc** en **4**, mais on peut penser que c'est sans influence majeure puisque la rencontre se fait forcément au nœud. Nos vitesses à la jonction ne seront pas strictement parallèles mais les vecteurs ne divergeront que de 0,03° totalement inappréciable. Mission accomplie, on peut ranger **Sync Orbit** MFD qui n'est plus utile.

Exercice n°3 : Les manœuvres pour le rendez-vous orbital.

A ligner les plans et synchroniser les orbites constituaient des opérations faciles grâce aux calculateurs spécifiques d'Orbiter. Dans Apollo c'étaient des programmes dédiés logés dans le LMC, mais aussi dans le CMC pour le cas de problèmes à bord du module de remontée. Les jauges affichent encore 4% d'ergols démontrant que la synchronisation n'a prélevé qu'une faible part du gâteau. Avec ce qui reste en énergie, on doit pouvoir sans problème effectuer la jonction, car en principe les corrections de trajectoires sont économes. Il nous faut surtout pouvoir compter sur le moteur orbital si arrivant trop rapidement il faut freiner en urgence. Si vous le désirez, en chargeant la scène **04) Paré pour le RDV.scn** il vous sera possible de vous "synchroniser avec ce tutoriel". (*Encore un jeu de mots faiblard faiblard ça !*) Les conditions y sont moins idylliques que celles montrées en Fig.66, car on s'est rapproché de 2 km et que **DTmin** s'est un peu dégradé. C'est sans importance vu qu'il ne va pas cesser de diverger. La réelle difficulté, c'est que NASSP impose de passer à la complexité maximale dans le comportement gravitationnel d'Orbiter.

"**arriver au même endroit, au même moment**" est une chimère, car en permanence la valeur de **DTmin** change à cause de la perturbation des deux orbites due à l'effet de gravitation non sphérique sans compter l'activation de l'option ☒ **Complex flight model**. Bref, il va falloir se "cogner" la réalité astronautique dans toute sa splendeur.

C oncrètement, on se place en attitude **PROGRADE** que l'on obtient par  suivie d'un cabrage négatif de 90°. Ensuite, on maintient l'attitude avec les RCS en mode rotation en conservant le cabrage de 90° sur le HUD visualisant en mode **ORBIT MOON**. Puis, on repasse en **LINéaire** sur les RCS pour conserver **DTmin** le plus faible possible avec **8 num** ou **2 num**. (Sans oublier **5 num**) Quand on est loin c'est un peu galère car la gravitation non sphérique perturbe différemment les deux orbites. Mais au fur et à mesure que l'on s'approche du CSM nous orbitons dans des zones d'attraction équivalentes. La valeur du paramètre **DTmin** devient alors bien plus stable et l'on peut arriver à l'annuler sans trop de difficulté.

Sauf erreur de ma part, la NASA utilisait la technique des dents de scie. Le LM accélérât, passait devant le CSM. Puis il ralentissait pour repasser derrière, et ainsi de suite avec des variations de plus en plus faibles. Ce sont les corrections représentées en **5** et **6** de la Fig.65 donnée en page 50. Le but consistait à passer progressivement de son altitude à celle de la cible tout en diminuant régulièrement l'écart entre les deux. Par la suite, les méthodes par différentiel d'altitude ont été perfectionnées. Ne disposant pas des aides à la navigation par LMC interposé, personnellement j'ai adopté la technique simplifiée suivante : Sur **Map** MFD, dans la scène où l'on se trouve à 15 km, on voit que l'on est devant la cible. (*Il faut pousser le ZOOM au maximum de 128 pour le constater*) ON **FREINE** pour se faire rattraper. La distance va diminuer. On dégrade le périégée, mais c'est "en face" que ça se produit, donc sans effet. On se laisse rattraper par le CSM. Quand il n'est qu'à 4 km ou 5 km on se place en attitude **PROGRADE** et on pousse avec le moteur orbital. On

diminue progressivement la puissance. Quand on approche les 3 km on réactualise l'attitude **PROGRADE** et on pousse pour avoir sur **Map** MFD une vitesse identique à celle du CSM. On est alors sur la même orbite, la distance est stabilisée. Il reste alors à



Radoter, radoter, ben Môa môa je dis qu'en astronautique on finit toujours par tourner en rond, et ce n'est pas une question d'âge.

