

TUTORIEL pour NASSP

Project Apollo - NASSP version 7 de 2012.

Par Nulentout : Dimanche 7 Avril 2013.

Manifestement il aurait été tellement plus normal de commencer cette documentation par une belle page de garde ornée d'une superbe image montrant le train spatial en orbite basse autour de la Lune qui en occupe toute l'étendue. Alors pourquoi cette affreuse page si austère ? Plusieurs raisons à ça. En premier, je n'ai pas osé, car déjà l'ensemble que je vous propose est d'une taille déraisonnable, alors je me suis senti obligé d'abrégé les préambules et d'optimiser ce document. Par ailleurs, quand on consulte les documents originaux de la NASA, on ne peut pas dire qu'ils soient particulièrement affriolants. Je fais allusion ici aux innombrables traités techniques destinés aux 400000 personnes qui se sont mobilisées pendant dix années, et non aux magnifiques écrits à vocation publique. Ce côté rébarbatif participe à mon sens à nous mettre dans l'ambiance. Apollo, le vrai de vrai !

Comme pour la grande majorité des tutoriels, les sujets abordés ici seront essentiellement techniques et procéduraux. Du sérieux de chez "important grave" ... encore qu'il ne faudrait pas passer à côté du plus important : Rêver. Je trouverais personnellement dommage d'occulter le principal, c'est à dire cette formidable aventure humaine, avec ses drames et ses joies. L'une des expéditions d'exploration les plus folles jamais tentée par l'humanité. Alors, quand au fil de ces apprentissages vous titillerez des boutons et des trucs sur les tableaux de bord, essayez d'Oublier le confort d'Orbiter. Imaginez-vous à bord. Apollo est une minuscule prison. Installez-vous à l'avant d'un véhicule automobile assez large pour pouvoir accueillir trois personnes. Fermez les portes à clef et oubliez l'arrière qui est obturée par une cloison. Avec vos deux amis, vivez pendant plus d'une semaine dans cet univers confiné. Souffrez le fabuleux confort des scaphandres, avec miam miam, pipi, caca sans pouvoir vous isoler des deux autres équipiers. Imaginez les contorsions invraisemblables auxquelles vous devez vous soumettre pour effectuer un "cul par dessus tête" pour vous placez vers le bas en face des puits optiques réservés aux télescopes. Seules les urines sont évacuées à l'extérieur, les excréments sont conservés à bord ... dans ce qui sert à la fois de dortoir, de cuisine et de bureau. On comprend certainement mieux la notion d'équipe, car pour se supporter dans de telles conditions il fallait avec ses deux coéquipiers tisser des liens d'une solidité rarissime. Imaginez le pincement au cœur subi par Mike Collins quand Eagle s'est séparé de Colombia et que ses amis s'éloignaient vers un destin particulièrement incertain, et surtout la joie qui a explosée à bord quand ils sont revenus en bonne santé. Apollo est infiniment plus qu'une prouesse technologique hors du commun. C'est surtout une épopée humaine qui a tenu en haleine le monde entier. Si vous arriviez à "vivre" Apollo en pensant à cet aspect fondamental de la conquête lunaire, alors des compléments comme AMSO ou NASSP seront infiniment plus que de "vulgaires programmes informatiques". Merci "Monsieur Orbiter", merci "NASSP" pour ces merveilleux simulateurs, car l'un des trésors les plus précieux que l'on puisse trouver ici bas restera définitivement ... le rêve.

\$\$\$@

POPOL : Un exemple de calme et de pondération.



BIENVENUE À LA NASA :

Vos compétences de pilote exceptionnel vous valent le privilège d'avoir été recrutés parmi les meilleurs, et si votre destin ne s'y oppose pas, vous serez peut être l'un des rarissimes humains à pouvoir se targuer d'avoir un jour quitté la pesanteur ... et pourquoi pas à avoir posé le pied sur la Lune. Mais le chemin sera long et truffé d'embûches. Seuls les survivants pourront prétendre à s'enfermer dans l'une des boîtes de conserve les plus inconfortables jamais conçues par l'homme et y séjourner plusieurs longues longues longues journées. Je vous présente Popol. C'est votre instructeur dont la réputation de tendresse à l'égard de ses stagiaires est connue de tous les résidents à Cap Kennedy. Bonne chance ...

Bonne chance ! Mais vous vous foutez de moi ? Ce sera tout sauf de la chance. Ici être le meilleur est un pléonasme, mais c'est notoirement insuffisant. C'est le minimum minimorum. Frimeur tu dégages. Meilleur des meilleurs tu te fais oublier, tu longes les mur et tu n'oses entrer dans le simulateur que si t'as déjà totalement assimilé le manuel. Quel est le premier mot du chapitre 174B page 834 ? QUOI ! Tu sais pas ?

VIRÉ !

NAVIGUER DANS LES DIVERS TABLEAUX DE BORD :

Préfendre naviguer entre la Terre et la Lune qui se trouve déjà à une seconde lumière de notre globe ne serait qu'une galéjade si déjà nous ne sommes pas capables de retrouver notre route dans les divers "Pannels" du vaisseau dont l'habitacle est pourtant si spartiate. Autant il est facile de tourner la tête dans l'espace qui nous entoure pour porter notre regard directement dans une direction précise, autant bien intégrer le "volume" d'une multitude de tableaux 2D pour reconstituer l'espace sera déroutant durant nos premiers pas dans NASSP. Avant de se risquer dans les tutoriels qui imposent de nombreuses actions rapides dans le vaisseau, il faut impérativement s'impregner des lieux.



Regarder par le petit bout de la lorgnette n'est jamais très commode. Pourtant,

c'est inévitable sur un tableau de bord 2D dont la surface devrait exiger des écrans de très grande taille pour pouvoir tout contenir.

Alors les programmeurs n'ont pas

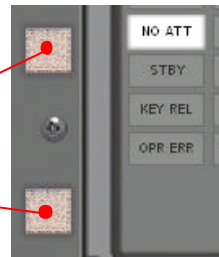
d'autres choix que de fractionner en de

multiples écrans partiels qui seront affichés à tour de rôle sur le moniteur vidéo, c'est du banal en informatique. Quand il y en a deux ou trois, il devient naturel de passer de l'un à l'autre, mais quand la profusion confine à du "trop beaucoup", le premier contact avec le logiciel fait un peu peur, d'autant plus que certains sous-tableaux sont plus grands que la définition de l'écran. Il faut alors apprendre à se déplacer à l'intérieur d'un "panel", et à naviguer entre les divers tableaux. Rassurez-vous, les programmeurs ont introduit une logique "géographique" qui va largement contribuer à nous rendre l'apprentissage presque facile.

Première étape de notre exploration : Imprimer la **PLANCHE n°1** de façon à la disposer bien en vue à proximité de votre écran. **En rouge** sont mis en évidences les déplacements pour passer d'un panel à un autre par utilisation de la touche **[CTRL]** conjointement avec les touches . **En bleu** les déplacements à l'intérieur d'un sous-tableau quand ce dernier est plus grand que la définition de l'écran vidéo. Dans ce cas seules les touches  sont mises à contribution. Pour que ces déplacements entre les tableaux 2D puissent devenir "naturels", il faut impérativement arriver à les placer dans un contexte 3D. Vous pouvez considérer que les tableaux 2D de NASSP sont ceux vus en perspective sur la Fig.1 qui ont été mis à plat et "éparpillés" les uns à côté des autres en respectant globalement leurs positions relatives dans le vaisseau. Quand vous expérimentez les explorations 2D, passez régulièrement en cockpit 3D avec **[F8]** et regardez dans toutes les directions pour arriver à bien situer tout ce petit monde. Cette découverte de base où l'on ne fait rien peut vous sembler stérile, mais elle est vraiment indispensable, car une fois dans l'action, check-list en main, chercher un tableau en se trompant plusieurs fois de déplacement va rapidement devenir insupportable. Une préparation minimale s'impose.

Note :

On constate que sur les tableaux 2D de NASSP se trouvent une foule de petites zones étranges qui ressemblent à des "bugs d'affichage". Se sont en fait des "Velcros" qui permettent aux astronautes de placer des masques sur certains indicateurs, d'accrocher des notes ou divers accessoires. Il ne faut donc pas s'inquiéter de cette épidémie de petits carrés et rectangles sur le visage d'Apollo.



ORGANISATION DES CHECK-LIST :

Piloter des machines aussi complexes que celles des vaisseaux Apollo est inimaginable sans avoir en permanence à portée de la main des check-list qu'il faut utiliser pour toutes les actions, aussi anodines soient-elles. Un exemple tout simple : Vous purgez les urines ... pas de quoi en faire une thèse. Pour cette opération "élémentaire" qui n'influencera en rien la destinée de la mission il faut commencer par préchauffer les buses d'éjection. Et oui, tout gèle dans le vide sidéral. Une fois la vidange achevée, vous passez à une action plus importante telle que le recalage de la centrale inertielle par exemple. Comme c'était élémentaire

préchauffage des buses et sans le savoir vous allez consommer en permanence pendant des heures un courant électrique si précieux. L'affaire est entendue, vous avez compris que NASSP ne se pilote pas comme le DG, mais que nous aurons constamment à vue les documents de la NASA. **Pour utiliser de façon la plus rationnelle possible ces check-list** il me semble utile de vous en décrire l'organisation : Les CHECK que je vous propose sont non seulement réalisées pour "regrouper un maximum d'actions localisées", évitant ainsi les allers et venues entre les divers sous tableaux de NASSP, mais elles sont également agencées comme montré sur la Fig.2 pour "balayer" dans l'ordre les inverseurs d'une zone en cours d'une configuration. Ainsi, on évite ces recherches un peu laborieuses pour le débutant quand on utilise les protocoles de la NASA. L'Orbinaute n'a pas l'entraînement des équipages de l'époque qui à la seule évocation d'un item avaient la main qui se dirigeait immédiatement vers le commutateur concerné. Dans mes manuels, d'une façon générale on balaye les commandes de la gauche vers la droite et du haut vers le bas. Cette "tricherie" avec l'histoire se justifie d'autant plus que j'ai pris soin de ne pas intervertir des actions qui engendreraient des aléas durant la mission.

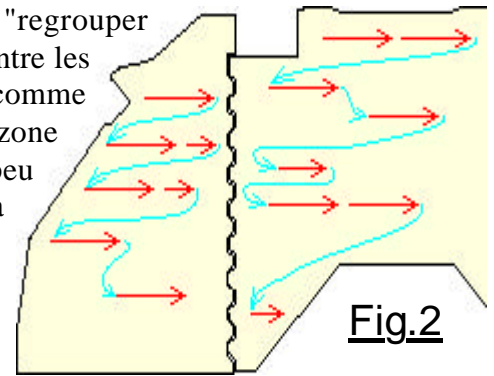


Fig.2

Pour élaborer les check-list fournies avec ce tutoriel, j'ai passé en revue pas moins de 23 documents sur le sujet. Certains sont contenus dans la documentation "native" de NASSP, d'autre sur des forums de discussions, plusieurs sont issues d'Orbinautes confirmés sur NASSP, enfin prises en références celles de la NASA. Mis à part ces dernières, toutes les autres se ressemblent avec des plus et des moins en fonction de leur origine. J'ai donc "recompilé" toutes ces aides pour produire une liste la plus complète possible qui intègre tout ce que pouvaient énumérer ces divers documents. Au fur et à mesure qu'un élément était pris en compte dans la checklist, je l'effaçais des dessins des divers tableaux de bord. Une fois épuisé toutes mes ressources, un grand nombre d'éléments "résiduels" n'avaient pas été pris en compte. *(Probablement par le fait qu'ils sont encore non actifs dans NASSP)* J'ai alors ajouté leur présence dans les Checklist pour tenter de tout configurer, en imaginant l'agencement le plus vraisemblable. Puis, pour finir, j'ai également complété avec des informations personnelles comme l'incidence à constater sur les appareils de mesure quand on commute certains inverseurs, ajoutant à l'action une vérification "objective" de son effectivité, sans oublier ... la fermeture de l'écouille qui n'est généralement pas mentionnée ! Je crois pouvoir donc estimer que les documents que je vous propose, sans pour autant constituer une panacée n'en sont pas moins les plus "complets" que j'ai actuellement à ma disposition. Ils doivent certainement vous permettre de conduire une mission complète sans rencontrer trop de mauvaises surprises.

La scène **00) Vaisseau COLD and DARK.scn** place le CM en "coupure énergie générale". Mais les divers inverseurs des tableaux de bord sont volontairement positionnés dans une configuration qui vous obligera pour leur majorité à en modifier la position. Ce choix a pour avantage d'obliger le pilote à agir, car l'expérience montre que sur une longue liste de vérification l'attention se relâche. Si on doit effectuer des actions, on reste bien plus attentif, sans compter ... que pour l'immersion c'est plus agréable. Trouver le vaisseau "un peu en vrac" n'est pas forcément artificiel. Il y a déjà des heures que des techniciens spécialisés se sont succédé dans la cabine pour effectuer leurs validations personnelles. Ils laissent les systèmes dans des états souvent quelconques, se contentant d'en couper l'alimentation en énergie après sécurisation. La check-list devient alors une DO-list comme en aviation.

INSCRIPTIONS ET MNÉMONIQUES :

Compte tenu de la foultitude d'inverseurs et autres boutons poussoir placés sur les tableaux de maîtrise, les désigner intégralement par leur fonction aurait conduit à la rédaction d'un vrai journal. Il n'y a pas la place. Cette remarque s'applique également aux check-lists qui doivent se montrer les plus concises possibles. La première idée pour faciliter le travail des astronautes a consisté à numéroté les "panels", mais ça vous l'avez déjà remarqué. La deuxième technique consiste à adopter pour les inscriptions de descriptions des divers éléments des sigles, des initiales, des mnémoniques. Si vous voulez à moyen terme bien comprendre vos actions, il importe dès le début d'**oublier les contractions d'écriture et de "penser système"**. Quand vous observez un inverseur avec une information telle que **[G/N POWER]** dans votre tête ne pensez surtout pas "Gé slash Enne" la prononciation des lettres, mais "Guidance and Navigation", c'est à dire les mots qui sont symbolisés par les initiales ou les sigles.

C'est la seule façon efficace d'arriver à retenir leur signification. Autrement dit, chaque initiale ou chaque mot sur le tableau de bord doit signifier pour vous tout un ensemble fonctionnel dont vous avez parfaitement compris l'agencement et sur lequel vous allez agir avec des conséquences si possible prévisibles.

C'est toute la différence entre un simple jeu de détente et un simulateur. Le réalisme dans NASSP a été poussé à l'extrême, alors tout clic ici ou là aura forcément des conséquences à un moment donné ou à un autre ... en général plus tard, ce qui complique singulièrement les choses. Mais rassurez-vous, dans les tutoriels vous allez pouvoir expérimenter tous les systèmes importants d'Apollo, et rapidement cette jungle technologique va devenir familière. Toujours dans le but de vous aider dans vos premiers pas, l'ensemble des tableaux qui sont représentés dans les planches générales sont conformes à la configuration de décollage. Je les ai dessinés dans la position qu'ils doivent occuper au décollage si vous n'avez oublié aucun item dans les listes de préparation de votre monture. Pour clore ce chapitre, je ne peux passer sous

silence les notions de "culture technique". Si vraiment vous voulez comprendre l'intégralité des informations présentes sur les tableaux de bord, il vous faudra faire preuve d'une culture technique très étendue. Par exemple **MODE INTERCOM** avec **PTT** et **VOX** ne sera compréhensible que si vous avez pratiqué en détail les transmissions radio. Le système VOX consiste à déclencher l'alternat qui fait passer de réception en émission par un dispositif



électronique qui utilise les signaux issus du microphone. Dès que vous parlez la station passe en émission. Mais si le bruit ambiant est trop important, on a recours aux alternats PTT qui consistent à changer manuellement de réception à émission au moyen d'un inverseur sur les appareils de transmission, ou d'une gâchette placée sur le microphone. Dans le même ordre d'idée, l'information **BEAM** avec les options **WIDE**, **MED** et **NARROW** concerne les antennes. C'est un vaste domaine, dans lequel les BEAM sont des types particuliers d'aériens dont la bande passante peut être large (WIDE) ou étroite (NARROW) avec des conséquences directe sur le gain et la directivité.

Actuellement les radios sont les éléments d'Apollo les moins développés dans NASSP, donc certaines inscriptions ne seront pas critiques ... on peut oublier provisoirement des notions comme AM, VHF, UHF, Bande S, large bande et faisceaux étroits. Mais il me semble dommage d'intégrer une telle machine que le CM sans vouloir en cerner tous les détails. C'est la différence entre "un vrai pilote" et un "presse bouton" qui se contente de faire clic où il faut parce que c'est écrit dans le livre, mais sans avoir l'envie de savoir pourquoi et ce que son action implique derrière les planches de bord.

UN PETIT CLIC vaut mieux qu'un grand CHOC :

Tant que nous y sommes à découvrir le domaine qui va devenir "notre maison" pendant plusieurs jours, profitez de cette exploration initiale de votre nouvel univers pour cliquer tout azimut. C'est le moment où jamais pour se familiariser avec la philosophie adoptée par les programmeurs de NASSP. D'une façon générale vous allez constater que pour déplacer les cabochons de sécurité on utilise le **BDS** alors que pour agir sur un inverseur ou un bouton poussoir on fait usage du bouton gauche. C'est assez classique. Pour les molettes on cliquera sur leur partie haute ou basse en fonction du fait que l'on veut augmenter ou diminuer la valeur indexée. Pour les molettes horizontales ce sera la zone gauche ou la zone droite qui sera sollicitée. Quand aux boutons rotatifs, qu'ils soient à encliquetage ou à déplacement continu, il faudra cliquer à leur périphérie à l'endroit que l'on désire leur voir occuper.

Certains éléments devant se placer avec précision pourront être manœuvrés finement par utilisation conjointe de la touche **SHIFT** avec le bouton de la souris. Pour ne pas que nous soyons pris au dépourvu durant les vols lunaires, les principaux commutateurs sont détaillés dans le document **CHKLIST Préparation au lancement.pdf** en page 15 et 16. Sans compter que certaines subtilités seront précisées au bon moment dans les tutoriels. En sus, quand il faut conduire une action fine sur une molette ou un bouton poussoir à bascule tel que celui du système EMS par exemple, un rappel est ajouté dans les check-list pour nous venir en aide. Par contre, il me semble que durant votre familiarisation avec les divers tableaux de bord du CM, il serait salubre de cliquer un peu partout pour voir comment réagissent les divers éléments. Vous ne risquez pas de faire des bêtises, car tous les sectionneurs électriques sont coupés. Vous pouvez vous en donner à cœur-joie. Une fois "chez vous", on peut commencer à envisager

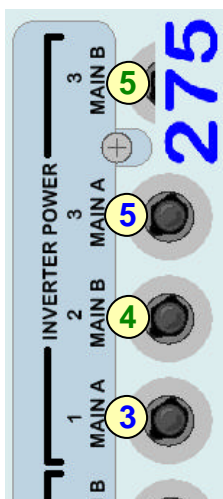
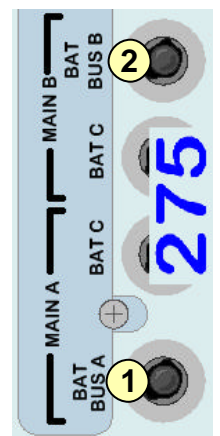
LA GESTION DES ÉNERGIES ÉLECTRIQUES :

Oui, je sais que cliquer sur des inverseurs pour vérifier que des aiguilles indiquent des valeurs nominales sur les instruments de mesure n'est pas spécialement enthousiasmant. On aurait préféré commencer par des manœuvres en orbite, des rendez-vous, des arrimages. Bref, tout ce qui fait rêver. Si c'est pour allumer une lumière, je fais déjà ça à la maison. Ce choix s'est imposé pour plusieurs raisons. D'une part ce sont les exercices qui impliquent en préalable un minimum de savoir-faire, alors qu'effectuer l'extraction du LEM impose de préparer les RCS, les systèmes de navigation etc. Les thèmes de votre apprentissage seront donc abordés en cherchant à varier le plus possible "votre ordinaire", mais avec un souci permanent de progressivité et de révisions fréquentes. Dans ce contexte, on ne va donc pas commencer par titiller le clavier du calculateur de bord. Par ailleurs, l'énergie constitue "le nerf de la guerre". C'est la première entité vitale que l'astronaute doit dominer, sa vie en dépend. Enfin rassurez-vous, toute phase d'apprentissage dans NASSP est passionnante, y compris celle-ci. C'est parti :

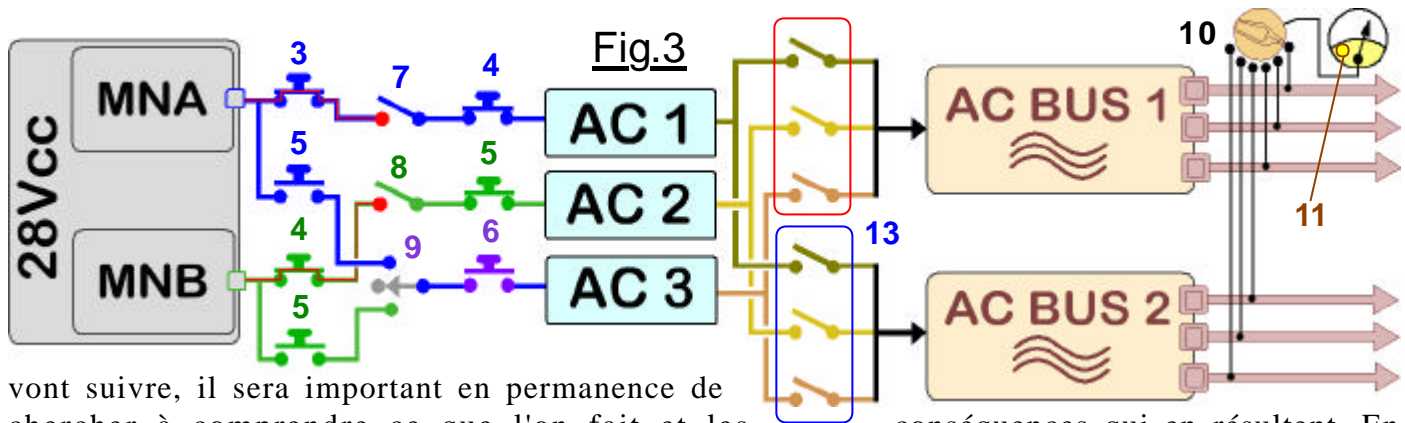
Mise en service des onduleurs de génération de courants alternatifs.

Étrangement, on va commencer par le courant alternatif, alors que globalement c'est le courant continu qui constitue le plat de résistance pour tout ce qui concerne la fée électricité. La raison de ce choix est toute simple : Le refroidissement des piles à combustible impose sa présence, et lors de leur mise en service, comme on va le constater, elles montent rapidement en température. C'est la raison pour laquelle le protocole de Pré-lancement privilégie cet ordre dans les opérations préliminaires au décollage. Chargez la situation **01) Mise en service des piles à combustible.scn** qui nous situe à environ quatre heures du décollage. La tension monte d'un cran, et vous incarnez l'un des techniciens de l'équipe de "préparation lanceur" qui à bord du module de commande est spécialiste et chargé de la mise en fonctionnement des piles à combustible bien que les astronautes savent le faire. Mais en ce moment ils sont très occupés par leur propre préparation. La fusée est donc confiée aux techniciens et aux membres de l'équipe qui partira dans le vol suivant. Le CSM est déjà réveillé et ronronne discrètement, l'écoutille est grande ouverte. Tout autour on s'affaire. Le vaisseau consomme en ce moment toute son énergie sur les ressources du pas de tir par le biais des cordons ombilicaux qui relient la fusée à la tour de lancement. Au travail, ne perdons pas de temps car le compte à rebours est commencé. On compte sur vous ...

Naturellement vous avez déjà consulté avec avidité le document **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** et parcouru les divers chapitres concernant la gestion des énergies électriques. Popol peut vous interroger sans problème ! Ouvrez le manuel de vol **CHKLIST Préparation au lancement.pdf** à la page 04. Et oui, première journée à la NASA et l'on utilise déjà les documents qui seront à bord pour le vol réel. Je vous l'avais dit que tout dans NASSP est passionnant. Chaque fois que dans la Check-list il est question d'un inverseur, un sectionneur, un sélecteur rotatif, n'oubliez-pas de consulter les planches pour le situer dans le vaisseau et en obtenir la fonction. Rappelez-vous l'aparté concernant **Les références croisées** situé en page 10 dans le document de préambules que bien évidemment vous avez entièrement parcouru. Premier items de la check-list, établir la puissance sur les deux bus principaux. On enclenche le sectionneur



1 pour le bus A et le sectionneur 2 pour le bus B. En réalité ce sont des disjoncteurs qui peuvent couper la ligne électrique dans le cas d'une surintensité. Les enclencher (*Terme **armer** dans les check-list*) consiste à appuyer dessus pour les enfoncer et tirer dessus pour les couper. Dans Orbiter on clique dessus avec le **BGS**. Quand ils sont armés, donc enfoncés et "plus loin", ils sont visualisés plus petit. Tirés ils sont montrés plus grand. La différence n'est pas importante, mais parfaitement discernable, donc sans ambiguïté. Puis la ligne suivante **Mise en service d'un onduleur de courant alternatif**. (Page 04) impose de saisir le manuel de vol **SERVITUDES.pdf**, l'item précise que l'on va activer les onduleurs 1 et 2. Comme toute préparation d'une phase de pilotage, il suffit ligne à ligne de respecter les consignes et de contrôler que l'action effectuée engendre bien l'effet attendu. La première action de cette "sous-liste" consiste à armer les sectionneurs 3 et 4. On notera que l'onduleur 3 est conservé en secours. Il présente la possibilité d'être alimenté en courant continu soit par le bus A avec 5 soit par le bus B avec 6. Dans tous les apprentissages qui



vont suivre, il sera important en permanence de chercher à comprendre ce que l'on fait et les conséquences qui en résultent. En particulier, ne pas se contenter de basculer des inverseurs, mais d'aller voir sur les schémas de la documentation techniques ce que l'on a configuré, par où passe l'énergie, ce qui est isolé etc. Par exemple, la Fig.3 ci-dessus reproduit le schéma électrique de la génération de courant alternatif. Chaque fois que par la suite j'incorporerai de tels schémas pour vous éviter d'avoir à trop sauter d'un document à l'autre, je placerai des repères qui seront ceux qui accompagnent les dessins du tutoriel. Il vous sera ainsi plus aisé d'établir le lien. Dans cet exercice, pour l'instant les sectionneurs 1 et 2 ont pour effet d'alimenter en énergie MNA et MNB. Puis, 3 et 4 acheminent le courant continu jusqu'aux inverseurs comme le souligne le tracé rouge. Poursuivons notre Check-list. On trouve l'item :

- 5 : [INVERTER CONTROL] cb n armé.

On doit alors passer sur le tableau 5, rechercher un groupe de sectionneurs nommé [INVERTER CONTROL] et armer ceux relatifs à 1 et 2. Cette action consiste à armer respectivement les sectionneurs 4 et 5. Notez que 6 qui est coupé est de plus grand diamètre que ces deux voisins. Aucun des trois onduleurs n'est en fonctionnement, car les inverseurs 7, 8 et 9 ne sont toujours pas fermés.

- 3 : AC INDICATOR sel BUS 1 position FA > 0V affiché.

La Fig.5 montre en 10 le commutateur rotatif sur la position qui impose à 11 d'afficher la valeur de la tension alternative qui actuellement se trouve sur la phase FA du bus alternatif AC BUS 1. La Check-list prévoit zéro volt, l'aiguille se trouve en butée inférieure comme montré en rouge sur le dessin.

- 3 : [AC INVERTER] sw 1 sur MNA 1.

On passe l'inverseur 7 du tableau 3 sur la position MNA 1. Maintenant l'onduleur AC1 est alimenté en courant continu, mais il ne délivre aucun courant en ligne de sortie car 12 n'est pas fermé.

- 3 : AC BUS 1 sw sur 1 > FA, FB et FC ≈ 115V.

On bascule enfin l'un des inverseurs 12 vers le haut sur 1, "rampe rouge" qui permet d'alimenter à notre guise la ligne AC BUS 1 par l'un quelconque des trois générateurs. Cette fois 11 indique environ 115 V≈ quelle que soit la phase A, B ou C testée par le truchement de 10. Par la sélection de 10 sur les positions B et C on constate que la mise en ligne de l'onduleur par le truchement de 12 affecte les trois phases simultanément. L'onduleur n°3 restera inutilisé durant la mission et gardé en réserve pour le cas où les deux autres seraient en défaut. On dispose d'une sacré marge de sécurité, d'autant plus que seul un onduleur peut accéder à la fois sur une ligne. Par exemple si vous placez à la fois 12 - 1 et 12 - 2 en position haute, seul celui qui était en ligne le premier y restera, l'autre restera isolé. On peut ainsi mettre au repos un onduleur qui surchauffe sans interruption de génération électrique. On met en ligne celui qui ne fonctionnait pas, dès que l'on coupe celui qui était actif l'autre prend la relève et l'électronique de bord ne s'est aperçu de rien. Chaque onduleur est capable d'assumer l'alimentation complète. Si on répartit AC1 et AC2 sur deux générateurs différents, c'est pour des raisons de fiabilité. On va observer dans ce qui suit qu'AC1 et AC2 alimentent des systèmes et des indicateurs différents

Fig.4

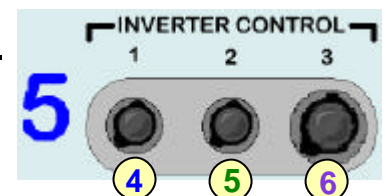
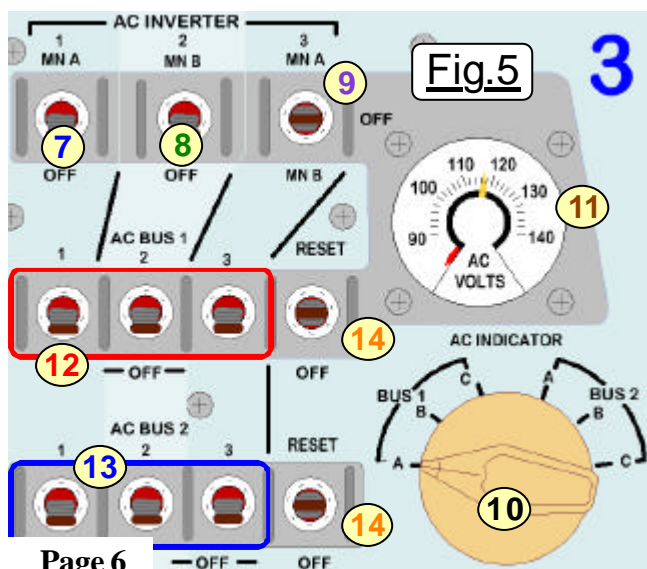


Fig.5



sur le tableau de bord. Ainsi, en répartissant la charge sur deux onduleurs, on en diminue la montée en température, mais surtout, si l'on tombe en panne on ne perd momentanément que la moitié des instruments de mesure et de navigation. Pour le vérifier, coupez le fonctionnement de l'onduleur en repassant **12** en bas sur la position **-OFF-**. Puis, rétablissez AC BUS 1 en observant le comportement des indicateurs **15**. Vous pouvez voir comme montré sur la Fig.6 que seuls les index des rampes jaunes se déplacent vers le haut. Les indicateurs des **réservoirs cryogéniques n°1** sont donc alimentés en courant alternatif par la ligne AC BUS 1. On va mettre maintenant le deuxième onduleur en service, mais au préalable on place **10** sur la position qui impose à **11** d'afficher la valeur de la tension alternative sur la phase **FA** du bus alternatif AC BUS 2. Tension nulle naturellement.

Basculer l'inverseur **8 - 2** en position haute, puis à son tour **13** sur **2**, situé sur la "rampe bleue" qui permet d'alimenter la ligne AC BUS 2. L'indicateur **11** indique environ 115 V \approx sur les trois phases et l'on voit les index grimper en **15** sur les échelles bleus. Les indicateurs des réservoirs cryogéniques n°2 sont donc alimentés en courant alternatif par AC BUS 2.

Sous-système des alertes. (Caution and Warning System)

Domaine non réservé aux ensembles électriques, le CWS surveille en permanence l'ensemble des systèmes critiques du vaisseau. C'est le médecin de la technique qui préviendra l'équipage à la moindre poussée de fièvre ou de baisse de tonus d'une machinerie quelconque. Le tableau des alertes regroupe les témoins lumineux qui indiquent une défaillance ou une situation inhabituelle dans le vaisseau. Certains témoins restent allumés jusqu'à ce qu'ils soient réinitialisés manuellement par un commutateur approprié, d'autres s'éteignent automatiquement lorsque le critère d'alarme ne s'applique plus. Une alerte s'accompagne aussi d'une stridence sonore pour réveiller l'équipage ainsi que de l'éclairage de **MASTER ALARM**, témoin rouge qui matérialise également le bouton poussoir pour couper les décibels stressants. L'inverseur **1** étant sur **NORMAL**, les deux **MASTER ALARM** s'allument quand une erreur survient. En mode **BOOST** qui ne sera utilisé que durant le lancement, le bouton lumineux de gauche est désactivé pour éviter à l'équipage de confondre avec l'éclairage du témoin **ABORT** sur le panneau. Placé sur **ACK** (Acknowledge) les voyants d'état sont désactivés pour éviter un éblouissement de l'équipage dans l'obscurité. L'inverseur **2** sur position **CM**, ne gère que les alertes du CM, celles du SM sont ignorées. Ce sera la configuration à adopter juste avant la séparation CM / SM pour éviter une cascade de fausses alertes. Sur **CSM** les deux modules sont surveillés.

Sur le tableau 5 activez les deux sectionneurs **5**. Quand vous repassez sur le tableau 2 vous constatez que le témoin **C/W** est illuminé. Rien de grave, c'est juste pour nous faire remarquer que l'inverseur **3** est sur **OFF**. Configurez les trois inverseurs de gauche comme montré sur la Fig.7, action qui a pour effet d'éteindre le témoin **C/W** ... mais qui en allume plusieurs autres. C'est parfaitement logique et normal. Comme nous sommes en phase de pré-lancement, nombreux sont les ensembles encore endormis, alors le système des alertes est interpellé en permanence. C'est le petit frère, vous connaissez ? Mais si, il est adorable, mais il vient sans arrêt tirer sur le pan de notre chemise pour que l'on joue avec lui. C'est tellement agaçant et surtout tellement inquisiteur qu'en début de phase de pré-lancement on laisse **3** sur la position **OFF**. Mais avant de le renvoyer dans sa niche, on va expérimenter deux ou trois petits détails. Pour l'instant n'acquiescez pas l'alarme sonore, c'est assez agaçant mais



Ben Môa môa je trouve que ce maître CAUTION qui me hurle dessus sans arrêt et pour rien c'est stressant pour mes chakras. Quand il se fâche tout rouge je me précipite dans le SNM.
SNM : Acronyme NASA qui signifie Sécurité Niche à Môamôa

Houououou lalala, tous ces sandwichs et ces circuits braqueurs qu'il faut positournicoter c'est méga compliqué sans compter le H2O2CO2trucen2 j'y pompe pas un os à moële nom d'un NAGASSP !

Fig.6

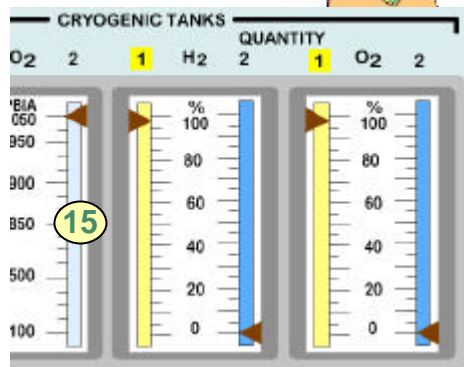
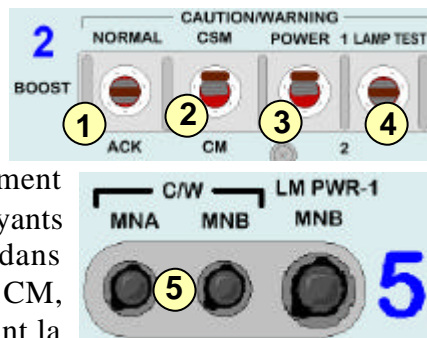


Fig.7



on ne va pas la supporter bien longtemps. Forcez l'inverseur à rappel central **4**

vers le haut puis vers le bas. Il permet de vérifier la bonne santé de tous les témoins d'alerte, y compris ceux des deux gros boutons poussoir du **MASTER ALARM**. Commutez **1** sur **ACK** les témoins lumineux sont désactivés, par contre toute alarme sonore sera déclenchée. On sera ainsi averti d'un problème potentiel. Vous avez déjà compris que cette position **ACK** sera adoptée lors du début de prise en compte de l'incident, et le fonctionnement **NORMAL** une fois celui-ci traité. Coupez le klaxon ... OUFFFFF !

Revenons à nos moutons, c'est à dire à la mise en service de la génération de courant alternatif. Le système des alertes étant toujours actifs avec un tableau plein plein plein de belles lampes de toutes les couleurs allumées, coupez l'alimentation en énergie de l'onduleur 2 en passant l'inverseur **13 - 2** de la Fig.5 en position basse **-OFF-**. L'indicateur **11** accuse bien la perte du fonctionnement de l'onduleur, mais aucune alarme ne se déclenche. La raison réside dans la préparation incomplète du lancement. Nombreux sont encore les sectionneurs qui ne sont pas activés. Par exemple armez les sectionneurs :

- 250 : **cb BAT A PWR ENTRY / POSTLANDING** armé.
- 250 : **cb BAT B PWR ENTRY / POSTLANDING** armé.
- 5 : **[EPS SENSOR SIGNAL]** les 4 **cb** armés.
- 5 : **[EPS SENSOR UNIT]** les 4 **cb** armés.
- 5 : **[BAT RLY BUS]** les 2 **cb** armés.

Ces configurations arrivent plus tardivement dans la préparation du vaisseau, mais nous les anticipons pour achever notre formation sur la génération de courant alternatif. L'alarme se déclenche, et cette fois sur le tableau des alertes le témoin **AC BUS 2** est allumé. Remplacez l'inverseur **13 - 2** vers le haut et acquittez l'alarme avec **MASTER ALARM**. Vous constatez que **AC BUS 2** est toujours allumé. C'est une sécurité, car la présence d'énergie sur les deux bus de courant alternatif est vitale. Pour éteindre le voyant il faut forcer vers le haut sur position **RESET** l'inverseur **14** de la Fig.5 et réarmer l'alarme sonore.




Comme nous débutons par la mise en fonctionnement de circuits électriques, j'ai commenté presque exagérément l'analyse des schémas fonctionnels, car tous les orbinautes ne sont pas forcément des spécialistes dans ce domaine. J'ai également insisté lourdement sur l'usage des sectionneurs, en soulignant l'aspect qu'ils présentent à l'écran quand ils sont armés et lorsqu'ils sont coupés. Par ailleurs, comme c'est la première fois que nous utilisons les Check-lists, je me suis senti un peu obligé de détailler à outrance. Rassurez-vous, pour la suite je vais me montrer moins directif et plus laconique. Vous avez saisi les divers principes de base, les conventions d'écriture. Bref, on peut passer à un enseignement plus "mature". Le moment est venu dans les procédures de lancement de mettre en service ces fameuses piles à combustible. On ouvre le manuel **SERVITUDES.pdf** en **Page 5** et l'on plonge dans le chapitre suivant.

MISE EN SERVICE DES PILES À COMBUSTIBLE :

A partir du moment où elles sont mises en service, elles ne peuvent plus être arrêtées. Autant dire que la chronologie doit avoir vu un déroulement linéaire sans faille et les chances de pouvoir lancer maximale avant de passer à cette phase de préparation. Ceci étant précisé, il ne faut pas dramatiser. Leur fonctionnement est prévu pour de nombreuses journées, et tant que le lanceur est maintenu au sol, elles ne se "vident" pas puisque leur débit est minimal l'ensemble de la fusée étant alimenté par le sol. Attention, ya Popol qui traîne dans les parages. Vous avez lu tout le chapitre **LES PILES À COMBUSTIBLE** dans **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** à la page 11 ? OK, c'est parfait, alors on y va. Repartir de la situation **01) Mise en service des piles à combustible.scn** pour avoir un vaisseau "propre" sans sectionneurs armés non conforme à la procédure standard de lancement. Établissez comme vu dans le chapitre précédent la génération de courant alternatif sur les onduleurs **1** et **2**. Passons à la procédure du manuel de vol dont les trois premières lignes de la Check-list consistent à vérifier que la configuration globale est "sécurisée". Puis on arme deux sectionneurs importants sur le tableau 5 et sur le tableau 250 :

- 5 : **[BAT RLY BUS]** **cb BAT A** armé.
- 250 : **cb BAT A PWR ENTRY / POSTLANDING** armé.

Si vous parcourez toute la Check-list du vaisseau "froid" jusqu'au lancement, nulle part on ne voit ces consignes importantes. Ce n'est pas un oubli, mais comme vous pouvez le constater grand nombres d'actions d'initialisation sont incluses dans les "Sous-procédures" du livret **SERVITUDES.pdf**. C'est la raison pour laquelle elles n'apparaissent pas dans la liste de base. L'étape suivante consiste à valider les 15 sectionneurs représentés sur la Fig.8 qui alimentent les circuits principaux de notre centrale électrique

permettre de démarrer le processus physique d'amorçage des piles. Les sectionneurs **2** ne sont pas du tout concernés par la mise en fonctionnement, mais faire armer tous les sectionneurs est plus simple. En revenant sur le tableau 3 on constate que 9 drapeaux concernant les F.C. sont devenus  alors que leurs état précédent  était carrément contradictoire avec la position sur OFF de leurs inverseurs associés. Mais au fur et à mesure que se déroule le rituel du lancement, la normalité s'installe et le "correct" se met en place. Les neuf drapeaux consignés dans les items suivants étant bien en état  on peut poursuivre en passant sur la position **NORM** l'inverseur de sécurité **3** **FC REACS VALVES** qui valide l'activation des vannes cryogéniques. Comme nous allons répéter trois fois des actions similaires, elles ne sont décrites qu'une seule fois dans la Check-list et mises en évidence par la zone grisée. Chaque pile est alors indicée **1**, **2** et **3**. On va donc réaliser trois fois un travail élémentaire dont la cible va changer d'indice : On

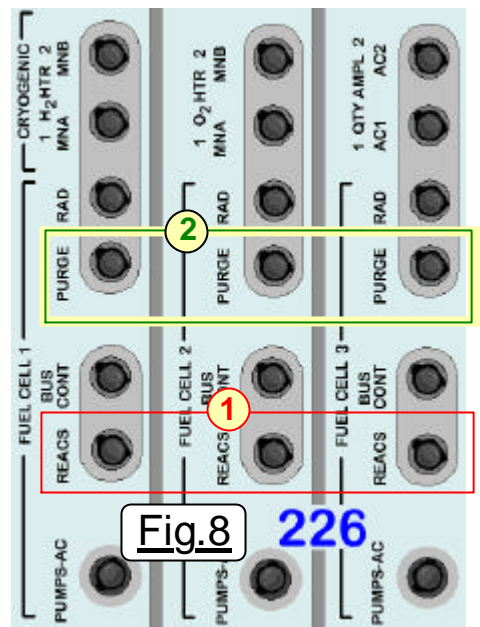


Fig.8

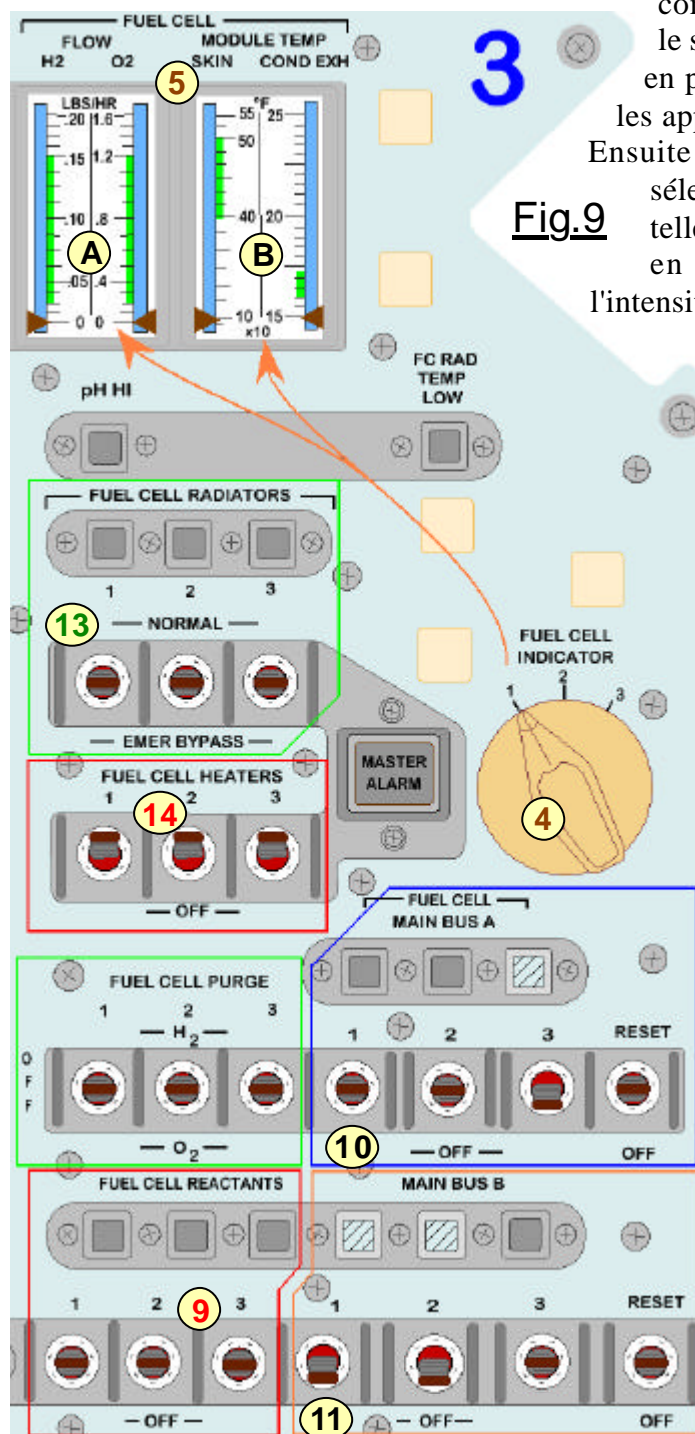
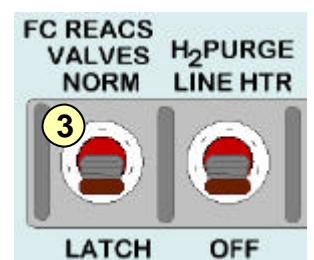



Fig.9


commence à placer le sélecteur rotatif **4** en position **1** pour visualiser sur les appareils **5** l'état de la pile n° **1**. Ensuite (Voir Fig.10) on place le sélecteur **6** sur la position **1** de telle sorte que **7** indique la tension en sortie de la pile n° **1** et **8** l'intensité qu'elle débite. Pour l'heure



les deux indicateurs sont en butée sur la valeur zéro. En forçant un court instant l'inverseur **9** - **1** vers le haut, la pile n° **1** amorce et plusieurs effets se produisent sur le tableau de bord. Le drapeau associé à **9** devient  confirmant le changement d'état des vannes pilotées. Immédiatement la ligne de sortie monte à 28 Vcc mesurés par **7**. Les deux index sur les échelles **A** de **5** se déplacent légèrement vers le haut traduisant une augmentation de flux d'hydrogène et d'oxygènes à travers la pile. C'est précisément ce flux qui traduit un débit de la pile à combustible, ce que confirme l'indicateur **8** qui affiche un débit d'environ 3 à 5 ampères. À partir d'ici l'index de l'échelle de gauche sur **B** de l'indicateur **5** va "grimper" inexorablement traduisant une montée en température de la pile à combustible. Comme on va mettre en service successivement les deux autres unités, nous constaterons qu'au moment d'établir la régulation de température, la première pile sera déjà à une valeur notable. Dès que l'on met en service les pompes, le refroidissement est rapide mais il leur faut du courant alternatif, raison pour laquelle on s'est occupé des onduleurs avant de prendre en charge la génération de courant continu. Placer **10** sur **1** a pour effet d'alimenter **MAIN BUS A** l'une des deux lignes principales en énergie électrique. On pourrait s'attendre à une forte augmentation de flux, mais pour l'instant le réseau électrique est soutenu par les lignes extérieures arrivant de la tour de lancement.

On active à son tour **11** sur **1** pour alimenter **MAIN BUS B** l'autre lignes principales. Dans cette configuration, si le vaisseau était en orbite, il serait déjà autonome pour sa fourniture en électricité. Mais toute la charge de travail étant supportée par une seule unité, la pile correspondante chaufferait beaucoup, sans compter que par saturation de flux, elle ne serait pas capable de fournir la demande lors des phases de la mission qui engendrent de fortes consommations. On va donc démarrer les trois piles et les mettre simultanément en ligne pour répartir le travail. Vous reprenez donc la séquence que l'on vient de détailler pour les deux autres centrales **2** et **3**. De la routine. Mais pour ces séquences simples, il ne faut pas trop traîner, car l'unité **1** s'échauffe ce que confirme **B** de l'indicateur **5** quand on replace le sélecteur **4** sur la position **1**.