passer à la phase d'approche. C'est presque plus délicat à expliquer qu'à faire. La seule difficulté vient du fait qu'il faut passer alternativement en translation, rotation et que le plus petit oublie s'amuse immédiatement à nous tartiner un maximum d'entropie. Bref, c'est du pilotage presque simple mais qui exige de la rigueur. *(Comme s'il existait des pilotages qui n'en ont pas besoin !)*

Toujours dans l'optique de fournir des étapes intermédiaires à chaque phase spécifique des missions lunaire, avec **05) RDV dans 134 secondes.scn** la rencontre est annoncée pour dans 129 secondes par **Sync Orbit** MFD. **DTmin** = 0.00 on va donc percuter le CSM. Mais la distance qui nous en sépare est de 24 km, et la vitesse relative de 30 m/s. Il y a une incompatibilité dans les données du calculateur. On va se louper de $24090 - (29,86 \times 128,8) = 20444$ m soit environ 20 km. Si vous laissez faire, en fait c'est pire, car la vitesse relative est en éloignement et à l'instant T on est à plus de 26 km. Ce n'est plus du rendez-vous ça. D'où vient cet écart tristouniforme entre théorie et pratique ? Je ne sais pas si c'est **Sync Orbit** MFD développé avant la complexité actuelle des modèles, ou tout autre raison, mais manifestement il faut faire avec. C'est ici que la façon de procéder que je vous propose va résoudre en partie cette petite difficulté : ON FREINE un bon coup pour se faire rattraper assez rapidement, mais n'exagérez pas trop car ce serait ensuite le réservoir à sec et la déconvenue.

Exercice n°4 : L'approche finale.

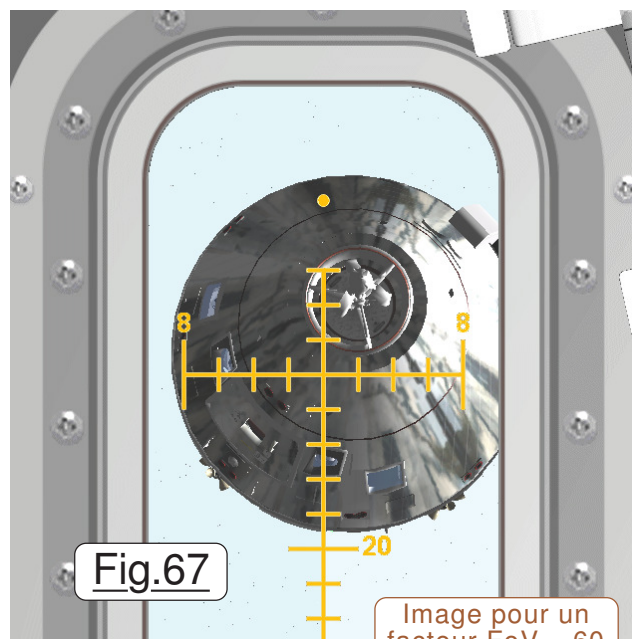
Rusant avec l'adversité, tout en promptitudes parcimonieuses, après une lutte sans merci contre les événements, vous arrivez enfin à vous placer à moins de trois kilomètres et une vitesse relative inférieure à dix mètres par seconde. Bravo, vous avez votre place à bord du module lunaire pour la mission 11 et *Quivsv* s'en va discrètement, un peu déçu de ne pas pouvoir vous hurler dessus. Il a toutefois un sourire de satisfaction, car, entrant dans son bureau il va tamponner votre licence du "APTE AU PILOTAGE DU LM EN PLACE GAUCHE" tellement convoité. Vous aurez certainement fait mieux, car j'avoue ne pas avoir eu le courage de multiplier les tentatives pour optimiser. Je n'ai que **06) Rapprochement 2 km.scn** à vous proposer. Nous sommes alors à un peu plus de 2 km. Notre vitesse est plus rapide que celle du CSM mais c'est favorable car on se trouve en arrière sur l'orbite. Il nous reste 1% de Fuel, donc jusqu'ici tout était faisable. Il nous reste à stabiliser la distance, puis à réaliser le rapprochement. Mais à cet éloignement, on peut considérer que la phase de rapprochement est achevée. Pour la suite, laissez faire, tant que la distance diminue. C'est gratuit ! Attendre que l'écart se stabilise vers 1,442 km, et juste un peu avant orientez en attitude RETROGRADE. Nous avons deux solutions possibles, et personnellement j'ai choisi  car le vaisseau est pratiquement dans cette attitude. Nous savons qu'à cette attitude il ne sert à rien de chercher à stabiliser le "roulis" sur le HUD, laisser les graduations tourner à leur guise. Avant d'atteindre 1,442 km j'en ai profité pour diminuer l'angle entre les deux plans. Puis, à partir de cette distance c'est la panique ! Dans un premier temps attitude rétrograde et freinage au moteur orbital pour avoir notre vitesse à exactement celle du CSM sur son Orbite, les valeurs étant lues sur **Orbit** MFD. Mais comme les plans sont un peu divergents, dès que l'on sera au plus proche la distance va se remettre à augmenter. Alors il faut immédiatement orienter vers la cible de façon à la repérer dans le hublot d'accostage. C'est difficile à cette distance, aussi j'ai utilisé **[F4]** >  >  >  **Vessels** pour y arriver. À ce stade de notre approche il faut absolument converger vers la cible, en utilisant le HUD en mode **DOCK XPDR COLOMBIA**. Ce n'est qu'en utilisant parfaitement ses informations que l'on peut réussir, sachant que pour stabiliser de façon stable dans tous les cas il faut orienter en PROGRADE ou RETROGRADE et égaliser tout à la fin les vitesses orbitales. C'est du sport aussi crispant que l'alunissage tout compte fait. Pour ma part j'ai tenté au moins une vingtaine d'approches pour y arriver, et je ne suis toujours pas certain d'y parvenir du premier coup à la prochaine tentative. Encore une soirée d'hiver ravagée par l'astronautique. Mais quand enfin le CSM reste sagement dans l'encadrement du hublots d'accostage, c'est l'euphorie débridée. Pour savourer cet instant de satisfaction intense, **7) CSM enfin dans la lucarne.scn** est fournie avec le tableau de bord simplifié, car au rechargement, si l'on est sur l'un des tableaux de NASSP, on perd la configuration des MFD. Pour regarder avec la vision finale du rendez-vous qui nous explose de joie revenez en "matériel NASSP" avec la touche dédiée **[F8]**.