Une fois que l'on a réalisé cet exercice, la ligne rouge en dessous de la zone grise devient un rappel pertinent, du coup avec l'habitude ces quelques manipulations ne prennent que quelques minutes et les composants ne subissent pas de surchauffe dangereuse. Il suffit sur le tableau 5 d'aller commuter les inverseurs **12** sur AC1 et AC2 comme montré sur la Fig.10 dans le but de répartir la consommation des pompes sur les deux lignes de courant alternatif. Quand on revient sur l'observation de l'indicateur **5** nous sommes surpris de l'efficacité des systèmes de refroidissement. Comme déjà précisé ci-avant, conformément à la Check-list de mise en service des F.C. on coupe certains inverseurs **10** et **11** pour obtenir la configuration représentée sur la Fig.9 de la page précédente. Puis on traite

• 3 : Trois **sw -NORMAL-** sur **-EMER BYPASS-** -> Trois .

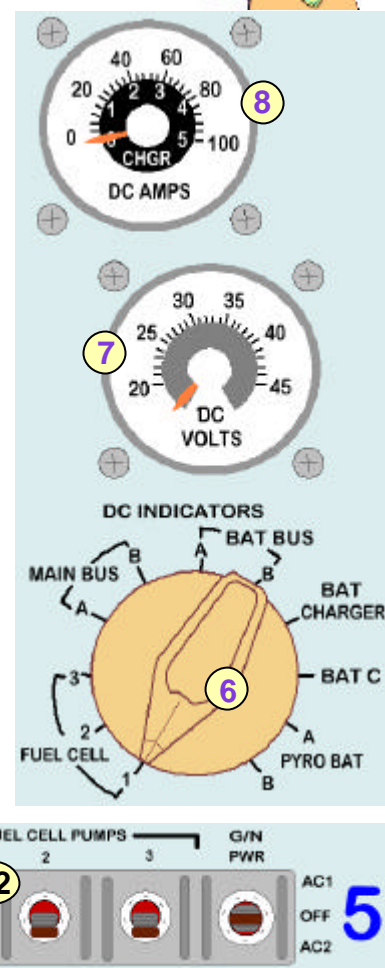
La fusée étant au sol la moitié des radiateurs peut être shuntée par le truchement des commandes **13**. On positionne les deux sélectionneurs rotatifs pour un choix standard d'affichage et surtout on active les trois thermostats **14**. La fusée étant au sol, il règne une température clémente dans le SM. Mais une fois sorti de l'atmosphère, un froid glacial va pénétrer dans la machinerie. Il importe donc de réchauffer à la demande pendant toute la mission. On prévient tout incident au décollage en remplaçant **3** sur **LATCH**. La fin de la procédure consiste à doubler la mesure de sécurité précédente en coupant les trois sectionneurs qui alimentent les valves assurant la mise en fonctionnement des piles. Ainsi il sera impossible de les couper ou de les placer en sommeil par inadvertance.

Pour clore ce chapitre, et à titre de révisions, on recommence la procédure de mise en service du système des alertes. Trois voyants sont allumés. En vol, le plus critique serait **CO2 PRESS** car on constate que le niveau de gaz carbonique devient critique dans l'habitacle. C'est le problème qui avait été celui de l'équipage dans le LM en retour de la mission 13. (*Ce témoin ne sera allumé que si vous avez pas mal traîné lors des manipulations*) Mais c'est un "détail" oublié dans NASSP qui ne tient pas compte du fait que l'écouille est ouverte. Pour les deux autres témoins, c'est encore normal. L'éclairage de **CMC** indique que le calculateur n'est pas en fonctionnement, quand à **SUIT COMPRESSOR** il concerne les scaphandres. Comme l'équipage sélectionné pour s'envoler est en train de prendre son repas et que les passagers de ce vol n'ont pas encore passé leurs combinaisons ... rien à craindre : Fausse alerte ! Rétablissez la possibilité de passer une pile à combustible en veille. Il suffit de rétablir les sectionneurs **1** et de repasser sur **NORM** l'inverseur de sécurité **3**. Puis tout en observant les échelles **A** de **5** le sélecteur **6** étant sur **1**, passez l'inverseur **9 - 1** vers le bas. Le résultat est immédiat : Les indicateurs relatif à la pile n°1 s'effondrent, le flux tombe à zéro et l'alarme retentit. Le témoin **FC BUS DISCONNECT** s'illumine. Redémarrer la pile, il reste allumé. Ce n'est que lorsque l'on rétablit la mise en ligne de la pile avec **MAIN BUS A** au moyen de **10** que la condition qui avait déclenché l'alerte n'est plus valide et que **FC BUS DISCONNECT** se fait oublier.

Cries : "Ho génie" !
(cryogénie, le jeu de mot débile)



Fig.10



EXERCICE SUR LES RCS EN MODE MANUEL :

Habitués d'Orbiter, vous prévoyez un tutoriel uniquement pour apprendre à utiliser les RCS à risque de vous sembler "un peu nune". Ce préjugé assez naturel est en réalité

induit par la facilité scandaleuse avec laquelle fonctionnent les moteurs de nos vaisseaux dans Orbiter. On choisit Translation ou Rotation, et sans autre forme de procès en titillant les touches du pavé numérique nous manœuvrons nos machines avec une facilité exemplaire. Ces choix effectués par les programmeurs de nos vaisseaux virtuels sont parfaitement justifiés dans le cadre d'un loisir ne devant pas rebuter les débutants. Mais avec Apollo, nous mettons les pieds dans un monde technique plus réaliste. L'environnement étant plus complexe, si nous voulons rester "maîtres de la situation", un minimum de formation s'impose, ne serait-ce que pour se montrer capable de comprendre les inscriptions peintes sur les tableaux de bord. Pas convaincus ? Observez la ribambelle d'inverseurs réunis en haut du tableau 8. Vous sentez-vous capable de traduire avec précision leurs inscriptions ?

Savoir interpréter les inscriptions des divers tableaux de bord est une chose, mais là ne s'arrête pas la difficulté de maîtrise des manœuvres de rotation ou de translation. Nous avons à faire à "une machine réelle" avec ses qualités et ses faiblesses. En particulier il ne faut pas espérer un comportement mathématique comme celui du Delta Glider par exemple. Chaque translation va s'entacher de rotations parasites qu'il faudra contrer et bien d'autres détails qui seront abordés dans les chapitres relatifs à l'orientation du vaisseau, aux phases d'extraction du LM etc. Ce premier chapitre n'est qu'un préambule minimal pour évacuer certains aspects liés aux particularités de l'émulation NASSP et la façon d'en contourner les "étrangetés". Il va surtout nous permettre de savoir correctement utiliser les petits moteurs.

Passons rapidement en revue les divers aspects de la machinerie RCS sur un vaisseau de type Apollo. Les tuyères de canalisation des flux gazeux sont immergées dans la froidure du vide sidéral, et surtout les blocs d'alimentation avec leurs valves et injecteurs. Il faut déjà maintenir ces organes à une température suffisante pour éviter leur blocage ou leur obstruction par des phénomènes de solidification des ergols ou de leurs résidus quand ces fluides se transforment en glace. C'est la raison pour laquelle l'une des premières actions à conduire lors de la première orbite consistera à activer le réchauffage de ces organes par les inverseurs 2 : **[SM RCS HEATERS]** sw **PRIM** ou **SEC A, B, C** ou **D**.

MAIS QU'ATTENDEZ-VOUS pour lire attentivement le document **TECHNOLOGIE 1.pdf** à partir de la page 14 pour vous faire une idée globale de tous ces dispositifs ?

Tordre le cou à la vérité historique :

Quelle que soit notre religion, nos principes absolus, par moment il faut composer avec les réalités qui nous enlissent en permanence dans nos contradictions. Un tutoriel sur NASSP qui se voudrait plus rigoureux qu'une démonstration de mathématiques est lui aussi obligé d'accepter des compromis, et en particulier sur ce chapitre des RCS. En effet, si vous vous donnez la peine d'aller consulter les informations de la NASA, vous constaterez, conformément du reste aux documents techniques que je vous propose, que la configuration des inverseurs du tableau 8 doit être celle de la Fig.11 qui montre que l'on alimente les divers Quads à la fois sur **MNA** et sur **MNB**.

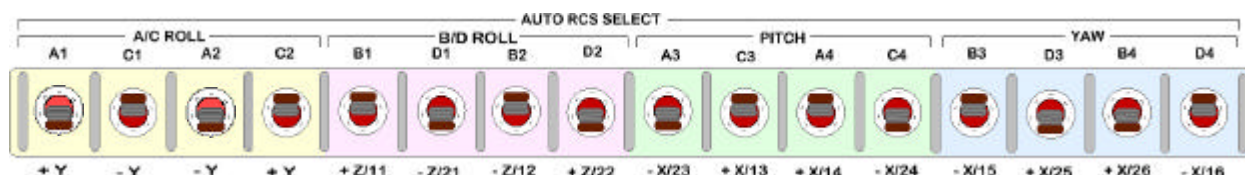


Fig.11

Par contre, si vous allez vérifier le contenu du document **SERVITUDES.pdf** en **Page 24**, vous observerez que pour le mode translation (*Qui reste compatible avec le mode rotation, l'inverse n'étant pas vrai*), tous les inverseurs sont basculés en position haute. Cette configuration n'est pas conforme aux objectifs de sécurité de la NASA. Si en cours de manœuvre le bus principal **MNA** disjoncte on perd totalement la possibilité de contrôler le vaisseau. Il faut alors tout basculer sur **MNB**, et durant ce temps on risque une collision avec le S IV-B ou le LM situés dans notre voisinage.

Si j'ai été poussé à tordre ainsi le cou à la rigueur historique dans la Check-list de mise en service des RCS, c'est que j'ai constaté que basculés sur **MNB** les RCS ne fonctionnent pas en mode

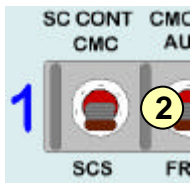
translation. Ce n'est pas tragique, cette "tricherie" permet de faire fonctionner normalement les moteurs. Alors on acceptera avec bonne humeur cette petite adaptation.

Chauffage et consommation électrique :

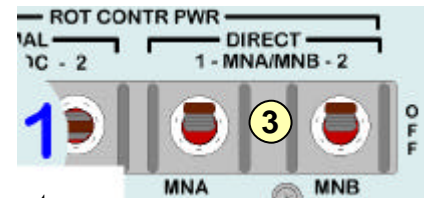
Réchauffer les moteurs des RCS est impératif dès la mise en orbite d'attente pour les missions qui vont vers la Lune, car dans "peu de temps" il faudra effectuer la T.L.I. Mais une fois sur des rails, on ne va plus manœuvrer durant de longues périodes. Alors pour économiser l'énergie électrique, il n'est pas aberrant du tout de couper les réchauffages des RCS. On va déclencher sur le moyen terme une alerte, mais il suffira d'en couper l'alarme sonore. Les témoins jaunes seront là pour nous rappeler qu'avant d'envisager une nouvelle manœuvre il faudra anticiper et rétablir le dégivrage au moins vingt minutes avant cette dernière. Et oui, quatre petits témoins jaunes consomment moins que des résistances chauffantes !

QUELQUES EXERCICES ÉLÉMENTAIRES :

Avant de nous risquer à des manœuvres précises à proximité du LM, nous allons effectuer quelques exercices simples pour commencer à appréhender le comportement du CSM. Ensuite, nous pourrons prétendre à du "plus charnu" et passer aux apprentissages des chapitres qui suivent. Chargez la scène **02) Apollo 7 pour expérimenter les RCS.scn** qui nous place face au S IV-B du vol AS 205. Cette mission ne comportait ni de LM comme charge utile, ni de dispositif d'arrimage entre CM et LM. Par contre, le S IV-B est muni d'une cible identique à celle du LM pour que l'équipage de la mission 7 puisse valider la fonctionnalité des RCS du SM. La scène chargée nous positionne idéalement à environ 5 mètres du contact radar. Nous sommes immobiles en relatif et surtout le S IV-B est en KILL ROT ce qui va nous faciliter grandement les observations. Étant en PAUSE passez en vue extérieure et baladez librement votre "caméra" pour bien juger la situation en cours, puis repassez à bord. Vous pouvez vérifier que les réchauffages des Quads A, B, C et D sont en service. Le mode translation est correctement validé en **1**, ainsi que l'inverseur **2** qui doit être sur **SCS** pour valider les translations. Enfin en **3** la configuration qui permet d'effectuer les rotations en manuel est bien initialisée. On observe également que sur le tableau 2 les 16 drapeaux relatifs à la pressurisation et à



la distribution des propergols affichent tous . Nous pouvons commencer à titiller le mini-manche ou en fonction de vos préférences les touches du clavier. Premier constat, la touche **1 num** réagit correctement. Laissez Orbiter en mode ROTATIONS. Nous détaillerons le comportement des FDAI dans des chapitres ultérieurs, pour l'instant nous allons nous contenter juste d'observer le comportement des moteurs d'attitude. En utilisant les touches **4 num**, **6 num**, **8 num**, **2 num**, **1 num** et **3 num**, nous pouvons ouïr les Pchitt désagréables des divers moteurs. Toute sollicitation engendre une rotation. Coupez l'alimentation en propergols sur les Quads B et D qui entre autre génèrent le lacet : **2** : **PRIM PRPLNT sw B** et **sw D** placés sur **OFF**. Les quatre drapeaux affichent . Maintenant les touches **1 num** et **3 num** restent sans effet alors que roulis et tangage sont toujours opérationnels. Amusez-vous à rétablir les orientations en lacet et à bloquer le tangage, puis le roulis. Une fois que vous aurez parfaitement assimilé la géométrie des Quads et ses conséquences sur le comportement du vaisseau, rétablir le fonctionnement sur tous les moteurs.



Autant dire qu'avec ces diverses manipulations conduites sans aucun souci de notre environnement nous avons certainement dérivé de notre encombrant voisin. Ce n'est pas important dans le cadre d'un exercice élémentaire dans lequel nous ne nous préoccuons en rien d'éventuelles collisions. Mais profitez bien de cette liberté. Dans les prochains chapitres il en sera tout autrement. Passez en vue extérieure et agissez encore sur les diverses touches de rotation. Observez les jets de gaz brulant. Vous constaterez que pour cabrer et glisser en lacet seuls deux moteurs par sens de rotation sont activés. Par contre, pour le roulis les quatre Quads participent. Le taux de roulis sera donc deux fois plus énergique que pour les rotations transversales. C'est voulu. En effet, les mouvements de roulis imposés par le CM au LM sollicitent bien moins les verrous d'arrimage que des mouvements transversaux. Il est donc naturel d'utiliser le plein potentiel en roulis. Pour vous rendre compte de cette remarque, il suffit d'effectuer un KILL ROT avec le bouton **KLR** du MFD de gauche. N'oubliez-pas de désactiver cette fonction, puis en **5** passez le calibre d'**ERR RATE** en position centrale pour diminuer la sensibilité des aiguilles indiquant les taux de rotation.

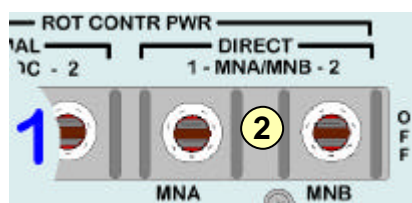
1 num durant environ six secondes pour obtenir une déviation similaire sur l'index du bas.

C'est tout bon pour les rotations, vous avez tout compris. On peut passer à l'examen des translations manuelles. Commencer par effectuer un nouveau KILL ROT par "tricherie MFDesque". Avec la touche **/ num** passez le CSM en mode TRANSLATION. Vous pouvez vérifier que les six mouvements sont inertes. Déplacez la vue sur le tableau 8 et placez les 16 inverseurs de **[AUTO RCS SELECT]** sur la position haute qui alimentent les valves sur le bus **MNA**. Cette fois les six touches du pavé numérique engendrent une réaction. En passant en vue extérieure vous pouvez constater que les translations latérales et en hauteur ne font intervenir que deux moteurs à la fois. Par contre, les translations longitudinales X'X sollicitent les quatre Quads. Avancer et reculer sera donc deux fois plus nerveux que monter, descendre ou glisser latéralement. Le MFD de droite est sélectionné sur les radios pour pouvoir facilement couper le radar de proximité qui commence à devenir casse-pieds.

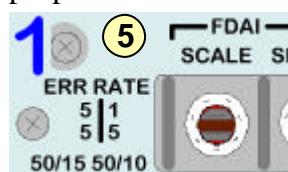
Si nous étions accouplés au LM, nous constaterions que toute translation en hauteur s'accompagnerait d'une rotation notable en cabrage et que toute translation latérale engendrerait du lacet. Ce phénomène est naturel car le centre de gravité du train se trouve très en avant des RCS. Repositionner **ERR RATE** de **SCALE** du FDAI sur **511** pour retrouver le maximum de sensibilité. (*Position haute*) Puis, suite à un KILL ROT préalable, effectuez par exemple une translation d'environ 10 secondes dirigée vers l'arrière avec **9 num**. Vous pouvez constater que le vaisseau part légèrement en roulis. Pourtant si vous passez en vue extérieure il y a bien symétrie dans le fonctionnement des moteurs. La raison en est simple : Le CSM n'est pas un solide homogène. Les masses à l'intérieur ne sont pas uniformément réparties. Le centre de gravité ne se trouve donc pas au "centre de poussée". Par ailleurs, il faudrait que les quatre moteurs poussent durant toute leur sollicitation avec une intensité rigoureusement égale. C'est de la mathématique, pas de la technologie. On peut en conclure que NASSP cherche à émuler tous les systèmes d'Apollo, en introduisant de surcroît les conséquences d'une technologie imparfaite ... mais d'un comportement réaliste et crédible. Vous constaterez plus tard que ces mouvements parasites vont singulièrement compliquer le pilotage de proximité pour les manœuvres d'accostage, sans compter qu'ici notre cible n'est pas affectée de rotation, mais qu'il pourra aussi y en avoir un "chouilla" générant de sérieuses complications supplémentaires. Ya du taf en perspective !

Plaqer les ergols vers les circuits de sortie : La phase ULLAGE.

Encore une facette du vol orbital totalement éludée sur des machines hypothétiques telles que les DG. Ce thème est abordé ici car il met en œuvre les RCS mais de façon plus concise que pour effectuer des rotations et des translations en manuel. Commencer par consulter le document **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** en Page 24 pour voir de quoi il retourne. Chargez la scène **02) Apollo 7 pour expérimenter les RCS.scn** pour repartir sur de bonnes bases. On va commencer par annuler entièrement la possibilité de piloter les RCS en manuel.



Donc, une fois la technologie décrite dans la documentation assimilée, remplacer les 16 inverseurs de la zone **[AUTO RCS SELECT]** sur la position centrale **OFF**. Puis en **1** annuler les translations et en **2** la faculté d'agir en mode manuel. Seule la fonction bascule de **/ num** reste utilisable. Bien que ce soit contradictoire avec le mode ULLAGE qui fonctionne par translation sur X'X, laisser la configuration en ROTATION. Sur le tableau 8 on coupe les quatre sectionneurs **3** qui alimentent le contrôle direct, puis on enfonce les deux sectionneurs **4** qui alimentent les valves du dispositif actuellement en cours d'expérience. Pour terminer la préparation de cet exercice on replace **5** en position

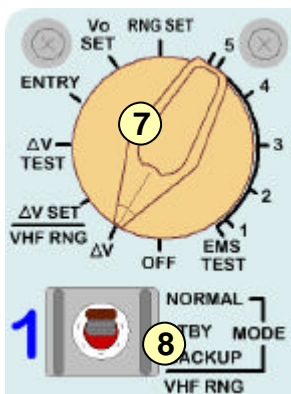


centrale pour adapter la sensibilité des FDAI aux observations à effectuer. Un petit clic sur **KLR** du MFD pour



annuler toutes les rotations, un deuxième pour annuler cette fonction, nous pouvons "ULLER". Bien que la poussée initiale qui permet de plaquer les ergols avant d'allumer le SPS soit automatique, on peut manuellement l'activer avec le bouton poussoir **6** ce qui sera impératif en préambule d'une utilisation manuelle du moteur orbital. Quand vous cliquez sur **6** vous entendez le bruit caractéristique

de la petite motorisation. Placez le commutateur rotatif **7** sur la position ΔV et l'inverseur **8** sur **NORMAL**. Quand on clique sur le bouton poussoir **6** on constate sur **ind** ΔV / **RANGE** que le vaisseau gagne un peu de vitesse longitudinale vers l'avant. Cette augmentation n'est pas très rapide, mais traduit une accélération sur X'X. C'est précisément cette légère poussée qui permet aux ergols de se plaquer "par inertie" vers l'arrière du vaisseau où se trouvent les nourrices du SPS. Appuyez sur la touche **[MAJ]** de gauche et cliquez sur **6**. Vous pouvez libérer le bouton de la souris, il reste enfoncé. Comme vous avez déjà lu entièrement la documentation sur NASSP vous saviez déjà qu'**utiliser [MAJ] sur un bouton instable quelconque le maintient en position jusqu'à ce que l'on clique à nouveau sur ce dernier**. **[MAJ]** remplace en fait l'un de nos équipiers qui nous assiste durant le vol. La poussée ULLAGE étant activée, passer en vue extérieure. Vous constaterez que les quatre moteurs RCS qui poussent vers l'avant sont activés. En conclusion, ULLAGE pour fonctionner en manuel n'impose que les deux sectionneurs **4**, le poussoir **6** et naturellement les 16 valves de pressurisation et d'alimentation en ergols. Revenir dans le vaisseau. Vous observez que cette faible poussée modifie un peu la vitesse longitudinale du CSM, mais qu'elle s'accompagne d'une très légère rotation parasite, ce qui n'est pas nouveau. Ce n'est pas tragique car la déviation est faible et surtout la poussée initiale à l'allumage du SPS ne dure que quelques secondes. Coupez la poussée en cliquant sur **6** et effectuez un nouveau KILL ROT, on va se faire une petite révision :

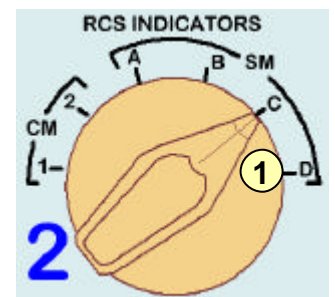


Coupez l'alimentation en ergols du Quads B avec **2** : **PRIM PRPLNT** sw **B** sur **CLOSE** et vérifier que ses deux drapeaux affichent bien . En vous remémorant la position des divers Quads autour du SM, devinez ce qui va se passer quand vous aller appuyer sur le bouton **DIRECT ULLAGE**. Pour vérifier votre parfaite appropriation de la théorie, il suffit durant 10 secondes de cliquer sur **6**. Et bien oui, comme à droite le Quad B ne pousse plus il y a dissymétrie et le vaisseau accélère, mais se met aussi à tourner notablement à droite. En conclusion de ce petit test, si au cours d'une manœuvre de ce type le train spatial se met à tourner

de façon anormale : Coupez tout et analysez posément la situation. En général, soit un RCS n'a pas été correctement initialisé, soit il vient de tomber en panne ou tout simplement c'est la fin des réserves d'ergols ou d'hélium qui lui étaient attribuées, ses réservoirs sont vides.

Un petit coup de mou.

Sachant que dans les entrailles aussi complexes que celles d'Apollo une panne peut surgir à tout instant, il importe de bien préparer l'équipage à toutes les éventualités. Ce petit exercice simpliste a pour but de nous faire analyser le comportement de la pressurisation des réservoirs RCS sur dysfonctionnement de cette dernière. On va simuler un problème latent et vicieux sur le Quad C pour changer. Pour avoir des conditions identiques chez vous il nous faut une fois de plus recharger la situation **02) Apollo 7 pour expérimenter les RCS.scn** et commencez par établir les conditions d'utilisation de ULLAGE en manuel détaillées dans le chapitre précédent sans oublier la petite tricherie KILL ROT. Pour surveiller la motorisation concernée par cette manipulation on place le commutateur rotatif **1** sur la position **SM C**. Puis, nous allons créer une perte de pressurisation sur le Quad inférieur en cliquant sur les inverseurs :



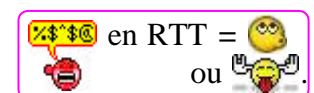
2 : **[SM RCS] HELIUM 1** sw **C** sur **CLOSE**. Son drapeau passe en .

2 : **[SM RCS] HELIUM 2** sw **C** sur **CLOSE**. Son drapeau passe en .