Pas de quoi s'extasioniser avec cette page. L'est pas belle elle non plus, ya pas un seul dessin une fois encore.

Exercice n°6 : L'arrimage.

Point culminant du rendez-vous en orbite, il se réalise par une coordination de la manœuvre entre les deux vaisseaux. C'est l'étage de remontée qui oriente le sas vers le CSM. C'est ensuite celui-ci qui se positionne avec précision et s'engage pour la capture. Commençons par mettre le module lunaire en sécurité, ce serait trop triste de provoquer une collision alors que nous avons réussi le plus délicat. Toujours à bord dans les conditions de manœuvre de **07) CSM enfin dans la lucarne.scn** et manuel du LM ouvert à la page 41, réalisons **Procédure de fin de rendez-vous**, mais uniquement la sécurisation du moteur de remontée et l'établissement du transfert de carburant.

Avant de passer la main à Collins on va effectuer une dernière approche avec les RCS pour minimiser la distance en consommant sur les ressources de l'étage de remontée. Surtout n'oubliez pas que vous regardez par la lucarne d'accostage, donc pour avancer c'est la touche **8 num** et pour freiner ou reculer **2 num**. (*Sans oublier de passer en mode TRANSLATION*) L'approche finale est un peu "agressive", car les rotations parasites induites doivent constamment être contrées avec **5 num**, et surtout il faut raisonner LM. Nous sommes tellement influencés par les commandes du CSM que nous avons pratiqué longuement au cours de la formation, que de temps en temps pour avancer et reculer on titille **9 num** et **6 num**, action regrettable qui ne manque pas de détruire l'alignement initial. C'est ici que l'apprentissage effectué à partir de la page 25 va se montrer bien indispensable. Ne pas chercher à stabiliser à moins de dix mètres, ce serait trop risqué et cette distance est largement assez proche pour que le CSM puisse prendre la relève. Si vous chargez la scène **08) Fin de l'approche pour le LM.scn** vous trouverez une configuration correspondant à ce que j'ai réussi de mieux, mais il m'a fallu cinq tentatives pour arriver à avoir les bons réflexes et pas trop de "râleries". La Fig.67 nous montre la taille que doit présenter notre cible quand nous sommes entre neuf et dix mètres de distance. Ce dessin est retravaillé par un fort éclaircissement, dont le ciel qui dans la copie d'écran est noir à été remplacé par du bleu pastel, toujours dans le but de ménager les cartouches d'encre de vos imprimantes. Nous ne sommes pas parfaitement aligné et orienté, mais vu la difficulté de manœuvrer l'étage de remontée, il me semble plus judicieux à ce stade du rapprochement, d'effectuer le reste de l'arrimage à partir du CSM qui peut se servir de la cible en T inversé.