Cliquer sur le bouton **DIRECT ULLAGE** en utilisant simultanément sur la touche clavier **[MAJ]**. Un rapide coup d'œil extérieur montre que les quatre moteurs fonctionnent normalement, tout au moins en apparence. Oui je sais ... on traverse le S IV-B, c'est de la négligence, mais comme l'instructeur Popol qui généralement explose tout rouge est en RTT en ce moment, alors on en profite.

On constate immédiatement que le curseur de la Jauge **2** descend traduisant une baisse de pression. (Voir Fig.12 page 15) Sans avoir à attendre très longtemps l'alarme sonore se déclenche et le témoin s'allume ce qui peut signifier deux choses :

- **2** : **[SM RCS] ind TEMP PKG** < 75°F ou > 205°F.
- **2** : **[SM RCS] ind PRESS FUEL** < 145 PSIA ou > 215PSIA.



Page 14 Dans notre cas c'est la pression qui sur les jauges est en défaut.

Coupez immédiatement le fonctionnement des RCS pour analyse. Si on commute **1** sur les trois positions des autres Quads on peut vérifier que leurs pressions sont nominales ce qui est bien entendu normal dans notre contexte. Par contre comme c'est C qui a logiquement baissé en puissance on devrait constater une rotation parasite en tangage à piquer. Hors on observe que le vaisseau est parti en roulis parasite avec la même intensité que pour un fonctionnement normal des quatre Quads. Le phénomène de dissymétrie n'est donc pas pris en compte dans NASSP. Repasser les jauges sur **C**. Quand on rétablit l'alimentation des valves d'hélium la pression redevient immédiatement nominale.

Un petit coup de froid.

Pour achever les petits exercices simplistes relatifs aux RCS du module de service nous allons voir un peu comment évolue la température quand on coupe les réchauffages. Recharger la situation précédente pour avoir au départ une température nominale sur tous les groupes de moteurs. Coupez l'alimentation des quatre Quads en plaçant les inverseurs 2 : **[SM RCS HEATERS]** sw **PRIM** ou **SEC A, B, C** ou **D** sur la position **OFF**. Faire un RESET sur le chronomètre de mission et le mettre en fonctionnement. Pour constater une baisse significative de température en **3** il faut un temps considérable. Donc, si l'on ne veut pas avoir à relancer l'accélération temporelle 10x en permanence il faut empêcher les multiples messages vocaux qui repassent en écoulement unitaire du temps. Il suffit dans le dossier **C:\ORBITER NASSP\Sound\ProjectApollo** de renommer <Apollo 7> en <! Apollo 7> par exemple. Ainsi seuls les bruits ambiants de cabine seront audibles. Plus de radio blabla bla, plus de coupure de 10x. Pour que la température chute jusqu'à 75°F et ne déclenche une alarme il faut environ deux heures et demi. Par contre, une fois le réchauffage mis en service en moins de 13 minutes la normale est retrouvée. Si vous commutez les jauges sur les RCS du CM qui ne sont pas chauffées depuis le début de la mission, vous pouvez vérifier que la température avoisine les 75°F et ne descend pas en-dessous. Cette constatation justifie le fait que pour des raisons d'économies d'énergie il est préférable de couper l'alimentation en énergie des résistances chauffante, sachant qu'environ 20 minutes seront suffisantes pour rétablir le fonctionnement nominal des moteurs. *(Remarque concernant mon expérience : Le Quad A ne baisse pas en température. Orienté vers le Soleil ???)*

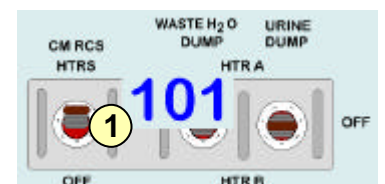
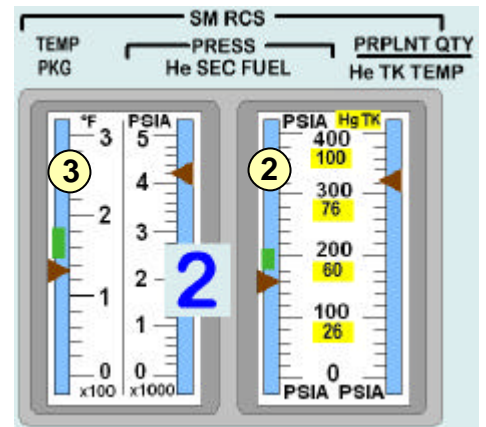
Ha, au fait, juste une petite parenthèse : Vous avez eu tort de 🤪, Popol est au courant. Je crois que ça va chauffer pour vos RCS !!!


Vous êtes parfaitement en droit de vous demander pourquoi nous avons utilisé une situation avec face à nous le S IV-B alors qu'à aucun moment nous n'avons pris en compte sa présence plutôt gênante. Il aurait été facile de créer une autre scène dans laquelle il serait enlevé ... mais j'avais surtout envie de vous faire le coup du Popol qui sait tout. Retenez par contre que cette situation sera idéale pour réviser dans Apollo 7 les manœuvres d'approche une fois que vous aurez appris à effectuer l'arrimage dans le chapitre qui décrit l'extraction du LM dans Apollo 11. Il vous sera alors possible de reprendre l'exercice avec cette scène, sachant que vous devez opérer un rapprochement presque à toucher pour valider le pilotage du CSM. Mais Apollo 7 n'a pas de sonde : Attention à la collision !

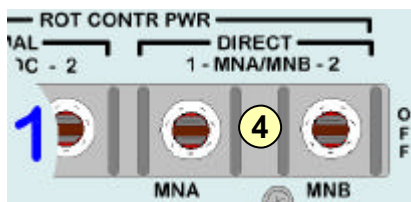
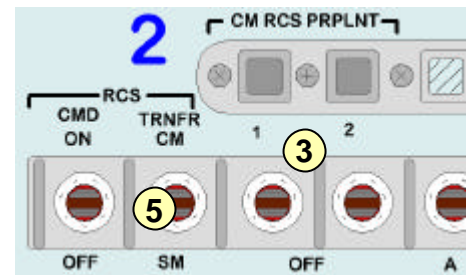
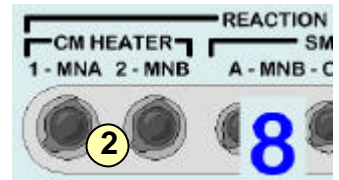
Les RCS du module de commande.

Mis à part le fait que seules les rotations sont possibles, leur utilisation est en tout points analogue à celle des moteurs du module de service. Pour ces petites expériences élémentaires nous allons charger la situation **03) Tester les RCS du CM.scn** qui nous isole en orbite juste après une séparation du SM. Ce dernier est enlevé de notre environnement "pour épurer". Enfin certains sectionneurs sont correctement enclenchés pour mettre en service la batterie C et ainsi nous fournir assez de courant électrique pour faire joujou avec les Pchitt Pchitt. N'oubliez pas qu'une fois le CM en autonomie il n'y a plus la centrale électrique (*Les piles à combustible*) pour recharger les batteries. Donc autonomie restreinte ! Vous devinez déjà que dans les check-lists le réchauffage sera prévu avec anticipation pour effectuer la rentrée atmosphérique. Il faut passer sur le tableau 101 et activer en **1** l'inverseur **CM RCS** en position **HTRS**. Mais ce n'est pas suffisant. Il importe également sur le tableau 8 d'activer les deux sectionneurs **2** pour alimenter en énergie électrique les résistances chauffantes. Je suppose que ces détails relèvent pour vous d'un pléonasme, car je sais que vous avez déjà anticipé ces exercices et ouvert en

Fig.12



page 18 le chapitre [TECHNOLOGIE APOLLO.pdf](#) et que vous connaissez parfaitement l'agencement des RCS du CM. Notez qu'à ce stade de préparation du vaisseau vous pouvez vérifier que la touche **/ num** reste sans effet car les moteurs ne sont pas encore opérationnels. Pour qu'ils fonctionnent il faut pressuriser les réservoirs ce qui se fait en basculant momentanément en position haute les deux inverseurs **3**. Ils sont à rappel central, mais les deux drapeaux associés juste au dessus passent en  et nous assurent que les groupements **1** et que les groupements **2** sont correctement mis en pression. Mais les touches **1 num** à **8 num** restent toujours sans effet. C'est qu'il faut encore en **4** basculer au moins l'un des deux inverseurs pour activer électriquément les valves des RCS. Cette fois on peut enfin tournicoter à notre guise. Passer en vue extérieure pour observer que les moteurs des deux groupes **1** et **2** sont bien en fonctionnement. Cliquez un court instant sur la position **TFNFR SM** de l'inverseur **5**. Silence ! On peut s'escrimer avec rage sur le pavé numérique, les RCS restent sans effet. On a tout simplement transféré les commandes au SM. Quand on sépare les deux modules, le contrôle est automatiquement passé au CM, donc rien à faire. Mais nous ne sommes jamais à l'abri d'avoir par inadvertance cliqué sur **TFNFR CM**. Donc si les RCS ne fonctionnent pas penser à rétablir la situation avec **TFNFR CM**. Allez, coupez maintenant le fonctionnement du groupement 2 en cliquant en **3** sur position **OFF**. Cette fois en vue



extérieure vous pouvez observer qu'un seul des deux moteurs pour le mouvement activé ne réagit aux commandes. Tester pour les six rotations. De plus, pour la profondeur, que l'on cabre ou que l'on pique on induit un roulis parasite, et toujours de même sens. Vous avez deviné que le moteur valide étant décalé, les poussées ne sont plus dans le plan de symétrie. Le vaisseau reste pilotable, mais en mode dégradé. C'est tout bon de chez pénard. Nous savons mettre en fonctionnement les moteurs de manœuvre aussi bien sur le CSM que sur le CM. Nous pouvons nous réjouir et passer à des apprentissages plus techniques.



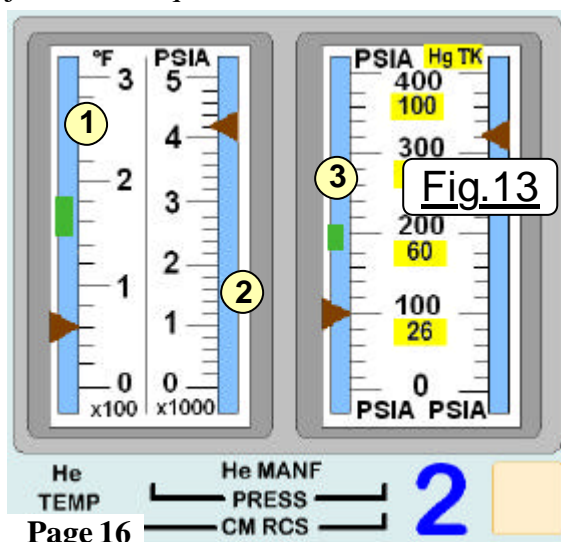
Vous réjouir bande de nazes, vous ne pensez qu'à ça. Pour me faire des dans le dos vous êtes les champions, mais yen a pas un qui remarque que le CM est en orbite pour toujours. Pas de quoi pavoiser bande de nuls !!!!



N'a pas l'air content Popo !

Pression des fluides pour les RCS du module de commande.

Normalement, quand on sépare le CM du SM, (*Ou lors d'un abandon de mission au décollage*) si la logique d'allumage de la charge explosive est engagée, la pressurisation des ergols des RCS du module de commande sera déclenchée. En vol de croisière standard, si on tourne **1** de la page 14 sur la position **CM 1** ou **2** on constate que les valeurs (*Représentés sur la Fig.13*) sont respectivement de 600, 4200 et 100 PSIA sur les indicateurs **1**, **2** et **3**. Pour séparer le CM du SM, les lignes pyrotechniques sont forcément validées. Au moment de la séparation, je constate que des valeurs se modifient et deviennent respectivement 600, 3400 et 300 PSIA sur les indicateurs **1**, **2** et **3** ce qui suggère quelques remarques :



- * L'inverseur **4** semble sans effet actuellement, car systématiquement la percussion pyrotechnique se déclenche.
- * En **1** la valeur ne change pas, ce qui est normal car il n'y a aucune raison pour que la température ne soit modifiée.
- * En **2** la pression diminue, je ne comprends pas pourquoi, si vous trouvez une explication je suis preneur.
- * Par contre en **3** la pression passe de 100 à 300 PSIA ce qui est normal, mais pourquoi cette valeur de 100 PSIA avant la séparation en vol standard ?

Bref, NASSP fait de la résistance et ne livre pas tous ses secrets facilement. Une forte part d'inconnue plane encore sur l'intégralité du tutoriel, il vous reste encore une belle route pour mettre à contribution votre sagacité ...

NOS PREMIERS PAS AVEC LE DSKY :

Concrètement, après avoir fait connaissance avec les RCS du module de service et ceux du module de commande, il aurait été logique de continuer "sur notre lancée" et passer au chapitre relatif à la mise en service du SPS, le gros moteur orbital du module de service. Mais quoi que l'on veuille faire à bord de la capsule Apollo, il faut plus ou moins passer par l'usage du calculateur de bord. Le SPS n'échappant pas à cette règle, on va faire connaissance avec le seigneur des lieux : le fameux CMC.

C'est quoi ce DSKY dont il est question dans le titre, un nouveau parti politique ?

C'est le petit bout de la lorgnette, le minuscule trou de serrure par lequel on dialogue avec le calculateur de bord, ce qui nous amène à ouvrir une parenthèse concernant ce précieux système informatique. En fait, ce n'est pas vraiment du calculateur dont il faut parler, car lui-même n'est qu'un maillon d'une chaîne très complexe et totalement enchevêtrée :

Les systèmes de navigation d'Apollo.

Non, pas question ici d'aborder ce thème assez complexe qui va nécessiter plusieurs chapitres et de nombreux exercices. C'est bien trop prématuré pour l'instant. On va juste effleurer le sujet pour en arriver rapidement au DSKY, le but étant dans cette "leçon" d'apprendre à dialoguer avec cet interlocuteur binaire ... par l'entremise du DSKY.

Pour prendre un raccourci, le système de guidage, de navigation et de pilotage automatique (*GNCS*) regroupe des ensembles aussi variés que les gyroscopes, la plateforme inertielle, la motorisation RCS et SPS, les optiques astronomiques et bien d'autres éléments encore. Le maître après Dieu qui organise la vie de tous ces éléments est l'ordinateur de bord d'Apollo nommé CMC ou AGC (*Apollo Guidance Computer*) en fonction des circonstances. Comme tout ordinateur, il reçoit des informations du monde extérieur, (*Les capteurs tels que gyroscopes, accéléromètres etc*) et sous contrôle d'un programme "circonstancié" agit sur les moteurs, sur les indicateurs et divers appareils de mesure. Comme pour tout ordinateur, on instaure un dialogue entre l'homme et la machine par le truchement d'écrans vidéo en relief tactiles, un clavier à détection psycho-infrarouge ... ou plus généralement d'un trio clavier, écran, souris. Le DSKY c'est ça et uniquement ça : Un écran, un clavier et pas de souris ! On peut oublier le relief, la couleur et les détecteurs de pensée neuro truc. Dans les années soixante, le mot ordinateur venait à peine d'être inventé et les tubes cathodiques venaient juste d'être supplantés par les transistors.

Le clavier et l'écran de l'ordinateur d'Apollo.

Communément appelé le "DSKY" par contraction de Display and Keyboard, le clavier et l'écran de l'ordinateur d'Apollo étaient réduits à leur plus simples expressions : Quelques touches, quelques afficheurs à sept segments, et enfin, pour "faire sérieux", une poignée de témoins d'alertes. Et pourtant, par ces quelques organes rudimentaires et discrets sur le tableau de bord, il fut possible et sans problème aux astronautes d'engager une foule de programmes tous plus faramineux les uns que les autres. Nous verrons au cours de notre formation la prouesse ainsi réalisée à l'époque par les ingénieurs et les professeurs du MIT. On va dans ce chapitre uniquement apprendre à se servir de ce couple Clavier/Écran, et surtout bien *détailler les conventions d'écriture que je vais utiliser tout au long des tutoriels et dans les diverses Check-lists* mises à votre disposition.

Compte tenu des excellents documents déjà disponibles en français sur notre source favorite de ressources orbitériennes, je ne vais pas ici reprendre les superbes descriptions et les magnifiques procédures d'utilisation du DSKY que bien naturellement vous avez déjà été glaner sur

<http://www.orbiterfrancophone.com/index.php?disp=tutorials>

Commencez par admirer les tutoriels rédigés par notre "Maître des liens" **Coussini** que je remercie au passage pour ces magnifiques pages qui donnent vraiment envie d'appréhender ce fameux DSKY :

- **Objectif lune pour Apollo.** (*Un incontournable qui fait rêver*)
- **Présentation du DSKY.** (*À lire impérativement*)
- **Éventuellement NASSP, préparatifs avant le lancement.** (*Je n'aborderais pas ce chapitre dans mon tutoriel déjà trop volumineux, raison de plus pour savoir que ça existe et qu'on peut se faire plaisir avec cette facette spécifique des vols lunaires*)

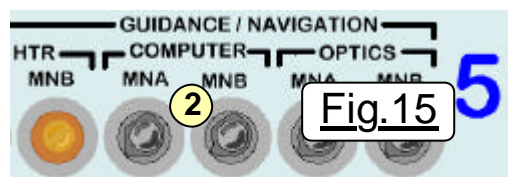
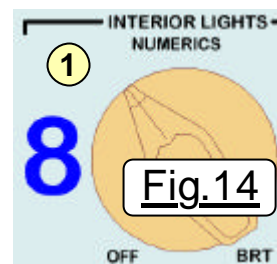
Je mentionne au passage l'excellente traduction qui avait été faite par **JacquesMomo** et qui ne se trouve plus en ligne me semble t'il. Je suppose que c'est parce qu'elle n'est plus très utile car relative à la version 5.2 de NASSP. Quoi qu'il en soit, elle m'a été bien utile dans mes disputes avec le CMC. **Page 17**

Les documents de **Coussini** sont parfaits et j'aurais pu faire l'économie de ce chapitre. Malheureusement depuis leur publication NASSP a tellement changé qu'il faut impérativement reprendre les bases par des manipulations actuelles, raison pour laquelle j'ose commettre ce chapitre. Néanmoins, pour bien comprendre la philosophie globale de l'informatique de bord d'Apollo commencez par lire au moins le document **Présentation du DSKY** avant de commencer à titiller les boutons de ce lutin malicieux qui m'a donné tant de tourments pour arriver à engager la conversation avec cet interlocuteur du genre 011010101101.

"Et si qu'on commençait à se les titiller ces touches du DSKY ?"

Vous avez totalement raison, il est grand temps de s'y mettre. Pour faire joujou avec "la bestiole", on va réaliser quelques manipulations simples, juste pour établir une petite conversation avec le CMC et voir comment cet animal binaire se comporte. Nous allons établir un lien direct entre les procédures décrites dans le manuel **COLOSSUS.pdf**, la façon dont les items sont écrits dans les Check-list et comment on doit les interpréter pour s'en servir sans hésiter.

Chargez la situation **04) Découvrir le DSKY.scn** qui nous situe en orbite terrestre, isolés et sans la présence d'un quelconque S IV-B à surveiller. Quand on revient à l'intérieur du module de commande, l'écran du DSKY est bien tristounet. Il est tout simplement hors tension. Passez à gauche sur le tableau 8 et tournez le potentiomètre **1** comme montré sur la Fig.14, vers le haut. Quand on revient sur le tableau 2 l'écran est illuminé en vert, c'est déjà mieux. Le témoin d'état **STBY** est allumé. Ce n'est pas grave, c'est que l'équipage avait placé l'ordinateur en veille pour en diminuer la consommation. (*STBY : Mode Standby*) Mais nous avons beau cliquer sur tous les boutons, il ne se passe rien. C'est normal encore, car nous n'avons mis en énergie que le DSKY avec le potentiomètre d'éclairage. Par contre, si on va sur le tableau 5, on constate que les sectionneurs **2** montrés



sur la Fig.15 sont coupés. Armez ces disjoncteurs. Placez-vous bien en face du DSKY sur le tableau 2. Cliquez encore sur tous les boutons, il ne se passe rien sauf pour la touche **PRO** qui provoque l'allumage de **NO ATT** et l'affichage de **PROG 00**. Il suffit de cliquer sur la touche virtuelle **RSET** pour éteindre l'alerte.

Ne vous en préoccupez pas pour l'instant, nous verrons plus tard de quoi il retourne. Pour l'instant il n'est pas très bavard cet ordinateur, affichage de **PROG 00**, et **VERB 37** qui clignote. C'est tout. Traduction : "Je suis actuellement sous contrôle du programme P00, mon préféré car je n'ai rien à faire".

VERB 37 : "Si vous voulez je suis disponible, je veux bien travailler. J'attends. J'attends. J'attends ..."

Nommé "OURSON" dans la terminologie des astronautes, le programme 00 place l'AGC en veille. (*Attente d'une nouvelle instruction*) C'est l'état par défaut pour l'AGC. Il indique à l'équipage que l'AGC n'est engagé dans aucune des routines ou des programmes qui nécessitent un examen des astronautes. Il maintient le GNCS dans un état où les manœuvres manuelles d'attitude peuvent être faites par l'équipage avec un minimum de préoccupations. Il maintient le CMC dans une configuration pour activer d'autres programmes. Chaque fois que l'AGC n'est pas engagé dans des programmes spécifiques le CMC devrait être dans cet état appelé à l'époque "Go the POOH".

On va donc lui confier un travail, mais pas trop délicat pour le ménager, car il vient de se réveiller :

Frappez (*Cliquez avec le BGS*) dans l'ordre sur la touche virtuelle **VERB** puis sur les touches fictives **1** et **6**. L'affichage se complète par **16**, dans la "case" réservée à **VERB**. On vient d'imposer le verbe d'action n°16. En bon français ce concentré laconique signifie : Affiches-moi en mode décimal la donnée dont je vais te préciser la nature. Cliquez sur **NOUN** puis sur les touches fictives **6** et **5**. Le champ réservé à **NOUN** se remplit avec **65** ce qui permet de visualiser les touches utilisées. Notez au passage que si vous continuez à cliquer sur des chiffres, il ne se passe plus rien. Une fois qu'un champ est rempli, il est saturé. Toute touche en dépassement de capacité sera ignorée. Si vous vous êtes trompé, il suffit de réitérer **NOUN** et de saisir à nouveau la valeur désirée. On vient exactement de dire : Affiches en décimal la valeur actuelle du chronomètre de mission.

(*La cible **NOUN 65** est relative au chronomètre de mission*)

Mais il attend la validation : Touche **ENTER**. L'écran devient vivant, car la touche **ENTER** signifie : "**maintenant tu le fais**". Chaque "cible" correspondant à un verbe connue du CMC peut se voir afficher sur un, deux ou trois registres et dans un format qui lui est propre. Dans certains cas ce sera du codage Octal, dans d'autre cas du décimal comme ici, et parfois sous un format spécifique comme de l'hexagésimal par exemple.

Vous avez immédiatement compris que tout ce texte est beaucoup trop verbeux pour figurer dans les Check-lists. On va résumer de la façon suivante :

V16 N65 E P00 V16 N65

+00002
+00056
+042.07

CONVENTIONS

En vert itallique ce qu'affiche le DSKY

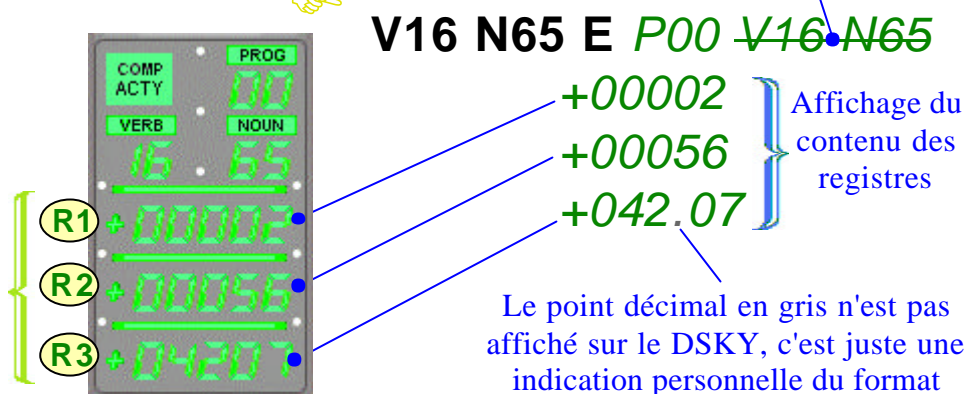
Si barré précise que l'affichage clignote car il attend une saisie

En noir ce qui est cliqué dans l'ordre avec :

V pour la touche **VERB.**
N pour la touche **NOUN.**
E pour la touche **ENTER.**
P pour la touche **PRO.**

REGISTRES

Fig.16



On remarque au passage que le témoin **COMP ACTY** clignote pour nous informer que le calculateur de bord est actuellement en train de travailler sur une ou plusieurs activités, car il est multitâche. Vous pouvez comparer le contenu des registres avec la valeur actuelle visualisée sur le compteur de mission situé juste à gauche du DSKY. L'avantage de cette information c'est qu'elle nous montre aussi la valeur des heures. On observe au passage que le **MISSION TIMER** est figé à zéro. L'équipage a du certainement s'en servir pour un quelconque chronométrage et il ne l'a pas remis à l'heure. Nous verrons dans un autre chapitre comment procéder. Pour la variable 65 du "NOUN" le registre R1 affiche la valeur des heures, le deuxième R2 celle des minutes, enfin R3 celle des secondes. Pour vous prévenir dans le texte que les secondes sont affichées avec les centièmes et les dixièmes, j'ai ajouté pour le registre R3 un point décimal conventionnel, raison pour laquelle il est en gris au lieu de vert. Bon, c'est enfantin, on peut continuer à s'amuser :

Cliquez sur la touche **NOUN**, le champ de saisie s'efface car l'ordinateur attend une valeur. Mais **KEY REL** clignote. Ce témoin signale simplement : "Comme je libère le champ NOUN pour que vous puissiez voir ce que vous frappez comme valeur, pendant ce temps je ne peux pas continuer à mettre à jour ce que j'affichais juste avant". Du reste la valeur de l'heure n'évolue plus. Poursuivez la saisie avec **4** puis **2**. Complétez par **ENTER**. Avec nos conventions cette manipulation est équivalente à :

~~V16~~ **N42 E P00 V16 N42**

+196.16 (R1 : ApA en km x 100)

+178.27 (R2 : PeA en km x 100)

(R3 n'est significatif que si V16 N42 est utilisé en saisie pour P 30)

Actuellement on a demandé au calculateur de bord à afficher les paramètres de l'orbite actuelle. On se doute que c'est le système de navigation dans son ensemble qui permet de mettre à jour ces valeurs stratégiques. Si vous consultez **Orbit** MFD vous verrez que le CMC est d'une très grande précision ... mais on pouvait s'en douter, car pour aller jusqu'à la Lune il n'était pas question de "bricoler". Notez surtout que si l'on veut "vivre" Apollo, à l'avenir il faudra oublier **Orbit** MFD et interroger le CMC.