- *STOP les copains, ne touchez plus à rien c'est parfait pour moi.*
- *OK Michael, on neutralise les systèmes et ce sera à toi de bosser un peu, depuis des heures qu'on se cogne tout le travail, c'est à ton tour de justifier ton salaire.*
- *C'est la rançon de la célébrité Neil, ça se gagne. J'attends ton accord pour vous accrocher.*

Toujours dans l'optique de minimiser les risques en permanence, on va couper toutes les énergies à bord. Moins il y a de lignes actives, moins on risque d'avoir un système qui se déclenche intempestivement, voir le pire des risques : Un début d'incendie. Vous passez donc au chapitre **Configuration avant abandon et largage** de la page 41 du manuel.

- *OK Michael, tu peux y aller, on a tout coupé ici.*
- *Tu as pensé à vérifier l'isolement de **X LUNAR BUS TIE** sur les deux tableaux ?*
- *À peine revenus tu me cherches ?*
- *Un peu oui, car en bas on ne parle plus que de toi, et je suis un max jaloux.*

(Comme vous le savez tous, ces divers échanges radio sont d'une vérité historique criarde)

Nous en étions à la dernière page du manuel, vous pouvez le ranger définitivement avec les échantillons lunaires pour penser à l'emporter en souvenir. Incarnons Collins en passant à bord du CSM. Le livret **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES** est ouvert en page 31, il suffit d'en réaliser ligne à ligne les divers items ... routine orbitale !

Quand Amsrong dit qu'il a tout coupé, c'est juste avant d'ouvrir le dernier sectionneur qui alimente BUS CDR, car ensuite il n'y a plus les radios. Quand nous procédons à la préparation du CSM et que l'on passe en hublot d'accostage, si l'on n'a pas trop lambiné on survole exactement le site d'alunissage bien visible dans la fenêtre triangulaire. On peut lui faire un petit signe d'adieu. Nous sommes encore en zone éclairée et l'on voit parfaitement le **T** inversé. L'orientation du LM est presque parfaite, on peut sans problème effectuer l'approche, mais avant n'oublions pas de configurer la sonde d'arrimage. Inutile, je pense, de détailler la manœuvre car c'est une révision de celle qui consistait à extraire le LM du S-IV B. Pour compléter notre collection, **09) Arrimage complet.scn** se situe juste après le bruit caractéristique des verrous quand on solidarise LM et CM. Enfin la scène **10) Récupération entièrement achevée.scn** nous place au moment où l'on a totalement parcouru la check-list de la page 31. Il reste maintenant à larguer définitivement ce bon vieux Eagle dont le nom va définitivement s'imprimer dans les livres d'histoire de l'astronautique.

LARGAGE DÉFINITIF DE L'ÉTAGE DE REMONTÉE :

Plusieurs techniques différentes ont été utilisées au cours des divers vols qui ont permis le débarquement. Sur Apollo 11, le largage définitif a été réalisé à MET 132 : 02 : 59, nous allons chercher à respecter cet horaire. *(Notez au passage que diverses informations contradictoires sur cette heure sont disponibles en ligne, je n'ai pas conduit d'enquête pour savoir laquelle est la bonne, je l'avoue)* Sur Apollo 11, Eagle a été abandonné sur une orbite de 58,5 NM x 59,4NM. Mais je vous propose ici de faire une entorse à l'histoire, et de changer de mission pour enrichir l'exercice, car "JETISON LM" reste d'une simplicité banalissime. Sur certaines missions, l'étage de remontée a été largué sur une orbite de percussion avec le sol. Le but était double. D'une part on ne laisse rien de dangereux trainer en orbite, encore que le nombre de satellites envoyés vers la Lune n'impose pas sur ce point une contrainte vraiment impérative. D'autres part, le choc produit à l'impact engendre une onde de choc qui se propage dans le sol lunaire. Enregistrée par les sismographes laissés sur place, les géologues peuvent en déduire des informations sur la constitution interne de notre satellite.