Quand on désire donner une nouvelle consigne au DSKY, retenez surtout que si l'une des valeurs de **VERB** ou de **NOUN** est déjà correcte, il suffit de ne modifier que l'autre puis de valider. Par exemple ici il n'a pas été utile de modifier **VERB** puisque seule la donnée à afficher était à changer.

À nous les coordonnées en orbite :

N43 E P00 V16 N43

-031.14 (Latitude en ° x 100)

+130.37 (Longitude en ° x 100)

+0177.6 (Altitude en km x 10)

Avouez que ce n'est pas plus compliqué que d'utiliser **Orbit** MFD pour l'altitude et **Map** MFD pour les coordonnées sphériques. Passez en PAUSE pour pouvoir comparer. Le signe précise si l'on est vers l'EST, l'OUEST, le NORD ou le SUD.

Continuons notre petit exercice :

N73 E **P00 V16 N73**

+00178 (Altitude en km)

+07413 (Vitesse TAS en m/s)

-157.59 (Angle d'incidence AOA en ° x 100)

En R1 vous retrouvez la valeur de l'altitude que l'on peut contrôler sur **Orbit** MFD. Activez **Surface** MFD en mode **TAS**. Vous pouvez comparer la valeur de la vitesse orbitale affichée sur R2, et surtout celle de l'angle d'incidence AOA sur R3, ce qui prouve qu'avec un dispositif aussi rudimentaire que le DSKY, il était possible en osmose avec le système de navigation d'Apollo, d'obtenir les paramètres vitaux du vol avec une fabuleuse précision.



Notez au passage que **N73** donnant la valeur de l' **AOA**, il sera très utile pour vérifier ou parfaire l'orientation du vaisseau en attitude **PROGRADE** ou **RETROGRADE**.

N43 E pour afficher à nouveau les coordonnées sphériques. Elles changent en permanence, nous n'avons pas le temps de les consulter calmement. Mais il est facile de passer l'affichage "en PAUSE" :

V06 E

Le verbe 06 demande d'afficher la valeur de la cible NOUN au moment où l'on valide.

N43 E rafraichit la valeur des coordonnées.

N65 E donne la valeur du chronomètre de mission etc.

CONCLUSION : V16 affiche une donnée avec rafraichissement deux fois par secondes, alors que V06 affiche la valeur au moment de la validation. (La valeur est affichée sur un, deux ou trois registres)

Dodo le CMC.

Nous n'avons fait qu'effleurer l'utilisation du DSKY. Les seules fonctions que nous avons utilisées dans ce chapitre de transition consistent en quelques affichages divers. En particulier nous n'avons effectué aucune modification de données, ni mis en service aucun "gros" programme. Mais nous en savons assez pour pouvoir aborder la mise en service du gros moteur orbital. On va pouvoir revenir sur le thème de la motorisation, sachant bien évidemment qu'au cours de notre formation nous aurons encore de nombreux exercices pour apprendre à maîtriser le calculateur de bord. Avant de changer d'activité, nous allons replacer le CMC en sommeil, ce qui va nous faire utiliser un autre programme que l'inévitable P00. Pour bien mettre en évidence de simples consignes "élémentaires" comme V16N65E d'un appel de programme pour lequel il faut utiliser la touche **ENTER** au lieu de **NOUN** par convention la lettre **E** sera imprimée en rouge.

EXEMPLE : On ne lira pas **V37 E 06 E**, mais j'écrierais **V37 E 06 E**.



Note : Faire suivre un verbe 37 de ENTER
au lieu de NOUN fait appel à un programme.



APPLICATION : Le programme P06 constitue une fonction destinée à être utilisée lorsque l'AGC sera **inutilisé** pendant une longue période. Lorsque P06 est invoqué l'écran clignote sur **V50 N25** et R1 contient **00062**. C'est un message codé qui invite à réaliser une action particulière. Le code de cette action est donné dans le registre R1. **00062** demande de cliquer sur la touche **PRO** pour placer l'AGC en sommeil. La touche **PRO** efface tous les champs de données et le témoin **STBY** s'allume. L'AGC est alors en mode veille. Pour le réactiver il suffira de cliquer à nouveau sur la touche **PRO**.

V37 E 06 E **P06** ~~**V50 N25**~~
00062

P


Le DSKY s'efface et **STBY** s'allume. Le calculateur étant en sommeil, pour économiser au maximum l'énergie électrique consommée, coupez l'alimentation du calculateur avec les deux sectionneurs **2** montrés sur la Fig.15 et éteindre le DSKY avec le bouton rotatif **1** représenté sur la Fig.14 en le plaçant vers le bas sur la position **OFF**. Si vous le désirez, vous aussi vous pouvez aller dormir ...

MISE EN SERVICE ET UTILISATION DU MOTEUR ORBITAL :

Incontestablement le moteur orbital (SPS) constitue une entité fondamentale pour tous les vaisseaux spatiaux. De son bon fonctionnement dépend le retour sur Terre de l'astronef, que ce soit une Navette desservant l'ISS ou une capsule Apollo de retour d'un vol lunaire. Autant dire que sa conception doit aboutir à une fiabilité totale. C'est le cas pour le moteur du CSM, et Apollo 13 n'a en rien excorié sa fiabilité. Une explosion ne traduit pas un manque de fiabilité, c'est un accident imparable et ne fait pas partie des options lors de l'établissement du cahier des charges. Ce chapitre va nous permettre d'aborder diverses facettes de la mise en œuvre et de l'utilisation du SPS. Naturellement vous avez déjà sauté avec avidité sur le document [TECHNOLOGIE APOLLO.pdf](#) à la page 20 pour vous faire une idée de son fonctionnement global et de ses caractéristiques intrinsèques. On peut commencer à dompter la bête.

Mode de poussée DIRECTE.

Comme c'est de loin la façon la plus simple pour se servir du SPS, on va donc commencer par cette procédure qui sera salvatrice quand tout le reste nous abandonne. La NASA a donc prévu des procédures de sauvegarde pour toutes les éventualités. L'utilisation purement manuelle du moteur orbital fait donc partie intrinsèque de l'entraînement des astronautes. C'est du reste exactement ce qui a été fait avec le moteur de descente du LM dans Apollo 13 bien que ce cas n'avait pas été envisagé dans la formation des équipages. Trêve de préambules, passons aux actes. On suppose ici que les cardans sont en position neutre et que le moteur est correctement réchauffé. *(Ces deux points particuliers seront analysés plus avant)* On va donc charger la situation **01A) CSM en orbite basse.scn** qui respecte ces contraintes initiales.

Nous savons que normalement toute sollicitation du SPS est précédée d'une poussée de ULLAGE. Inutile donc de reprendre ici dans les détails les explications données en page 13 du chapitre sur les RCS. On se contentera d'activer les deux sectionneurs **4** pour pouvoir plaquer les ergols en manuel. Vous observez au passage que les 16 inverseurs du haut qui valident les RCS sont tous sur **OFF**. C'est pour montrer une fois de plus que la fonction ULLAGE ignore royalement la configuration de ces inverseurs. Par contre engager une poussée du SPS sans avoir au préalable validé les RCS sera passible d'une crise explosive de Popol s'il vient à le savoir. En effet, il faut au préalable orienter avec précision le vaisseau, donc les RCS sont indispensables. Mais surtout durant la poussée les RCS doivent éventuellement pouvoir palier un problème sur la vectorisation par cardan dont il sera question dans l'un des chapitres suivants. OK, pas de Popol en vue, on oublie les RCS. Passez en vue extérieure *(Interdit en vol réaliste !!!)* pour vérifier que le vaisseau est bien en PROGRADE. La fonction **P00** avec l'option **V16 N73** qui est actuellement affichée sur le DSKY nous donne sur la ligne du bas *(Registre R3)* la valeur de l'angle d'incidence AOA en degrés x 100. On pique légèrement du nez d'environ 4°. Pas la peine de corriger. On va bâcler un peu car le but consiste à apprendre à gérer le SPS. Si nous voulions aboutir à une orbite précise, on corrigerait l'attitude avec les RCS pour annuler la valeur de R3 et on terminerait la poussée aux RCS en mode linéaire pour affiner. Par contre, pour que ULLAGE puisse fonctionner on doit absolument actionner les 16 valves de pressurisation et d'alimentation en ergols des RCS sur le tableau 2. Passons au conditionnement du SPS. Presque rien à initialiser pour le fonctionnement en mode DIRECT. Juste sur le tableau 3 à passer vers le bas sur **ON** les deux inverseurs de pressurisation qui font passer à  les deux drapeaux de **[SPS He VLV]**. (**10** sur la Fig.20, on en verra plus loin l'utilité) SPS paré !

Pousser avec le gros moteur c'est bien, mais pas n'importe comment. Un but est défini et son aboutissement relève impérativement d'une vérification. On ne s'amuse pas, on pilote. Dans le cadre de la mission Apollo 7 on doit non seulement valider l'aptitude du SPS à assurer sa fonction, mais également vérifier la pertinence d'un nombre copieux de concepts et de systèmes. Dans ce cadre, le sol vient de nous envoyer les consignes pour la manœuvre en cours. On doit relever l'Apogée à 400 Km. Dans ce but le département DYNAMIQUE a calculé l'augmentation de vitesse qui doit faire environ 205 m/s. Compte tenu de la masse actuelle du vaisseau connue de la NASA et la poussée nominale constante du SPS on aboutit en calculs à un temps d'allumage d'environ 21 secondes.

PRÉPARER LA SURVEILLANCE DES PARAMÈTRES :

Comme déjà abordé en page 14, placez le commutateur rotatif **7** sur la position **ΔV** et l'inverseur **8** sur **NORMAL**. On pourra lire sur **ind ΔV / RANGE** la valeur de l'augmentation de vitesse sur l'axe X'X. Puis, ouvrir à gauche **Orbit** MFD de façon à avoir en permanence face à nous l'affichage de la valeur d'**ApA**. Ainsi, juste avant de l'atteindre on coupera le SPS et on utilisera ULLAGE pour affiner.



Non mais c'est pas possible. Je rêve ! C'est un cauchemar et je vais me réveiller ! Combien de fois je vais devoir vous faire remarquer qu'Orbit MFD n'existe pas. ON N'EST PAS EN L'AN 2000 bande de rigolos. Internet n'est même pas inventé. Alors vous me virez ce MFD comique de l'écran et vous vous servez du CMC. Je crois que je vais demander une retraite anticipée. C'est plus possible avec des gamins pareils !

OUPS, je crois que Popol est revenu. Chuuuuttttt.

ON PRÉPARE LE DSKY POUR VISUALISER LES DONNÉES ORBITALES :

V16 N42 E P00 V16 N42

+NNN NN (R1 : Valeur de ApA Km x 100)

+NNN NN (R2 : Valeur de PeA Km x 100)

Toujours dans le cadre de la préparation des instruments de mesure et de surveillance on place les deux inverseurs **1** du groupe [LV/SPS IND] en position basse, ce qui du reste aurait dû se faire quand on a séparé le vaisseau du lanceur. Sur **2** de la Fig17 les index se centrent sur la graduation zéro.

Le SPS va donc pousser dans l'axe. (On verra pourquoi plus tard) Sur **3** l'indicateur LVα/SPSPc indiquera une valeur 100 de pression nominale si tout va bien durant l'allumage du moteur.

CHRONOMÈTRE POUR CALIBRER LA DURÉE DE POUSSÉE :

Seul instrument pouvant décompter à bord, on va utiliser le chronomètre de mission. C'est d'autant plus justifié qu'il est proche des divers instruments que l'on doit surveiller durant la manœuvre. La Fig.18 va nous permettre de détailler la



Fig.18

procédure. En premier, on vérifie sur le tableau 2 que le **MISSION TIMER** affiche correctement la valeur de GET. Il permet ensuite de recalibrer le Timer de mission. Placer **4** sur position **STOP**

puis le recentrer. Forcer **5** sur **RESET** puis le laisser au centre. Avec **6** vers le haut on augmente **7** de 10 secondes. Vers le bas, seconde par seconde. Comme la durée de poussée avoisine 21 secondes on va décompter sur 22 pour prendre en compte le retard entre le déclenchement du chronomètre et le basculement de l'inverseur d'allumage. Passer enfin

l'inverseur **5** en position basse. Il suffira de placer **4** vers le haut sur **START** pour provoquer le décomptage et ainsi pouvoir calibrer la poussée en durée.

PROCÉDER AU CHANGEMENT D'ORBITE :

Cliquez sur le bouton poussoir **GDC ALIGN** pour que le FDAI n°2 puisse nous permettre de surveiller une attitude constante durant la poussée. Vérifiez comme montré sur la Fig.19 que **8** est bien en position inférieure.

Passer l'un des deux inverseurs sécurisés **7** en position **NORMAL**. Cliquer durant deux à trois secondes sur le bouton **DIRECT ULLAGE** en **9**. Le SPS est paré pour déclencher l'enfer. Attention, tout va aller très vite. Basculez **4** vers le haut et immédiatement **8** sur la position **DIRECT ON**,

le témoin **SPS THRUST** s'allume et l'aiguille sur **3** indique 100. Le compteur sur **ind ΔV / RANGE** mouline rapidement. Sans perdre une seconde positionnez le curseur de la souris en bas de l'inverseur **8**, ainsi il suffira de cliquer en ayant le regard ailleurs pour stopper la combustion. ATTENTION, tout se précipite et il faut regarder à la fois le chronomètre pour stopper dès qu'il arrivera à zéro, vérifier que la valeur de ApA augmente bien sur R1 du DSKY et surveiller le gain de vitesse pour ne pas dépasser 200. À bord ils sont trois, c'est plus facile. CLIC juste au bon moment quand le chrono affiche zéro. Pour ma part on est à **- 201.9** sur **ΔV / RANGE** et **+ 39792** sur R1 du DSKY. Chic chic chic, une valeur proche de celle souhaitée et surtout nous n'avons pas dépassé. Il faudrait alors freiner, ce qui obligerait à activer les RCS en mode linéaire. Étant juste en dessous de la hauteur souhaitée, il suffit de pousser avec les RCS en cliquant sur **9**. Attention, y aller avec parcimonie quand on approche de **+ 40000** sur R1, car le DSKY

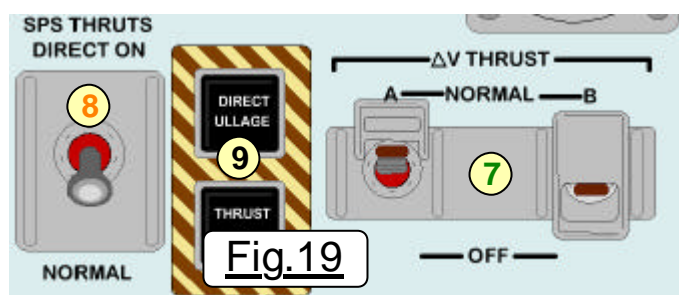


Fig.19

Le schéma ci-dessous utilise les divers repères mentionnés dans ce chapitre pour mieux cerner le propos.

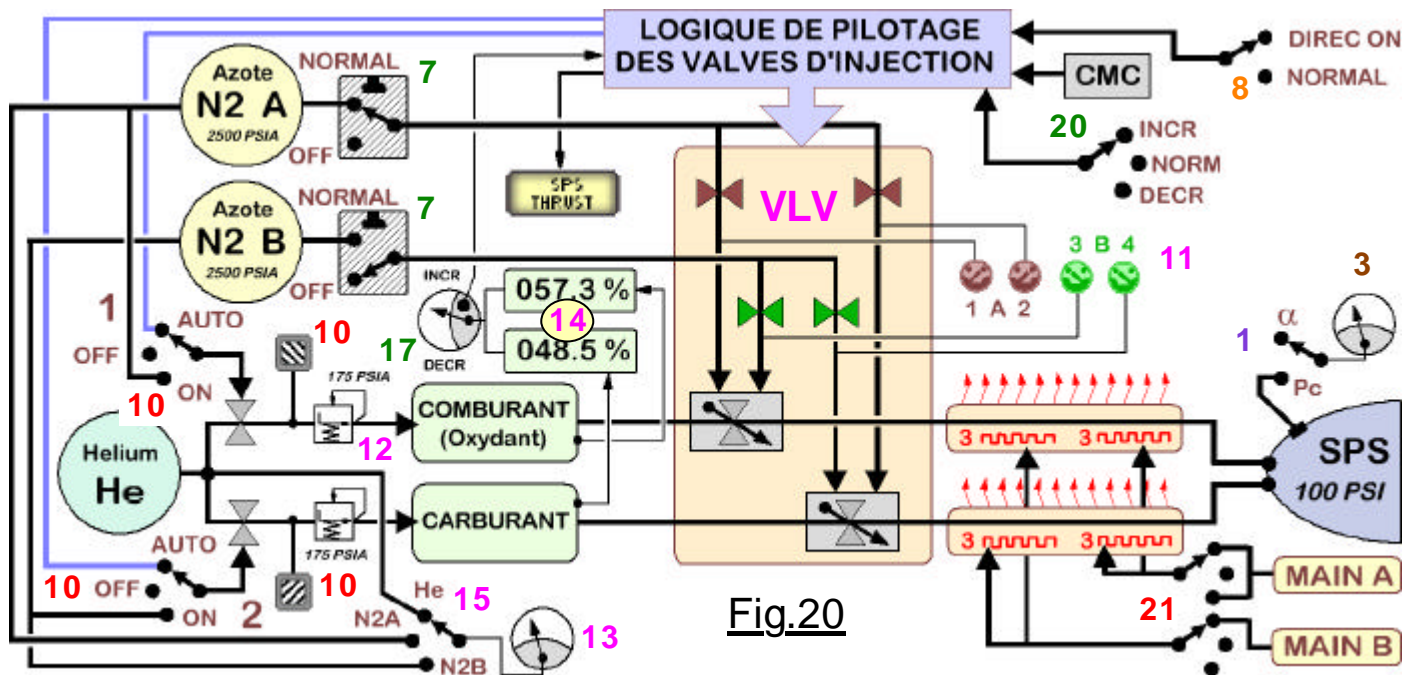

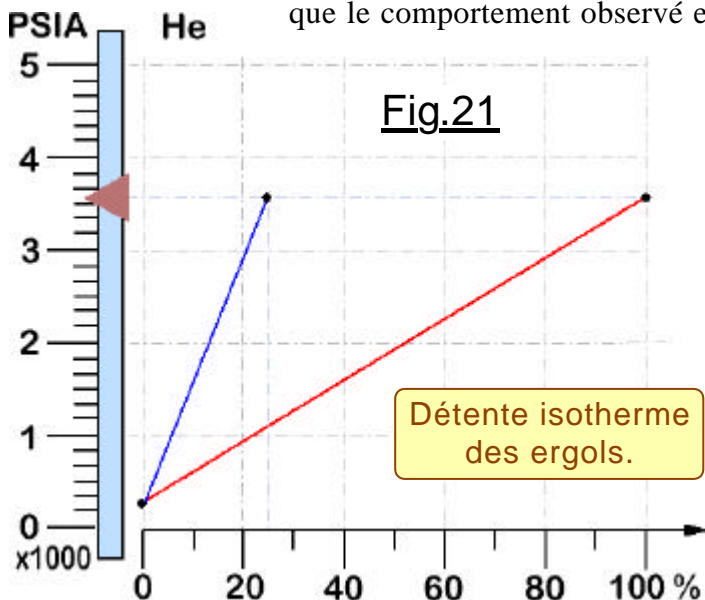
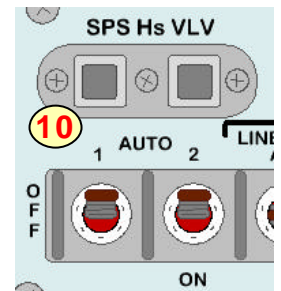



Fig.20

La pressurisation des ergols.

Une lecture attentive du document [TECHNOLOGIE APOLLO.pdf](#) en page 20 précise clairement en Fig.24 qu'il suffit d'une conditions simple pour que le PSP pousse au nominal : Que les deux ergols arrivent simultanément dans la chambre de combustion et à un débit suffisant. Pour que le débit soit assuré il faut ouvrir les vannes (VLV sur la Fig.20) ce que permettent de vérifier les drapeaux 11 et maintenir la pressurisation. Comme les réservoirs étaient à 100 % de remplissage au début de ce vol, ce qui n'est pas conforme à l'histoire mais va nous permettre diverses expérimentations, nous en avons encore largement assez pour l'instant, on conserve donc cette scène. (Sur Apollo 7 au décollage les réservoirs n'ont que 23.9 % de remplissage) Pour ceux qui désirent effectuer plusieurs fois cette manipulation, la scène **01B) CSM en orbite basse.scn** correspond à la fin de l'expérience précédente juste au moment où l'Apogée de 400 km est réalisée. On active à nouveau la combustion sur le SPS sans plus se préoccuper du résultat sur l'orbite. Le réservoir d'Hélium He va donc subir une détente isotherme puisqu'il se vide lentement vers les réservoirs d'ergols à travers les régulateurs de pression 12. Laissez faire et comparez en permanence la pression dans le réservoir He indiquée sur 13, le pourcentage restant de carburant en 14 et les prédictions sur le graphe Fig.21 en utilisant la courbe rouge puisque au départ on avait "les pleins". Ne pas hésiter à utiliser l'accélération temporelle 10x. Observer les valeurs pour 80%, 60%, 40% et 20% sur la Fig.22 en 14. On peut constater que le comportement observé est totalement conforme à celui prévu par les calculs thermodynamiques. Quand les jauges de carburant arrivent à zéro l'alarme se déclenche et **SPS PRESS** s'allume car le système détecte une pression anormale dans la chambre de combustion du SPS alors que la consigne **SPS THRUST** est toujours active. Notez que jusqu'à la dernière goutte de fuel le moteur pousse au nominal. C'est normal, car les ergols étant entièrement épuisés on constate encore presque 300 PSIA sur 13 ce qui permet encore aux régulateurs 12 de maintenir les 175 PSIA pour lesquels ils sont tarés. Observez par contre que les drapeaux 10 passent à l'état  indiquant la fermeture automatique des vannes gérées par 10. Le DSKY est saturé. À titre



thermodynamiques. Quand les jauges de carburant arrivent à zéro l'alarme se déclenche et **SPS PRESS** s'allume car le système détecte une pression anormale dans la chambre de combustion du SPS alors que la consigne **SPS THRUST** est toujours active. Notez que jusqu'à la dernière goutte de fuel le moteur pousse au nominal. C'est normal, car les ergols étant entièrement épuisés on constate encore presque 300 PSIA sur 13 ce qui permet encore aux régulateurs 12 de maintenir les 175 PSIA pour lesquels ils sont tarés. Observez par contre que les drapeaux 10 passent à l'état  indiquant la fermeture automatique des vannes gérées par 10. Le DSKY est saturé. À titre

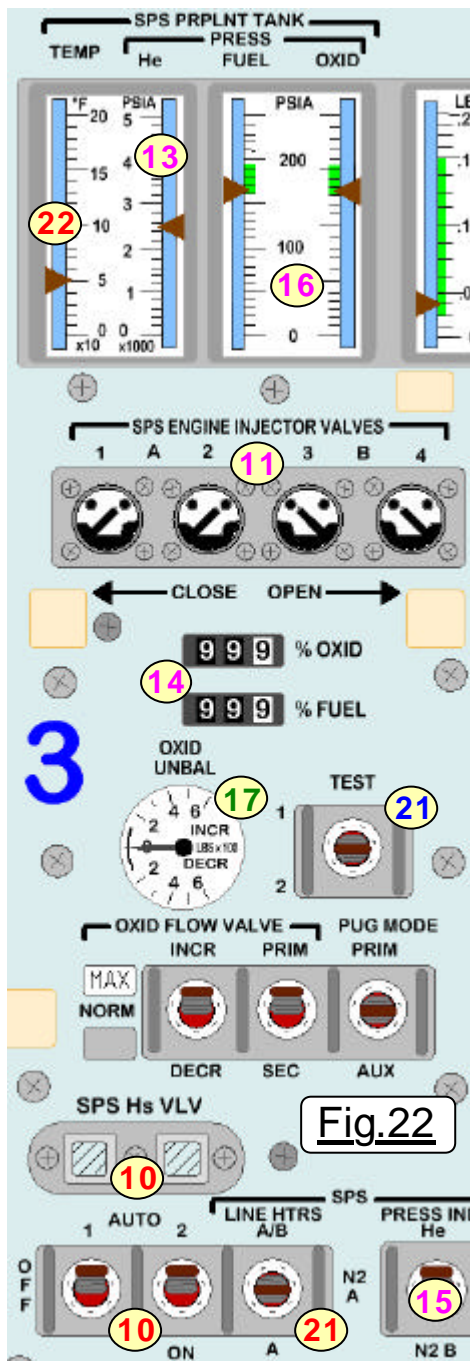


Fig.22

provisoire, pendant que Popol est en train de lire son journal sportif favoris, on va ouvrir **Orbit MFD**. On peut alors constater que nous allons culminer à plus de 35200 km et rendre visite à l'orbite géostationnaire. *(Sans compter que la poussée n'a pas été orientée de façon idéale durant toute la combustion le CSM ayant conservé une orientation constante)* Belle performance spa ? Mais d'une part nous n'avons plus de quoi effectuer le freinage de retour, et d'autres parts il n'y avait pas le LM à pousser. Dans ces conditions, nous n'avons franchi que le dixième environ du chemin qui mène à la Lune. On comprend pourquoi il faut le S IV-B pour effectuer la T.L.I. et une Saturne V pour envoyer le tout en orbite basse.