Exercice n°1 : Générer une orbite de collision avec le sol.

Rien de bien nouveau dans "les chaumières". Nous gravitons sur une orbite presque circulaire. Pour créer un péricynthion d'altitude négative, on place l'ensemble en attitude rétrograde. Puis, une petite poussée du moteur orbital et l'affaire est classée ... sauf que pour le coup tout le monde descend vers le sol. Il ne faudra donc pas trainer pour provoquer la séparation, s'écarter pour la sécurité, passer en attitude PROGRADE et circulariser de nouveau l'orbite pour éviter que le sismographes n'enregistre une onde de choc plus énergétique que prévue.

À partir de l'état qui correspond celui de la scène **10) Récupération entièrement achevée.scn**, avant de modifier l'orbite pour engendrer une trajectoire de collision, il faudra préparer entièrement le vaisseau, car une fois la trajectoire réalisée, réagir rapidement pour terminer l'opération de largage va conditionner directement l'avenir du CSM. Entre autre il faut :

- Préparer les RCS sur le CSM, *(Banal)*
- Préparer le SPS pour une poussée en mode manuel, *(Vous savez faire)*
- Préparer les consignes pour forcer le FDAI n°2 en attitude 180/000/000, *(Encore de la routine) (Cette précaution va démontrer son utilité quand après avoir largué le LM il faudra adopter immédiatement une orientation en attitude PROGRADE pour remonter la valeur du périégée et nous éviter le triste destin du module lunaire)*
- Penser à éjecter les protecteurs des optiques si vous utilisez la dernière version d'Orbiter, *(Les optiques doivent être disponibles pour parfaire l'adoption d'une attitude RETROGRADE, encore que c'est pour des raisons de rigueur, car une orientation approximative serait suffisante)*
- Attendre de se trouver à environ 20 minutes avant la séparation historique et placer le vaisseau en attitude RETROGRADE en utilisant les références externes. *(Révisions !)*
- Caler le FDAI aux consignes enregistrées sur les molettes. *(Triple zéro avec roulis "inversé")*
- Réaliser en manuel une poussée d'environ 8 secondes. Vérifier que la valeur du périégée soit négative sur **Orbit** MFD ou pousser une à deux secondes de plus.

C'est fait : Tout le monde descend !

Exercice n°2 : Provoquer la séparation.

Simple formalité si l'opération de préparation pour la modification de trajectoire a été correctement réalisée. **Project Apollo** MFD permet de surveiller la valeur de MET pour respecter la chronologie historique. La poussée de désorbitation en mode manuel a engendré inexorablement un changement d'orientation induit car nous ne nous sommes par du tout préoccupé de la position actuelle du centre de gravité, et de l'orientation de la poussée vectorielle. Ne pas chercher à corriger c'est favorable au "dégagement de la trajectoire" pour le rétablissement de l'orbite. L'idéal pour maximiser la sécurité serait de se retrouver à angle droit au moment de la séparation, mais n'allons pas jusqu'à ce cas extrême. Toujours pour aider ceux qui rencontreraient quelques difficultés imprévues, la situation **11) Provoquer la descente.scn** propose une configuration correspondant à celle de l'abandon définitif de l'étage de remonté du LM :

Les RCS du CSM sont opérationnels et nous sommes en attitude RETROGRADE. Il suffit de pousser durant 8 à 9 secondes maximum pour modifier l'orbite. Le moteur orbital du CSM est paré pour fonctionner en mode manuel. La check-list "Largage définitif du LM" est réalisée jusqu'à la ligne qui demande d'engendrer la séparation et il n'y a plus qu'à cliquer à votre guise sur l'un des deux inverseurs **FINAL SEP**. Le FDAI de droite est à 180/000/000 ce qui permettra par un triple zéro de placer le CSM en attitude PROGRADE pour circulariser l'orbite après abandon définitif du "placard à balais". À vous "de jouer" maintenant !