Le nombre de rallumages possibles du SPS.

Lecteurs assidus et attentifs du document **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** vous n'avez pas manqué de noter en page 20 que les spécifications de la NASA prévoient jusqu'à 50 redémarrages, une valeur bien plus grande que celle exigée par une mission lunaire. Mais surtout en haut de la page suivante on nous informe que les "valves moteur" pilotées avec de l'Azote sous pression (Leur état d'ouverture / fermeture étant visualisé par **11**) la pression au moment du lancement est de 2500 PSI dans chaque réservoir de N₂. **Chaque allumage du moteur diminue la pression d'azote** du système utilisé pour la manœuvre (**A** ou **B**) de **50 PSI**. Lorsque la pression d'un système diminue en dessous de 400 PSI, les vannes biergol de ce dernier ne peuvent plus être ouvertes et le moteur restera inerte. Un petit calcul s'impose pour évaluer le nombre de pilotage total qui sera possible sur les vannes en question :

$$Nb = (2500 - 400) / 50 = 42 \text{ allumages du SPS au maximum.}$$

Les programmeurs de NASSP ont-ils respecté cette spécification du cahier des charges de la NASA ? C'est ce que l'on va vérifier par l'expérience élémentaire qui suit. Avec détermination on charge la situation **01A) CSM en orbite basse.scn** histoire de refaire les pleins. On passe les inverseurs **10** sur **ON** et **7** sur **NORMAL** pour activer le SPS. Au chargement de la situation, l'inverseur **15** était en position haute sur **He**, donc en **13** nous mesurons la pression dans le réservoir d'Hélium. Basculez **15** au centre ou en bas. Cette fois

l'appareil de mesure nous indique la pression qui règne dans les réservoirs d'Azote de pilotage des vannes. Au départ on y lit bien 2500 PSIA. Provoquez à l'aide de l'inverseur **8** dix démarrages et arrêts successifs. Une lecture sur **13** accuse une baisse de pression, l'appareil indiquant environ 2000 PSIA. Petit calcul simpliste : $2500 - (50 \times 10) = 2000$. C'est bon signe pour la rigueur. Allez, vingt courtes poussées de plus : 1000 PSIA sur **13**. Pour achever cette expérience, rallumez jusqu'à la grève définitive du SPS et surtout comptez bien le nombre encore possible de courtes poussées : 12 ! Et sur **13** l'index se trouve en face de 400 PSIA. Bravo pour les programmeurs de NASSP, voici une belle preuve de leur rigueur incontestable. Si vous vous acharnez avec fébrilité sur l'inverseur **8**, le témoin **SPS THRUST** s'illumine normalement, mais le SPS reste résolument silencieux. Paradoxalement aucune alerte n'est déclenchée. Alors si un jour un tel incident se produit et que les réservoirs d'ergols sont bien garnis, pensez à basculer **15** sur **N2A** et **N2B** sans oublier d'activer les inverseurs **7**. Il faut tester les deux, car un seul des deux réservoirs peut se trouver en défaut. Si le moteur ne reçoit que l'un des deux ergols il n'y aura pas de combustion. Les plus attentifs d'entre vous ont remarqué que le moteur a fonctionné à la perfection



sans avoir effectué la poussée de ULLAGE alors qu'en mode manuel en principe il faut le faire. La version actuelle de NASSP ne tient pas compte de ce détail. Mais pour des raisons de rigueur il sera sage de le faire, sans compter ... que peut-être un jour le simulateur évoluera dans ce sens.

La détente adiabatique de l'Hélium de pressurisation.

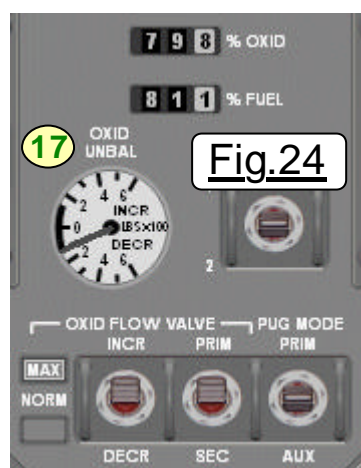
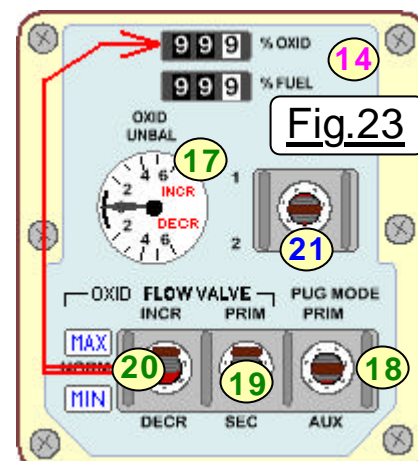
C'est quoi ce mot étrange ? Adiabatique ... il veut frimer un max le Nulentout dans ce chapitre ! *(OUI OUI OUI OUI OUI un chitieu mais pas beaucoup)* Non, ce mot bien compliqué pour vous en mettre plein la vue cache une réalité relativement simple exposée en haut de la page 22 du document **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf**. Quand la détente d'un gaz est isotherme, c'est à dire à température constante, la courbe d'évolution de la pression en fonction du volume est linéaire. *(Ce que montre le graphe de la Fig.21)* Mais dans l'expérience qui va suivre, l'évolution de l'hélium va se faire rapidement. Du coup les échanges de calories avec l'extérieur ne peuvent se faire par manque de temps. Quand on détend brusquement un gaz il se refroidit, ce qui dans notre cas va engendrer une chute de pression encore plus rapide. Bref, je vais vous refaire le coup du "*Un petit coup de mou*" déjà abordé dans le chapitre sur les RCS. On invoque à nouveau la scène **01B) CSM en orbite basse.scn** dans laquelle le SPS est opérationnel. On titille un petit coup l'inverseur **8** pour s'assurer de sa collaboration et on laisse le gros moteur se déchaîner. Puis, **15** étant en position **He**, on regarde les jauges **17** sur le tableau 3. Remplacez les deux inverseurs **10** sur la position centrale **OFF** ce qui prive d'alimentation en Hélium de pressurisation les deux réservoirs d'ergols. La pression dans les réservoirs d'ergols chute dramatiquement vite. Détente adiabatique du peu d'Hélium qui reste les copains ! Très rapidement la poussée diminue dans la chambre de combustion par diminution du débit de carburant et de comburant. On le constate facilement sur l'indicateur **3**. Sans tarder l'alarme sonore se déclenche et **SPS PRESS** s'illumine. Acquitter avec **MASTER ALARM** pour faire taire le vacarme. Le SPS se fait de plus en plus discret et pousse de moins en moins fort. Il s'étouffe le pauvre et l'instrument de mesure **ind ΔV/RANGE** mouline de moins en moins énergiquement. Vers 800 PSIA de pressurisation des ergols le moteur ne pousse plus qu'à 25 % de la normale. À ce stade, l'évolution devient de plus en plus lente et la baisse de régime ralentit. Comme le moteur consomme moins, l'augmentation de place pour l'Hélium augmente également plus lentement. On passe pour ce gaz enfermé d'une **détente adiabatique** à une **détente isotherme**. Il faut alors utiliser l'accélération temporelle **10x** pour continuer à observer la baisse de régime qui en résulte.

C'est rigolo, car vous focalisez tellement sur ces histoire adiabatesques que vous n'avez même pas remarqué que sur R2 du DSKY la valeur du périgée est devenu franchement négative. On va plonger dans l'atmosphère et ça va chauffer, il n'y aura pas besoin de Popol pour que tout passe au rouge. On remarquera surtout que tant que le moteur reçoit carburant et comburant il y a combustion, la poussée étant directement fonction du débit, donc de la pression dans les réservoirs. Si vous passez en vue extérieure, le jet de gaz sortant de la tuyère devient de moins en moins visible ... du grand art chez NASSP. Pour achever cet exercice, retour vers le passé en démarrant une fois encore **01B) CSM en orbite basse.scn** avec laquelle vous commencez par placer les inverseurs **10** sur la position centrale **OFF** avant d'activer le SPS. Vous passer en ralentissement temporel **0.1x** pour avoir le temps d'observer l'indicateur **3**. Dès que l'alarme sonore se déclenche passez en **PAUSE** pour prendre le temps de noter les valeurs : l'alarme sonore nous explose les oreilles quand le moteur pousse en dessous de 95 % ce qui se produit à une pressurisation de 155 PSIA environ. On peut passer à la suite, vous avez tout compris.

Optimisation de la carburation.

Concrètement on peut affirmer que toute combustion utilisant un comburant et un carburant doit être parfaitement dosée si l'on désire tirer le meilleur parti des réserves d'énergie disponibles. Par exemple en automobile les constructeurs ajustent le carburateur pour une altitude moyenne de façon à ce que le moteur fonctionne bien que vous soyez au bord de la mer ou que vous alliez en vacances de neige. *(Veinard !!!)* Toute les cuisinières ou réchaud à gaz disposent d'un moyen d'ajuster l'entrée d'air vers les buses de chauffage. Sur les petits avions, le pilote ajuste "la richesse" en fonction de l'altitude etc. Les vaisseaux spatiaux n'échappent pas à cette contrainte, et ce d'autant moins que monter du carburant et du comburant en orbite coûte des fortunes. Il ne faut surtout pas le gaspiller. C'est tellement important que sur Apollo des dispositifs précis sont intégrés au tableau de bord pour satisfaire cette exigence. Au décollage du monstre on dispose d'une réserve plus que suffisante pour assurer la mission ... si tout se passe comme prévu. Mais si le LM rencontre de gros problèmes à la remontée, c'est le SM qui sera

chargé d'aller le repêcher. Dans ce contexte la plus petite goutte d'ergol sera importante. La Fig.30 en page 22 du manuel **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** donne le principe d'utilisation de l'indicateur **17**. On peut l'assimiler à une balance qui se décale vers le réservoir le plus lourd, donc le plus fourni. La documentation précise comment procéder ce que nous allons expérimenter immédiatement toujours avec la scène **01B) CSM en orbite basse.scn** dans laquelle on commence par vérifier que **18** est bien en position centrale **NORM** qu'en principe il conserve durant toute une mission sauf incident sur les capteurs. De façon analogue l'inverseur **19** doit imposer l'utilisation des circuits primaires en standard. Nous pouvons commencer l'expérience qui consiste à basculer **20** sur **INCR** et déclencher le fonctionnement du SPS. Comme on augmente le débit sur le réservoir OXID, en **14** on constate qu'il se vide plus rapidement que celui de FUEL. Il devient plus "léger" que le réservoir de comburant et l'on doit s'attendre à voir l'aiguille de **17** se déplacer vers

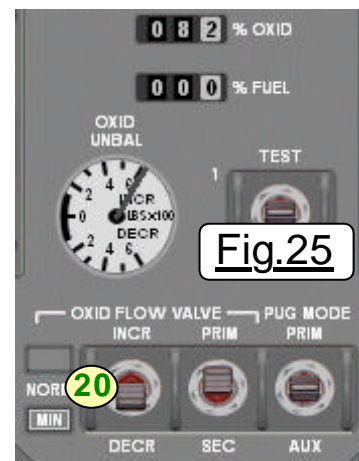


le bas. La Fig.24 ci-contre montre ce que l'on obtient quand on persiste dans cette voie. Quand l'aiguille arrive en extrémité de zone 1,5 on constate déjà un décalage de 1,3 % sur la consommation des ergols. Persistons dans cette erreur et laissons faire jusqu'à épuisement du comburant. L'aiguille sur **17** va progressivement vers le bas jusqu'en butée mécanique. Comme cet indicateur nous suggérait depuis le début de passer sur **DECR** pour compenser et que nous n'avons rien fait, on termine la combustion alors qu'il reste encore 7,1% de FUEL. Quel gaspillage.

Au diable l'avarice. Vivons notre siècle d'abus avec joie et effectuons une expérience totalement analogue, mais avec **20** sur la position **DECR** cette fois pour consommer plus de FUEL de d'oxydant. Furieusement rentable, la situation **01B) CSM en orbite basse.scn** revient une fois de plus sur le devant de la scène. (*Situation / Scène / rentabilité alors*

qu'on gaspille un maximum ... que de jeux de mots faciles !!!)

On redémarre le moteur et naturellement on va constater un comportement symétrique par rapport au cas précédent. La punition est bien naturellement analogue avec cette fois environ 8,2 % d'OXID perdu définitivement dans le réservoir. (*Pollueurs !*) La Fig.25 traduit ce fiasco lamentable. On notera au passage (*Vous l'aviez vu, j'en suis persuadé*) que lorsque l'inverseur **20** est laissé en position centrale, après avoir tout consommé il ne reste plus un iota de liquide dans les deux réservoirs. (*Déjà remarqué dans les exercices précédents*) C'est qu'ils ont sacrément ajusté la carburation à la NASA. Pour vous en convaincre, relancez la scène. Pendant que le moteur avale goulument les précieux liquides, changez à plusieurs reprises en **7** (Fig.19) de circuit utilisé pour observer en **11** les indications des drapeaux d'état. L'expérience suivante pour cette facette d'utilisation du SPS va consister à repartir encore une fois avec des conditions identiques. Mais au cours de la combustion vous inversez **20** dès que l'aiguille de **17** arrive à l'extrémité de la zone épaisse noire. Puis, quand les réservoirs sont à 25 % vous affinez, le but étant de terminer avec les deux réservoirs vides. Notez la valeur atteinte pour le Rayon de l'apogée. Pour mieux évaluer le déficit d'une carburation non parfaite, on va encore réutiliser la même situation à trois nouvelles reprises. Première fois combustion idéale et vous notez la valeur du rayon de l'apogée atteinte quand le moteur stoppe. Deuxième fois et troisièmes fois vous réitérez, mais avec **20** respectivement sur **INCR** puis sur **DECR**. Personnellement je trouve les résultats suivants :



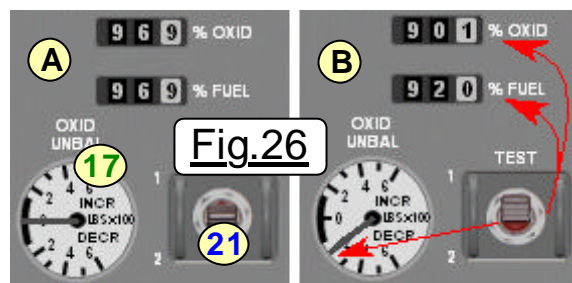
Inverseur 20	Rayon Apogée
Centré	42 060 km
MAX	36870 km
MIN	32300 km
Variable pour équilibrer	40740 km

Naturellement le plus grand éloignement est obtenu avec la carburation parfaite du premier cas. On constate bien évidemment que si durant toute la combustion la carburation est mal ajustée une perte d'efficacité considérable. On pourrait s'étonner de constater que pour le dernier cas, bien que nous ayons consommé l'intégralité des deux ergols, que l'apogée reste bien inférieure à celle du cas parfait. C'est normal, car il ne faut pas oublier que durant l'expérience nous avons toléré un certain décalage durant lequel du carburant ou du comburant en excès ne participait pas à pousser mais s'évadait dans le vide en pure perte. C'est la raison pour laquelle dans la pratique on utilise l'inverseur **20** dès que sur les jauges **14** on constate une différence, il ne faut pas attendre un décalage important sur **17** qui n'est présent sur le tableau de bord que pour servir d'alerte et nous aider avec ses informations **INCR** et **DECR** à réagir correctement.

Je suppose que vous avez également tous compris que les deux drapeaux **MAX** et **MIN** nous informent de façon visuelle qu'une consigne de carburation est validée, ce qui est plus évident qu'un inverseur positionné vers le haut ou vers le bas. Pour conclure ce paragraphe, nous pouvons argumenter au passage que les valeurs du tableau sont sous-estimées par le fait que l'orientation de la poussée n'était pas idéale. Les différences seraient encore plus marquées si nous avions poussé en permanence avec une attitude PROGRADE en maintenant le vaisseau dans une attitude avec une AOA nulle par utilisation de **P00** avec l'option **V16 N73** sur le DSKY durant toute la combustion.

La vérification du vérificateur.

Pouvoir compter sur le bon fonctionnement du SPS est tellement vital que tout ce qui le concerne est vérifié, contrôlé, et revérifié encore et encore. L'une des pires aventures qui puisse arriver sur un astronef c'est de tomber en panne sèche. C'est l'une des raisons pour lesquelles en aviation on ne décolle jamais sans avoir calculé la quantité de carburant nécessaire au vol plus de multiples marges de sécurité. C'est également la raison pour laquelle on ne fait jamais confiance aux jauges, mais que l'on calcule la réserve en fonction de ce qui restait et de ce qui a été ajouté. Les jauges ne sont présentes que pour vérifier les calculs et détecter une éventuelle fuite une fois en vol. Si vous avez la curiosité de jeter un petit coup d'œil en page 11 de la Check-list de **PRÉ-LANCEMENT.pdf**, vous pouvez remarquer que durant la séquence de Pré-Lancement on fait appel à la procédure **Vérification des jauges ergols du SPS** car il n'est pas question de décoller si elles ne sont pas fiables. De surcroît, en regardant dans le manuel **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES** à la **Page 22** vous pouvez vérifier que pour toute remise à contribution du moteur orbital on recommence. En fait ce n'est pas très compliqué, il suffit de suivre la Check-list (*Que l'on garde ouverte à la bonne page ça va sans dire !*) point par point. On recharge encore (*Et encore !*) cette bonne vieille situation **01B) CSM en orbite basse.scn** usée jusqu'à la trame. Les réservoirs sont à 96 % donc on bascule **21** sur position **2** durant 8 secondes. La Fig.26 montre une copie d'écran avant en **A** et après en **B**. Conformément aux valeurs du tableau de la Check-list on constate qu'effectivement l'aiguille sur **17** se décale vers le bas jusqu'à la graduation 2. Pour vérifier la précision de la chaîne de mesures on se doit d'effectuer un petit calcul simpliste de proportionnalité en



Réservoir	Avant	Après	Différence
OXID	96.9	90.1	- 6.8
FUEL	96.9	92.0	- 4.9

utilisant les information données dans le tableau de **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES** :

- Variation prévue sur OXID = $7 / 99.9 * 96.9 = 6.79$
- Variation prévue sur FUEL = $4.9 / 99.9 * 96.9 = 4.75$

Avec une erreur inférieure à 2 pour 1000 dans les deux cas on peut affirmer que les jauges sont fiables. Forcez sur la position **1** le bouton de test **21** durant 8 secondes et l'état initial est rétabli. Pour conforter cette expérience, allumez le SPS jusqu'à ce que les réserves d'ergols ne fassent plus que 50%. Refaire ce test sur position **1** et position **2** de **21**. Les résultats sont strictement conformes aux prévisions. Puis gaspillez encore jusqu'à n'avoir plus que 25 % de réserve. Dans ce cas le test doit commencer par la position **1** de l'inverseur **21**. Là encore les valeurs du tableau sont également celles constatées dans l'expérimentation ... qui probablement sera effectuée à titre posthume car le vaisseau s'est carbonisé dans l'atmosphère et le klaxon lugubre annonce la mort de l'équipage sans équivoque. C'est donc en sueur que l'on ressort du simulateur de la NASA ... *astuce pour introduire le chapitre suivant* :

Contrôle thermique des canalisations d'alimentation du SPS.

Contrainte permanente durant les vols spatiaux, tout ce qui est exposé à l'ombre gèle, tout ce qui est exposé au Soleil surchauffe. Dans le premier cas il faut réchauffer, dans le deuxième il faut refroidir. Pour minimiser l'impact que présente la gestion de température des canalisations d'ergols qui vont vers le SPS il aurait été envisageable d'en limiter au maximum la longueur entre l'intérieur du SM et la chambre de combustion du SPS. Mais situés sur la structure arrière du module de service comme montré sur la Fig.27, on a fait exactement l'inverse et ce pour deux raisons :

- 1) Avec une seule conduite, tout incident sur cette dernière compromet définitivement le plan de la mission. (*Obstruction par givrage etc*)
- 2) Par essence, une mission Apollo engendre de très longues périodes durant lesquelles la motorisation n'est pas sollicitée. Mais il faut continuer à réchauffer les canalisations ce qui sur le long terme devient pénalisant. Le fait d'avoir "étalé" ces circuits sur une grande surface permet d'en gérer la température par régulation thermique passive, technique gratuite en énergie. Cette procédure sera abordée dans un autre chapitre car elle servira à s'exercer à l'utilisation de l'AGC pour orienter avec précision le vaisseau dans l'espace.

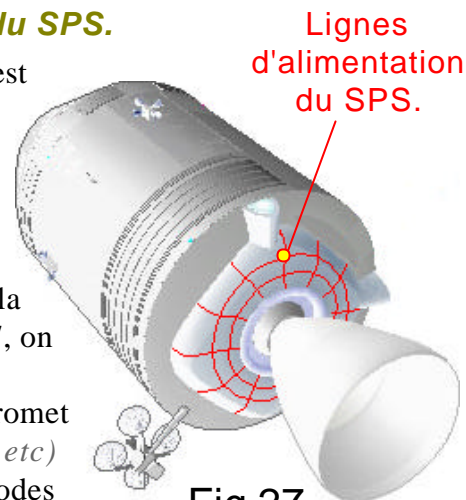


Fig.27

Pour l'heure nous allons voir comment gérer la température des lignes d'alimentation en ergols du SPS par la bonne vieille méthode qui consiste à utiliser des résistances chauffantes. Cette procédure s'imposera chaque fois que la régulation passive n'est pas applicable. Par exemple quand le vaisseau est à l'ombre de la Terre ou de la Lune, ou quand on est obligé de maintenir une attitude particulière pour les servitudes d'exploitation (*Utiliser les optiques astronomiques de bord etc*) ou les contraintes du plan de vol. (*Effectuer des photographies du sol lunaire etc*)

Les lignes d'alimentation du moteur orbital sont exposées au froid sidéral si l'arrière du vaisseau est dans l'ombre et doivent se situer entre 45 °F et 100 °F. En dessous de cette température les ergols peuvent geler et obstruer la canalisation. Au dessus, le fluide se transforme en gaz et le moteur s'étouffe. Si la température descend en dessous de 45 °F il faut avoir recours à 6 ou 12 éléments électriques pour réchauffer les lignes d'alimentation. Ces résistances chauffantes tracées en rouge sur la Fig.20 sont au nombre de 12 et peuvent être mises en service par moitié à l'aide de l'inverseur double **21**. Quand on ouvre le manuel de vol à la page concernant la préparation du SPS on trouve l'extrait suivant :

TIG - 35 : 00

Dans ➤ **Gestion des ergols SPS.** on trouve :

- Inverseur 3 : [SPS] sw LINE HTRS remplacé sur :
 - A/B si [SPS PRPLNT TANK] ind TEMP inférieur à 10°F,
 - A si [SPS PRPLNT TANK] ind TEMP entre 10°F et 45°F,
 - OFF si [SPS PRPLNT TANK] ind TEMP supérieur à 75°F.

Môamôa les F.C. quand elles sont usées je les ramène au magasin pour recyclage.

👉 (Page 23 de **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES.pdf**)

On voit tout de suite qu'il faut s'y prendre bien à l'avance, car les 12 résistances disponibles restent d'une puissance modérée, faire remonter la température prend alors pas mal de temps. La température se lit sur l'indicateur **22** de la Fig.22 dont il faut multiplier la valeur par 10 pour avoir la température en °F. Chargez la situation **05) Train spatial en orbite lunaire.scn** dans laquelle on constate que la température avoisine environ 38°F ce qui est insuffisant dans l'éventualité d'un démarrage du SPS. Enclenchez l'inverseur **21** sur **A/B** et le coupez sur **OFF** à plusieurs reprises. Vous constatez que chaque fois le flux à travers les piles à combustible augmente et que le courant fourni par ces dernières aussi. Cette constatation vaut pour les trois piles. N'oublions pas que ce sont des piles, c'est à dire qu'une fois "usées" leur léthargie sera définitive. Il n'y a pas de miracle, toute consommation de courant se traduit par un flux à travers les piles à combustible, donc par une diminution de fluide dans les réservoirs cryogéniques. Rien n'est gratuit et l'on comprend pourquoi on préfère la régulation thermique passive la majorité du temps car elle est gratuite en énergie électrique. Laissez l'inverseur sur **A/B** forcez à zéro le compteur le **MISSION TIMER** et le déclencher avec **START**. Vous noterez alors qu'en environ 13 minutes la température est montée à 75°F ce qui est plus que suffisant. Conformément à la Check-list de préparation

UTILISATION DU SPS EN AUTOMATIQUE : (Mode DV CMC)

Normalement, pour prétendre utiliser le gros moteur du CSM en automatique, il faut savoir programmer l'orientation précise du vaisseau en relation avec les références de la centrale inertielle. Il faut de plus se montrer capable de mettre en œuvre la **vectorisation du SPS**. (*Vectorisation : orientation du ou des moteurs par rapport au vaisseau ou au lanceur pour modifier la direction de la poussée*) Nous allons dans ce chapitre occulter ces facettes des missions lunaires. Ces thèmes seront abordés le moment venu. On va juste dans ce chapitre aborder la programmation d'une poussée calibrée. La logique veut que pour toute manœuvre l'équipage télécharge depuis la Terre les paramètres indispensables. Ensuite on code ces derniers sur le calculateur et vogue la galère. En résumé, on va juste se contenter de programmer une poussée précise, à un moment précis. Plus tard on se préoccupera de déterminer tous les paramètres et d'assurer l'orientation correcte du vaisseau. Ce chapitre va de surcroît nous servir de prétexte pour réviser et conforter nos connaissances relatives à l'utilisation du calculateur de bord à travers le DSKY. On va activer un vrai programme qui agit directement sur le vaisseau, et non plus de simples affichages. Chargez la situation **06) Tester P30 allumage SPS.scn** dans laquelle pour vous simplifier la vie j'ai totalement conditionné le SPS, ses systèmes d'orientation (GIMBAL) ainsi que les RCS ... sans oublier ULLAGE en mode manuel. On peut directement passer à la programmation du calculateur de bord.

Programmer l'heure et la "grandeur" d'une poussée en mode automatique.

Concrètement, procéder à une manœuvre automatique impliquant le moteur orbital se fait en deux phases distinctes, faisant appel à deux programmes spécifiques sur le CMC. Première phase : définir la poussée avec le programme P30. Deuxième phase : demander aux automatismes de le faire. Au lieu d'expliquer à l'avance tout le film, le mieux est d'expérimenter avec les explications au fur et à mesure des manipulations. Dans ce chapitre je vais encore détailler un maximum ce que nous faisons sur le DSKY, pour faire émerger divers détails le concernant sur lesquels je n'ai pas assez insisté. C'est parti :

Oon ne se préoccupe pas de la valeur irréaliste affichée par le compteur de mission, nous sommes dans le simulateur de la NASA et tout est possible, car sur certains détails les "ingénieurs machine" ne se compliquent pas la vie. Pour ce thème d'études, inutile de relire "toute la technologie du SPS", vous en savez assez avec les chapitres précédents. Par contre, **EXPLOITATION DU CMC/DSKY** est ouvert en [Page 22](#) pour établir le lien avec la Check-list qui traite de cette procédure.

V16 N65 E P00 V16 N65 histoire de vérifier que le calculateur est bien réveillé, et qu'il n'y a pas que le "clavier/écran" du DSKY qui est sous tension.

- *Houston pour sept, vous nous recevez ?*
- *Cinq sur cinq d'Apollo sept pour Houston.* (Zavez-vu ? savent pas compter à plus que 5 les astronautes !)
- *Nous avons un P30 à vous transmettre.*
- *On vous écoute pour les variables.*
- *OK, ce sera un 100 m/s à mike tango 02:40:00.* (Analogies internationales pour les lettres **M** et **T**)
- *Bien noté CAPCOM, un 100 mike siéra à deux heures quarante mike tango.*
- *Attention sept, votre masse actuelle est de trois, zéro, cinq, cinq, huit.*
- *Enregistré pour une masse totale de 30558 livres CAPCOM, on s'y colle.*

Vous avez tous compris que pour engager le programme de poussée P30 il faudra à l'avance décider de l'heure exacte de la poussée, ce qui n'est pas nouveau en vol planétaire, et obtenir par un moyen quelconque la durée précise de combustion pour ajuster la trajectoire en fonction du profil de mission. Dans notre cas, nous avons environ dix minutes pour préparer le vaisseau ce qui est amplement suffisant ... si on ne patauge pas trop. Activons le programme souhaité sans trainer :

V37 E 30 E P30 ~~V06 N33~~

+00000 (R1 : GET de la manœuvre en Heures)

+00000 (R2 : GET de la manœuvre en Minutes)

+00000 (R3 : GET en secondes x 100)

Vous avez remarqué que **VERB** est suivi de **ENTER** ce qui signifie l'appel d'un programme du CMC. L'information P30 indique que ce n'est plus P00 qui dirige l'orchestre, mais le programme n°30. **VERB 06** indique que les données affichées sont celles qui ont été lues dans la mémoire du calculateur au moment de la validation. Le clignotement nous informe que le programme attend des données.

Enfin NOUN 33 précise quelles données le CMC attend en saisie, en l'occurrence V33 = Heure MET du prochain allumage. En clair, la première donnée que P30 désire, c'est l'heure précise à laquelle aura lieu l'allumage du SPS. La seule heure qui puisse être utilisée par tout le monde, (*Monde d'Apollo*) c'est le chronomètre de mission. L'intégralité de la mission est synchronisée sur cette horloge typiquement astronautique. Il faut indiquer sur les trois registres la valeur de 02:40:00 imposée dans le profil de mission. Attention, dans chaque registre on va indiquer une valeur en décimal. Ce format impose de préciser un signe. Comme dans notre cas il s'agit d'une heure "future", le signe sera positif. Si vous consultez la documentation d'utilisation du DSKY, vous constaterez que l'on peut modifier à notre guise chaque registre R1, R2, et R3 individuellement par les commandes V21, V22, V23. Mais parfois, certains programmes imposent de modifier obligatoirement deux ou trois données. C'est le cas de P30 qui oblige de consigner les trois registres. Alors logiquement il faudrait utiliser la directive V25 qui enchaîne les trois saisies. Mais pour constater les exigences du CMC, ou plus exactement de son programme, on va tenter de commencer individuellement par R1, avec dans l'idée ensuite de poursuivre avec V22 et V23 :

V21 E P30 ~~V21 N33~~

_____ (*R1 est effacé*)

~~V21 N33~~ qui clignote précise qu'il faut indiquer la valeur pour R1.

+00002 E

Si durant la saisie vous oubliez le signe, vous vous trompez sur un chiffre, tant que vous n'avez pas validé la donnée avec **E** il est possible de recommencer en cliquant sur la touche **CLR**.

Ouille, dès que l'on clique sur **E** c'est la guerre ! **KEY REL** clignote, c'est normal puisque le CMC ne peut à la fois continuer à afficher l'heure et de surcroît afficher le "dialogue" pour P30. Par contre la ligne R1 est effacée ce qui veut dire : "Donnée non prise en compte, recommencez". C'est surtout le clignotement de **OPR ERR** qui signifie que nous avons effectué une manipulation qui n'est pas conforme au protocole de P30. (*Heureusement que Popol a été faire son tiercé et ne traine pas dans le coin !*) Si on consulte la Check, on vérifie bien que notre V21 n'était pas le bienvenu. Donc **OPR ERR** ne fait que justifier le fait que le programme redemande la valeur de R1. On a compris. Cliquez sur **RSET** pour acquitter le témoin d'erreur et réitérons pour la valeur de l'heure :

+00002 E P30 ~~V22 N33~~

+00002 (*R1 : Valeur acceptée*)

_____ (*R2 est effacé*)

Le programme enchaîne de lui-même sur la demande de valeur pour R2. ~~V22 N33~~ qui clignote précise qu'il faut indiquer maintenant la valeur pour R2 et qu'elle concerne NOUN 33.

+00040 E qui passe à la saisie de la valeur des secondes multipliées par cent :

+00000 E P30 ~~V06 N33~~

+00002 }
+00040 } Affichage de V06 qui redonne les valeurs
+000.00 } actuelles mémorisées dans le CMC.

Il y a clignotement, le DSKY est en attente de réaction de notre part. Si nous constatons une divergence par rapport à ce que nous désirons, (*Erreur de saisie en général*) il suffirait de recommencer avec V25. Du reste testez la procédure en recommençant avec **V25 E +00002 E +00040 E +00000 E**.

P P30 ~~V06 N84~~

+00000 (*R1 : dV sur X en ft/s x 10*)

+00000 (*R2 : dV sur Y en ft/s x 10*)

+00000 (*R3 : dV sur Z en ft/s x 10*)

~~N84~~ : En consultant le livret du DSKY on note que ce sont des variations de vitesse sur les trois axes principaux du vaisseau qu'il faut indiquer. Pour y arriver le programme utilisera l'orientation de la tuyère par rapport au train spatial. C'est la fameuse vectorisation de la poussée.

Autonomie actuelle de fonctionnement du SPS.

Au fait, c'est bien joli de demander au SPS de nous fournir une variation de vitesse de 100 m/s. C'est beaucoup. Avons-nous assez de carburant ? Il aurait été judicieux de s'en préoccuper avant de s'embarquer dans la programmation. Heureusement que Popol tarde à revenir. La Fig.28 reproduit le graphe qui donne approximativement la durée de combustion possible en rouge, en fonction du

Page 30 pourcentage de remplissage des réservoirs en bleu dans l'hypothèse d'une carburation

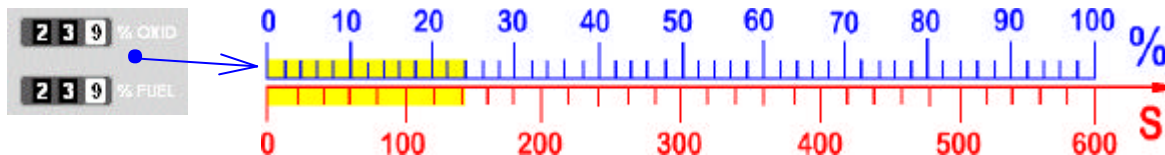


Fig.28

optimisée il va sans dire. Compte tenu de la masse actuelle du vaisseau et de la poussée nominale du SPS, la NASA prévoit une durée de poussée d'environ 5 secondes pour obtenir les 100 m/s d'augmentation de vitesse orbitale. Compte tenu des 23,9 % actuellement disponibles dans les réservoirs, nous pouvons compter sur un fonctionnement total de 140 secondes, ce qui est plus que suffisant et nous laisserait largement assez de réserve pour pouvoir effectuer la poussée nécessaire au freinage de retour sur Terre. Comme nous ne désirons qu'une poussée axiale, les deux registres R2 et R3 ne seront pas modifiés.

V21 E +01000 E **P30 ~~V06-N81~~**

+0100.0
+0000.0
+0000.0

Le CMC affiche les valeurs retenues.

P **COMP ACTY** un moment notable puis

P30 ~~V06-N42~~

+0202.5 (R1 : ApA résultant en Nm x 10)

+0145.9 (R2 : PeA résultant en Nm x 10)

+0100.0 (R3 : dV Total en ft/s x 10)

C'est durant cette phase d'attente pendant les calculs que l'on initialise généralement le système EMS. (Voir P32)

Le calculateur détermine les paramètres orbitaux qui vont résulter de cette poussée, et sur R3 la variation totale de vitesse qui sera obtenue. Ici elle est identique à celle programmée sur R1 puisque dans les deux autres directions on ne modifie pas la composante de vitesse. Commande PRO pour passer à la suite :

P **P30 ~~V16-N45~~**

+00 00

-11 17 (R2 : Temps jusqu'à la manœuvre)

+35929 (R3 : Angle moyen des cardans en ° x 100)

Ces valeurs sont fonction du temps mis pour effectuer les manipulations.

Détaillons le nouvel affichage. V16 précise que l'affichage est dynamique et qu'il est en décimal. Oubliez R1 qui n'est pas significatif dans notre cas. R2 précise le temps à courir jusqu'à l'allumage, soit ici 35 minutes et 54 secondes. Vous noterez au passage que les deux entités sont bien formulées en décimal, mais que le format de R2 est codé en hexagésimal, type d'affichage qui avait été mentionnée en bas de la page 18. Notez également que le fait de se trouver AVANT l'échéance génère un signe négatif. Ce décompte chronométrique évoluera naturellement en compteur quand l'heure consignée sera dépassée. On observe aussi que les cardans ne sont pas totalement au neutre. Durant la poussée il vont être actionnés pour modifier l'orientation du moteur. Bien que l'on veuille uniquement accélérer bien dans l'axe, le vaisseau n'étant pas homogène n'a pas son centre de gravité sur l'axe X'X, d'où cette correction ... nous y reviendrons le moment venu.

Bon, le "sablier se vide", il faut immédiatement donner l'ordre au CMC de procéder à la manœuvre.

Engager le programme pour réaliser la poussée en mode automatique.

Toutes les manipulations précédentes n'ont fait que mettre en mémoire dans les registres interne du CMC les valeurs de la poussée et déclencher un chronomètre qui va se contenter de décrémenter, de passer par la valeur zéro, puis d'incrémenter. Si nous désirons réaliser la poussée, il faut activer le programme P40 spécialement prévu à cet effet. Vous constatez sur la Check-list qu'il faut initialiser des inverseurs sur le tableau de bord, mais pour gagner du temps ils sont tous déjà correctement en place.

P **P30 ~~V37~~**

La fin du programme P30 passe la main à V37 clignotant qui désire nous voir imposer un nouveau programme. Normalement, on programmerait P30 plus à l'avance. Du coup ici il deviendrait logique provisoirement de repasser la main à P00 le mode attente d'instruction. Mais comme nous n'avons pas de temps à perdre, on va enchaîner directement sur P40 :

40 E **P40 ~~V50-N18~~**

+NNN.NN

+NNN.NN

+NNN.NN

Oublions dans cet exercice l'orientation du train spatial, thème qui sera abordé plus tard. Les données orbitales annoncées ne seront donc pas effectives.

Comme on ne veut pas ici changer l'orientation du vaisseau, on provoque le passage au stade suivant :

E **P40 ~~V50-N25~~**

+00204

V50N25 nous invite encore à réaliser une action précisée dans les Check-list.

P : Fait fonctionner les GIMBAL à $\pm 2^\circ$ et les recentre. C'est une procédure pour vérifier que le système d'orientation de la tuyère est en parfait état de marche. Juste après avoir cliqué sur la touche **P** observez les indicateurs de la Fig.17 en page 22. On doit constater que les index se déplacent vers le haut et vers le bas jusqu'à la graduation 2° , et ce autant pour PITCH que pour YAW.

Puis, après avoir testé la vectorisation du SPS, après quelques secondes le programme affiche :

P40 V06 N40

-35 18 (R1 : Décompte d'allumage)

+01000 (R2 : Poussée dV programmée)

+00000 (R3 : xxx)

Normalement, à partir d'ici il suffirait d'attendre l'heure de la mise à feu, mais il y a une action qui fait partie de P30 que nous avons passé sous silence :

Programmer une valeur de DV sur le système EMS.

Rassemblant les fonctionnalités principales pour pouvoir effectuer une rentrée atmosphérique, le système EMS intègre également des technologies permettant de mesurer avec précision les variations de vitesse subies par le vaisseau le long de son axe X'X *suite à des accélérations longitudinales provoquées au moyen des RCS ou du SPS*. Pour surveiller le bon comportement du programme P40 il faut programmer la vitesse consignée dans P30 comme montré en **1** sur la Fig.29 sur l'afficheur **[ΔV RANGE]** du boîtier EMS. Ainsi, si le moteur ne s'arrête pas à la valeur "ZÉRO" ou si l'on subit une alerte de type **PROG** (Avec généralement une erreur n°1407 : Un dépassement de la vitesse programmée) ou pourra stopper la poussée en urgence en plaçant **1** : **[ΔV THRUST]** les deux inverseurs sur **-OFF-**. Commencer par commuter le sélecteur **2** sur la position **ΔVSET** qui génère un rapide test du compteur **1** et qui le replace à zéro. En cliquant avec le **BGS** sur le haut ou sur le bas du bouton à bascule **3** on incrémente ou on décrémente rapidement le compteur **[ΔV RANGE]**. Avec le **BDS** on obtient le même effet mais bien plus lentement ce qui permet d'affiner avec précision la valeur désirée. Une fois l'afficheur prépositionné, il faut l'activer en plaçant **2** sur la position **ΔV**. Dans cette configuration, le compteur **1** enregistrera toute variation de vitesse sur X'X engendrée par une poussée du SPS ou des RCS, à condition toutefois que **4** soit positionné sur **NORMAL**.

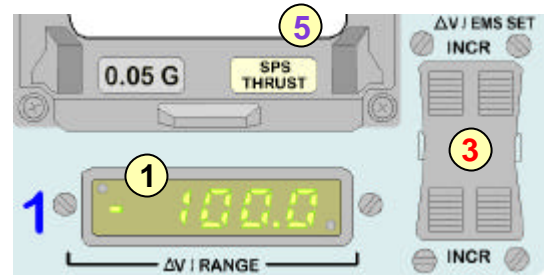
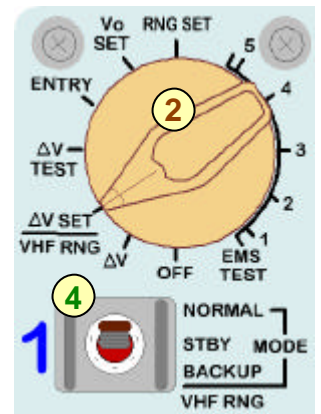


Fig.29



Attendre l'heure de la poussée pour la valider.

Sécurité oblige, jusqu'au dernier moment la manœuvre peut être suspendue, ou plus exactement pour avoir lieu il faut la valider dans la fourchette des cinq secondes qui précèdent l'heure prévue pour l'allumage. On va donc sagement attendre cet instant fatidique. Si vous avez effectué l'exercice avec promptitude, il vous reste sept à huit minutes à attendre. Pour ceux qui le désirent, cette phase de l'exercice est disponible dans la situation **06B) Attendre l'allumage du SPS.scn**. Notez qu'au rechargement de la scène la valeur de **[ΔV RANGE]** est légèrement dégradée. La réinitialiser à **100.0** sans oublier de replacer **2** sur la position **ΔV**. Il serait possible en attendant 02:39:55 de se tourner les pouces, mais ce n'est pas le genre de la maison. On va utiliser le DSKY pour s'informer de divers paramètres, histoire de découvrir au passage que le CMC est multitâche. Il surveille P40 et continue le dialogue avec nous.

V16 N65 E : Une vieille connaissance qui affiche la valeur du compteur de mission.

~~**V16 N33 E**~~ : Pas la peine de réitérer V16, il suffit à convenance de changer la cible. NOUN 33 qui affiche l'heure du prochain allumage. Bien évidemment on retrouve 02:40:00 codé sur les trois registres.

N20 E : Affiche les trois angles des cardans de la centrale inertielle, ce qui permet de confirmer la cohérence de la sphère du FDAI n°1, nous verrons plus tard comment interpréter ces instruments.

N40 E : Histoire de vérifier le temps qui nous reste avant de rester les yeux rivés sur R2. On a encore largement de temps pour explorer divers affichages possibles sur le DSKY. Par exemple :

N38 E : Affiche le temps écoulé depuis la mise en service de la centrale inertielle. À peine six minutes de plus que le MISSION TIMER. C'est une valeur totalement irréaliste qui dénonce une scène "bricolée". En

Pré-lancement. Comme cette scène n'est pas issue d'une préparation complète et totale suivie d'un lancement, on trouvera forcément des incohérences ici ou là.

N81 E : Information plus utile puisqu'il s'agit de la variation de vitesse consignée pour P40.

N47 E : **P40 V16 N47**

+31879 (R1 : Masse du CSM en livres)

+00000 (R2 : Masse du LM en livres)

Il est totalement normal de trouver une valeur nulle sur R2 puisque le module lunaire n'est pas accouplé. GLUPS, mais la masse du CSM ne correspond pas à celle indiquée par CAPCOM !

C est totalement normal. Le CMC n'a aucun moyen de mesurer la masse du train spatial. On perd constamment du poids. Chaque fois que l'on utilise les RCS ou le SPS c'est de la matière qui part dans l'espace. Et puis il nous arrive d'expulser l'eau usée, les urines, de décompresser l'habitacle. Bref, tout ce qui quitte le train spatial en allège définitivement la masse inerte. Sur Terre des spécialistes ont pour mission d'établir un bilan de masse en permanence. La valeur trouvée dans R1 et R2 n'a pas été devinée par le CSM. C'est une donnée qui a été initialisée à un moment donné du vol. Il faut la corriger avant toute manœuvre. Nous verrons plus tard comment "contacter la Terre" pour avoir cette donnée.

V21 E +30558 E (*Penser au signe + car c'est une variable décimale*)

Affaire classée, la masse enregistrée est désormais la bonne.

V16 N 40 E : Il nous reste encore du temps.

~~V16 N 47 E~~ : **P40 V16 N47**

+30556

La valeur est un peu modifiée une fois mémorisé, ce qui expliquerait lors d'un rechargement de situation qu'une vérification telle que celle-ci puisse montrer de légères dégradations sans importance du reste. On s'achemine vers le moment de vérité, aussi il devient prudent de revenir et rester à l'affichage de P40 :

N40 E

Détaillons ce qui va se passer. Attention, tout va aller très rapidement.

À **-00 35** extinction du DSKY pour nous prévenir qu'il faut rester attentif.

À **-00 29** réaffichage du décomptage sur le DSKY.

À **-00 05** affichage de **P40 V16 N47** pour demande de confirmation :

Immédiatement P pour autoriser la poussée.

Le décomptage se poursuit inexorablement. Arrivé à zéro le témoin **5** s'allume, le SPS se déchaîne, l'accéléromètre monte à environ 0,6G, la pression indiquée dans **3** de la Fig.17 (*Page 22*) monte à la valeur 100, et l'indicateur **[ΔV RANGE]** en **1** mouline à toute vitesse pour s'arrêter à presque zéro.

Au final, avez-vous eu le temps d'observer tout ça ?

Non, car vous n'étiez pas préparé. Il vous faudra refaire cet exercice histoire de conforter votre expérience. Pourquoi ce "presque zéro" et non exactement la nullité ?

Tout simplement parce que nous sommes "dans une réalité" et non dans des systèmes parfaits comme ceux du DG par exemple. Il faut bien se dire qu'une foule de paramètres s'associent pour engendrer de la "dispersion". Par exemple le SPS ne passe pas instantanément de rien à la poussée nominale. Sa poussée est constante, mais il y a forcément de légères fluctuations, c'est un moteur, pas des mathématiques. De plus, la masse indiquée par les ingénieurs au sol n'est forcément qu'une (*Très bonne*) approximation.