Exercice n°3 : Couper n'est pas jouer !

Lorsque la trajectoire Képlérienne du mobile coupe la sphère du géoïde de l'astre de capture, ce n'est généralement pas très bon pour l'avenir du beau vaisseau et de son équipage. C'est la raison pour laquelle on n'engage une procédure telle que celle du chapitre précédent, que si le moteur orbital est d'une fiabilité absolue. Il n'y a plus une minute à perdre. On laisse les deux vaisseaux s'écarter durant environ vingt secondes, c'est suffisant. Puis, on oriente en attitude PROGRADE. C'est enfantin puisque les RCS sont opérationnels et que le FDAI n°2 a été conditionné dans ce but. Il suffit de manœuvrer pour obtenir le "triple zéro" qui placera le CSM dans l'attitude désirée. Ce n'est pas un PROGRADE absolu, car le vaisseau s'est déplacé sur l'orbite durant la séparation, mais si nous n'avons pas perdu de temps, cette orientation sera largement suffisante. Vérifier que la zone noire de la sphère d'attitude est bien vers le "bas" de l'instrument puis nouvelle poussée en manuel pour remonter la valeur du périgée. Il suffit d'allumer tant que la valeur de **Ecc** sur **Orbit** MFD décroît. Dès qu'elle présente une tendance à se stabiliser, couper le moteur. Vérifiez que la valeur du périgée soit franchement positive, au moins 30 km. Le vaisseau étant en sécurité, on peut considérer que la manœuvre de largage définitif du LM est achevée. Au fait, avant de pousser "comme des mules" pour circulariser, avez-vous pensé à vérifier que nous n'étions pas en situation de collision avec le LM ? *(Une fois l'attitude PROGRADE établie il faut aussi dans le TÉLESCOPE de bord, vérifier par le défilement relatif du sol, que l'orientation est conforme avant d'allumer le SPS !)*

CADRE VIDE : C'est la faute à PAPPY 2. (Voir  Page 56)

Ce vide cosmétique, heueueu comique, heueue grand !



Épilogue ...

Fig.13

Notre formation à la NASA s'achève, car sauf erreur de ma part, nous avons exploité tout ce qui était possible dans la version actuelle du mytique module lunaire. Cinquante cinq pages pour une machine réputée impilotable, avouez que le bilan final reste largement à son avantage. Nous avons ainsi balayé l'intégralité des aspects d'une mission lunaire. Sans l'utilisation du LM, ce didacticiel aurait été aussi déséquilibré qu'un Dahu marchant dans le mauvais sens. NASSP est une machine formidable pour rêver, et je ne peux m'empêcher ici d'imaginer aussi les frustrations intenses subies par les rarissimes humains qui ont chevauché ces engins qui dans nos mémoires ne seront jamais "détrônés". Ceux qui ont eu le privilège de laisser des traces dans la poussière, indices du passage d'un homme, qui vont mettre des siècles pour s'effacer.

Fig.14

Fig.15

Frustrations en orbite lunaire quand par les hublots défilait un panorama fabuleux et qu'il fallait encore et encore bloquer son regard sur les tableaux de bord pour vérifier, revérifier et revérifier encore dans les manuels de pilotage. Frustration au moment de l'alunissage quand l'un, les yeux rivés sur les écrans annonçait les paramètres, alors que l'autre ne focalisait à l'extérieur que sur les dangers alentours au détriment de la beauté fantastique du panorama qui s'étendait à perte de vue. Frustration quand à "peine débarqué" il fallait repartir. J'imagine aussi l'inévitable sensation de vide et d'incipidité, quand revenus sur Terre dans "la banalité d'une vie de tous les jours", portant le regard vers l'astre nocturne, ils savent qu'ils n'y retourneront plus jamais. Les lendemains de fête ont parfois un goût très amer ...

Fig.13, 14 et 15 : Pour défrustrer ceux qui ont été choqués en page 11.



Ben Môa môa j'avais tassé tout ce qui est dans cette page en P55, c'est la faute à PAPPY 2 qui m'a suggéré d'insérer de diluer un chti peu. Alors je me suis résolu à une page pas saturée en cinq cinq, plus celle-ci, mais ça me boursouffle les ergols.