Conclusion : Pour ajuster à exactement zéro la variation de vitesse, utilisez les RCS qui si vous avez correctement travaillé (*Respect de la Check-list*) sont en mode linéaire.

Une fois l'indicateur **1** exactement à **0.0**, on peut passer à la suite du programme de poussée automatique :

P **P40 V16 N85**

-00037

+00207

+00192

} *Erreur résiduelle, les trois
valeurs devraient rester faibles.*

P 06 E

pour replacer le calculateur en sommeil. Longue période de **COMP ACTY**.

P06 V50 N25

00062

Normalement on a vu en page 20 qu'il faudrait cliquer sur **P** pour effacer le DSKY et allumer **STBY**. Il se produit parfois un comportement un peu étrange comme dans cet exercice où **STBY** s'allume immédiatement et le DSKY ne s'efface pas. Pour en sortir : **V37 E 00 E**.

EXERCICES de base sur les FDAI : (FDAI : Flight director attitude indicator)

Continuer notre formation par l'étude de la vectorisation du SPS semblerait logique et naturel. On terminerait ainsi l'étude du moteur orbital et tous ses aspects d'utilisation seraient maîtrisés. Et bien ce ne sera pas mon choix, et ce pour plusieurs raisons. La première, c'est que ce chapitre est prématuré, car les exercices proposés exigent de comprendre les informations données par les deux FDAI. La deuxième, c'est l'envie de "papillonner" au maximum pour varier l'ordinaire. Enfin, globalement j'ai opté pour une stratégie d'approche tout azimut, mais avec en priorité une "linéarité progressive" dans les apprentissages. Alors oublions un peu le gros moteur du SPS et abordons un nouveau thème qui, c'est un pléonasme, va servir de prétexte à conforter au passage certains acquis.

Ressemblant à des horizons artificiels disponibles sur les tableaux de bord des avions, il peuvent accessoirement assurer cette fonction. Mais ils sont bien plus que leurs frères en aviation. Leurs sphères mobiles représentent l'attitude du vaisseau dans une référence qui sera choisie par le pilote. Bien que Popol ne soit pas encore revenu de "faire son tiercé", je suis certain que vous avez déjà dévoré les chapitres pages 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37 et 38 des documents **TECHNOLOGIE 1** et **2.pdf**.

- Tout ça d'un coup ?

- Hé oui les copains, c'est que tous ces systèmes ont une religion en commun, ils sont étroitement liés.

- Trop, c'est trop, j'ai pas envie de me prendre la tête !

- Comme tu le sens cher copain astronaute ... mais je vois Popol qui revient, et il a l'air en forme !

Qui montre Quoi ?

Vous avez déjà "intuité" que si le tableau de bord est équipé de deux de ces instruments identiques, c'est pour des raisons de facilité, et qu'ils sont interchangeables. Autrement dit que l'on peut à notre convenance afficher ce que l'on désire sur chacun d'entre eux. C'est parfaitement raisonné, mais ce n'est pas la seule raison. Comme vous avez lu attentivement le chapitre du blocage de la centrale inertielle par alignement des articulations, vous devez savoir que si cela se produit ... c'est la galère. Pour palier ce problème, les deux FDAI seront généralement simultanément en service. En standard celui de gauche permettra de surveiller l'IMU et sa zone rouge sera significative du danger. Celui de droite sera corvéable à souhait et initialisé en fonction des besoins du moment. On va dans ce chapitre expérimenter divers cas d'utilisation et surtout apprendre à interpréter les informations représentées sur la sphère d'attitude. Chargez la scène **07) Apollo 7 pour utiliser les FDAI.scn** qui nous place à faible distance du S IV-B. Les FDAI et les gyroscopes sont en service. Commencer par couper le radar de proximité à l'aide du MFD de gauche. Puis vérification du bon fonctionnement du DSKY et en particulier de tout ses témoins d'alerte, c'est important :

V35 E : Se contente de tester l'allumage de tous les témoins et de tous les segments des chiffres. Durant l'indisponibilité de la centrale inertielle et du calculateur les témoins **CMC** et **155** s'illuminent.

V16 N65 E : La routine.

• EXERCICE 1 : Mettre hors service un FDAI en dysfonctionnement.

Actuellement les deux FDAI sont en service l'inverseur **1** étant sur la position **1/2**. Dans cette configuration en standard le FDAI n°1 est affecté à l'IMU et montre l'attitude de la centrale inertielle dans la référence REFSMMAT en cours. Il sert à éviter au maximum la zone rouge interdite. Le FDAI n°2 est "libre utilisateur" et sera utilisé à convenance. Il est possible d'en modifier l'attitude à l'aide du dispositif montré sur la Fig.32 dont on va détailler l'utilisation plus avant. Basculez **1** sur la position centrale **2**. Immédiatement le FDAI de gauche est mis hors service, son drapeau **OFF** nous prévenant de façon bien visible. Naturellement positionner l'inverseur **1** vers le bas aura pour effet de mettre hors service le FDAI n°2 et affichera son drapeau **OFF**.

Replacer l'inverseur **1** sur la position haute **1/2**.

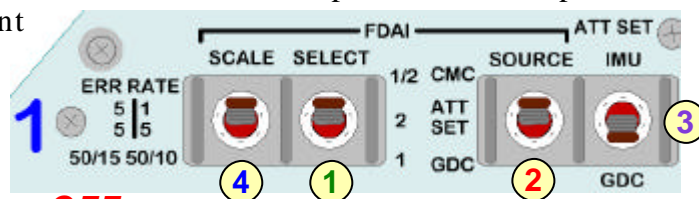


Fig.31

Ben Môa môa quand je clic clic clic sur le DSKmachin toutes les additions que je fais avec la touche + et plein plein de chiffres donne à chaque fois un FAUXTRUC.

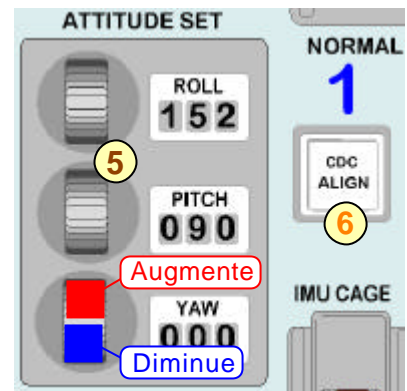


• EXERCICE 2 : Changer les rôles affectés aux FDAI.

Fig.32

La Fig.52 page 37 dans **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf**

donne une idée générale de l'enchevêtrement des éléments constitutifs du système de navigation et de guidage. Pour l'instant on va passer sous silence l'utilisation des aiguilles orange de visualisation "des erreurs". Basculez l'inverseur **SOURCE** en **2** sur ses trois options possibles : Il ne se passe rien. En effet, on ne peut imposer une orientation déterminée de la sphère avec **5** que sur le FDAI n°1 ou le n°2 mais pas sur les deux à la fois. Si les deux FDAI sont activés, le n°1 visualise les références IMU alors que le n°2 visualise l'attitude du vaisseau. Remplacer l'inverseur **2** en position haute et suspendez le fonctionnement à gauche en plaçant **1** au centre.



Immédiatement le FDAI de droite affiche l'attitude issue de l'option **SOURCE**, dans notre cas celle du calculateur. Basculez **2** sur **ATT SET**. La sphère adopte l'orientation "triple zéro" consignée sur le tableau ASCP de la Fig.32 ci-avant. (*Attitude Set Control Panel*) Cliquez un peu n'importe comment sur les molettes **5** pour en changer la valeur. Vous observez qu'un clic avec le **BGS** sur le haut de chaque molette fait augmenter l'attitude affichée d'un degré. En cliquant sur le bas de la molette l'attitude diminue d'un degré. Le **BDS** agit en dixièmes de degré. Si le bouton de la souris reste activé il y aura défilement continu. Après avoir décalé aléatoirement les trois angles, cliquez sur **6**. La sphère sur le FDAI adopte les trois angles consignés sur l'ASCP. Quand on modifie les valeurs avec **5** on constate que les aiguilles orange se décalent sur le FDAI, nous verrons plus tard leur utilisation. On peut remarquer qu'en passant **2** sur la position inférieure, la sphère ne modifie pas son orientation, mais les trois aiguilles de tendance orange se recentrent. Basculer **1** en position basse et modifiez les options avec **2**. Actuellement c'est le FDAI de gauche qui adoptera les orientations en fonction de **SOURCE**. Pour mieux comprendre la combinatoire des informations affichées sur les sphères d'attitude en fonction des inverseurs **1**, **2** et **3**, il faudra consulter le résumé consigné dans le tableau de la page 39 du document **SYSTÈMES APOLLO**.

Premier pas : Utiliser la sphère d'attitude sur des références circonstanciées.

Maintenant que nous avons une petite idée concernant la sélection des instruments, on va chercher à bien comprendre l'interprétation des sphères d'attitude. Chargez la scène **07) Apollo 7 pour utiliser les FDAI.scn** pour se retrouver derechef dans la zone éclairée de notre orbite. Coupez le sifflet au radar et réanimatez le DSKY avec V16 N65. Placez **1** en **position standard vers le haut**, et les inverseurs **2** et **3** vers le bas sur **GDC**. Décalez puis recodez un triple zéro sur les molettes. Procédez à un ajustement fin avec le **BDS** pour s'imprégner de la précision possible sur ce dispositif. Vérifiez avec **6**.




• EXERCICE 3 : Utiliser un FDAI en référence terrestre.

Nous avons à gauche l'orientation des cardans de l'IMU et à droite une référence personnelle momentanée. En l'occurrence la sphère matérialise l'attitude actuelle du vaisseau à l'image d'un horizon artificiel, sauf que la référence est le vaisseau et non un quelconque astre de proximité. Cas rare dans ce tutoriel, nous allons utiliser **Surface MFD** pour placer le vaisseau en attitude **RETRO GRADE** ailes à plat et ouvrir à droite **Project Apollo MFD** pour pouvoir facilement effectuer des **KILL ROT** avec son bouton **KLR** comme déjà utilisé en bas de la page 12. C'est totalement contradictoire avec la philosophie de **NASSP** qui consiste à n'utiliser que les instruments de bord de l'époque, mais dans ce chapitre nous allons faire une exception. Utiliser **/ num** pour engager les RCS en mode **ROTATION** et orientez convenablement le vaisseau. Pour parfaire l'orientation **RETROGRADE** avec les ailes à plat, trichons avec **[CTRL] H** et centrons **↖** sur **⊙**. Le CSM est exactement à reculons. Cliquez sur **6**. En triple zéro et vaisseau orienté par rapport à la Terre, la sphère FDAI est pratiquement devenue un horizon artificiel.


Pas vraiment un horizon artificiel, car elle conserve dans l'univers une orientation constante et non par rapport au sol. Du coup vous pouvez vérifier qu'inexorablement **⊙** s'éloigne de **↖**.


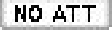
L'idée consiste à utiliser le FDAI pour effectuer exactement un demi-tour en lacet, ce qui placera globalement le vaisseau en **PROGRADE** ailes à plat. En utilisant la sphère d'attitude, non seulement on peut surveiller la valeur des 180° de rotation, mais contrer également les rotations parasites en roulis et en tangage avec les échelles des taux de rotation. Par contre, le demi-tour précis en lacet ne nous placera pas exactement en **PROGRADE**, car le vaisseau a circulé sur son orbite. L'horizontale du départ n'est plus correcte. Pour contrer ce problème nous aborderons le moment venu l'utilisation du système **ORDEAL**.


• **EXERCICE 4 : Utiliser un FDAI en référence de proximité.**

Quand nous devons effectuer une manœuvre avec une cible de proximité, le FDAI devient un outil remarquable pour en conserver la direction. **[CTRL] H** pour effacer de l'écran ce HUD anachronique. La position PROGRADE cabrée nous fait pointer au dessus de notre cible le S IV-B. Avec **[CTRL]**  passer en vue de l'écoutille. Puis utiliser  pour centrer le hublot. Faire piquer le vaisseau puis centrer dans le hublot le dernier étage du lanceur. Quand il est parfaitement centré, cliquez sur **6**. Le triple zéro sur le FDAI représente maintenant notre pointage sur cible. Aléatoirement, décalez angulairement sur les trois axes d'environ 30°. **[CTRL]**  nous confirme que nous avons perdu notre cible. Revenir aux "triple zéro". On peut vérifier que notre cible est visible dans le hublot. Elle se sauve un peu vers le bas. C'est parfaitement normal, car nous circulons sur l'orbite, et comme pour l'horizon local notre vaisseau cabre par rapport à la Terre, donc par rapport à la cible. Dans ce cas, le système ORDEAL serait encore un outil pour nous faciliter la vie. Par contre, nous verrons dans le chapitre sur l'extraction du LEM l'utilité incontestable du FDAI utilisé de cette façon.


• **EXERCICE 5 : Utiliser un FDAI en référence inertielle.**

Traduisez : l'Univers. C'est quand on veut prendre une cible sur le ciel étoilé que le FDAI se montre le plus convivial. À titre d'exemple nous allons pointer le Soleil. Commençons par tourner de 120° en lacet vers la droite, non sans avoir au préalable recalé la sphère au triple zéro avec **6**. C'est facile, il suffit de passer le cercle rouge jusqu'à la graduation 6 pour 60°. Puis, cabrez. Passer en vue hublot d'écoutille que vous avez centrée avec . Quand le soleil se présente, le centrer parfaitement. Établir notre nouvelle référence avec **6**. À partir d'ici, le "triple zéro" nous orientera avec certitude vers l'astre diurne. En effet, la sphère conserve une direction constante par rapport à l'Univers, donc par rapport au Soleil. En valeur absolue notre déplacement sur l'orbite terrestre, emportés par son attraction, vient bien fausser un peu l'absolu, mais cette dérive est insignifiante. Faire tourner le vaisseau sur les trois axes pour perdre complètement notre orientation. Puis revenir exactement au zéro sur les trois degrés de liberté. On doit retrouver notre cible exactement au centre du hublot. Si ce n'est pas le cas, on a pris le symétrique et le Soleil se trouve dans notre dos. Il n'y a plus qu'à faire un 180° soit en lacet, soit en cabrage pour le retrouver. Cette technique sera utilisée pour orienter à convenance le CSM en vue de pratiquer une régulation thermique passive, thème qui sera abordé plus tard.

Ha ! J'oubliais : Si vous avez effectué vos exercices sans prendre de précaution, vous serez passé sur le FDAI de gauche dans la zone rouge et  se sera allumé. En principe, dès que c'est le cas on "passe en manuel", on contourne la zone, puis on continue la manœuvre. Il reste encore possible, mais je n'y crois pas, que vous ayez somptueusement ignoré cet avertissement orange. Dans ce cas le témoin  vient compléter son frère orange ... et Popol va encore exploser tout rouge. *Zêtes mal les copains !*

Vous pouvez engager le vaisseau dans toutes les girations possibles, la sphère d'attitude du FDAI n°1 est figée dans une inutilité tristounette. Hé oui, ce petit  nous signale que la centrale inertielle n'a plus de référence. En fait elle est bloquée par alignement de ses cardans. Ce sera la pire des corvées si on se laisse prendre. Alors à l'avenir ... surveiller à outrance la zone rouge à gauche, c'est presque plus important que tout le reste.

Premier pas : Comprendre ce que montre la sphère centrale.

Savoir interpréter les informations de la sphère d'attitude est fondamental. Mais si vous avez bien lu les chapitre des pages 38 et 39 de **TECHNOLOGIE 2.pdf** ce qui va suivre ne sera pas insurmontable. Avant que Popol ne passe dans le secteur et ne remarque le , rechargez rapidos une nouvelle situation nommée **08) Interpréter les sphères d'attitude.scn** dans laquelle le DSKY et le CMC sont en veille.

OUF, pas vu le , pas pris !

V37 E 00 E V16 N65 E. Devinez ce que ça fait !

Pour notre exercice on trouve un tantinet plus pertinent :

N20 E P00 V16 N20

+345.63 (Roulis en degrés en ° x100)

+064.40 (Cabrage en degrés en ° x100)

+041.74 (Lacet en degrés en ° x100)

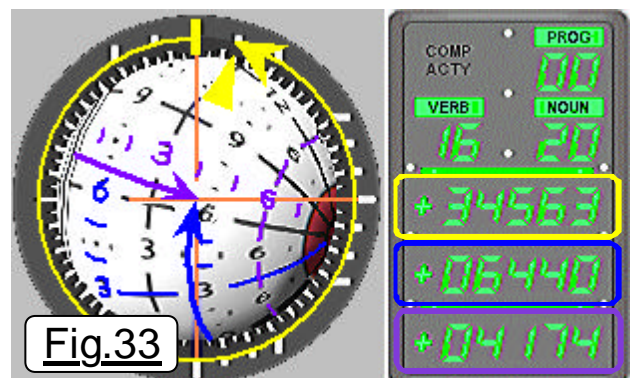


Fig.33

Première remarque qui s'impose : Nous savons que la sphère est totalement immobile par rapport aux étoiles qui matérialisent l'espace cartésien constitué de l'Univers. Les capteurs angulaire de la centrale inertielle sont extrêmement précis, et **V16 N20** permet d'en avoir la valeur au centième de degrés près. La seule façon de s'habituer à lire les indications de la sphère d'attitude consiste à faire tourner le vaisseau, à "deviner" les valeurs des trois angles puis à vérifier sur le DSKY. Ne pas hésiter dans cet exercice à abuser du bouton **KLR** de **Project Apollo MFD** pour figer le vaisseau dans l'Univers et ainsi avoir des affichages stables. Pour vous aider, j'ai sur la Fig.33 établi les relations entre les trois angles de l'IMU et leur affichage sur la sphère d'attitude. **Ne passer à la suite que lorsque vous serez convaincus d'avoir saisi la façon dont sont réparties les graduations et les valeurs numériques sur la sphère**. Par la suite, lors des vols lunaires, ne pas hésiter à faire appel de temps en temps à **V16 N20** pour rafraîchir un peu la mémoire et conforter vos réflexes de pensée.

NOTE : Il est habituel en général de coder le CABRAGE entre $\pm 90^\circ$. Pour le LACET on s'attendrait à des graduations inscrites également entre $\pm 180^\circ$ pour préciser si le dérapage se fait à gauche ou à droite. Dans le cas du FDAI il aurait fallu ajouter les signes négatifs avec pour conséquence une confusion inévitable avec les graduations intermédiaires qui situent les intervalles de 10° . C'est la raison pour laquelle on différencie en CABRAGE par le noir et le blanc, et pour le LACET avec un pseudo "méridien zéro". Pour le roulis c'est plus simple, il est vu "en vraie grandeur" sur les graduations de l'anneau périphérique. Ainsi, sa valeur sera parfois codée entre 0 et 360° , parfois entre $\pm 180^\circ$.

Quand vous aurez l'impression d'avoir bien compris les secrets de la bouboule infernale, cherchez à établir une relation entre son comportement et les mouvements engendrés par les RCS. Dans cette optique, engagez des mouvements élémentaires, avec uniquement du cabrage, du lacet ou du roulis. Avant chaque rotation, bloquez tout avec **KLR**. Vous devez à l'avance prédire comment va tourner la sphère. Oui, j'en conviens, c'est très simple puisqu'elle gire autour de chaque axe principal du vaisseau. La Fig.34 montre en **1** le mouvement de la sphère pour du ROULIS pur, en **2** pour du CABRAGE pur et en **3** pour du LACET pur, mais vous l'aviez déjà parfaitement assimilé. En revanche, observez-bien les "cercles" gradués qui défilent devant le repère de centrage et dont la Fig.35 en donne un aperçu.

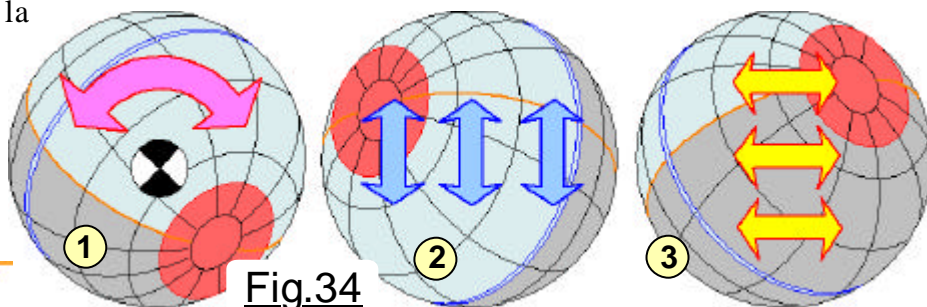



Fig.34

Elle représente le cas d'un mouvement de CABRAGE pur dans lequel le vaisseau est en train de piquer. On constate un mouvement général "du bas vers le haut" ce qui n'a rien d'un scoop il faut bien l'avouer. Par contre, si l'on observe la croisée des deux lignes de graduations mises en évidence en violet, on devine aisément que leur intersection va finir par se centrer. Conclusion : Bien que le mouvement engagé avec le vaisseau soit autour d'un seul axe, celui de TANGAGE, les angles de l'IMU (*Donc de la sphère d'attitude*) vont se modifier aussi en LACET. C'est assez évident quand on y prête attention, mais je pense qu'il était toutefois utile de le souligner. Sauf exception d'une attitude initiale particulière, celle du triple zéro pour ne pas la nommer, tout mouvement de rotation autour d'un axe principal du CSM engendre

inévitablement des changements d'angles gyroscopiques plus ou moins important sur les deux autres. Pour vérifier la non influence d'une rotation sur les

deux autres en initialisation "triple zéro", cliquez en **6** sur le bouton **GDC ALIGN** puis engager tour à tour un mouvement pur sur chaque axe du CSM. Vous pourrez vérifier que le "cercle" gradué de tangage ou de roulis reste centré sur . Par contre plus on va s'éloigner de la configuration "trois zéros", plus l'influence d'une rotation sur les autres angles sera importante. Pour que cette dernière manipulation soit probante, il faut que chaque **KLR** soit suivi d'un mouvement pur, c'est à dire qu'il vous faut contrer les rotations parasites qui affectent l'utilisation des RCS. C'est bon, on a tout compris sur l'interprétation de la bouboule, on peut s'applaudir sans vergogne. Clap clap clap clap !

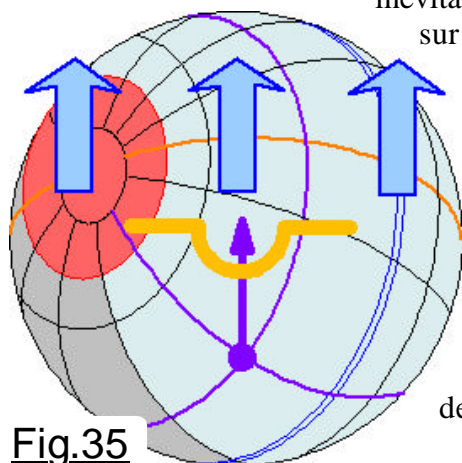


Fig.35

Premier pas : Faire bien attention au système ORDEAL.


L'oublier ne sera pas sans conséquences, et tout particulièrement quand vous désirerez orienter le vaisseau et surtout consulter les FDAI pour en déduire son attitude. Le but de ce paragraphe n'est pas de faire de vous des spécialistes, nous consacrerons un chapitre à part pour cet outil particulier. On va juste en parler un minimum pour vous prévenir qu'il peut discrètement vous "pourrir la vie". Cet exercice très simple au demeurant va juste nous montrer ce qui peut nous induire vicieusement en erreur, et surtout la précaution de base à prendre pour ne pas tomber dans le piège. Évidemment, quand vous avez chargé la situation **08) Interpréter les sphères d'attitude.scn** que du reste je vous suggère fortement de relancer, tout allait pour le mieux dans le meilleur des mondes. *Sur les consignes de Popol j'ai été obligé de vous présenter le CSM dans un ordre parfait et sans anicroche. L'a des cotés sympa Popol par moment, car ici j'aurais bien été tenté de vous glisser une peau de banane.*



APPLAUDIR, APPLAUDIR, mais vous vous croyez au spectacle ?
Bande d'invertébrés prématurés, vous imaginez avoir tout compris sur l'FDAille ?
NON NON NON et NON, c'est plus vivable avec des zigues pareils.
VOUS ALLEZ ME BOSSER ORDEAL, REFSMMAT et tout le reste espèce de TOUT COMPRIS.
Non mais alorssss !!!

ORDEAL (*Orbital Rate Display Earth And Lunar*) se compose d'un boîtier situé en haut à gauche du CM dont la Fig.36 représente le tableau avant. C'est un dispositif particulier qui permet de faciliter le pointage vers le sol quand le vaisseau est en orbite terrestre ou en orbite lunaire. Il vient "fausser" l'indication de cabrage en ajoutant aux signaux issus des gyroscopes un "décalage" inversement proportionnel à la période orbitale. Nous reviendrons plus tard sur la méthode pour le mettre en œuvre. On va simplement triturer quelques boutons sans se préoccuper de ce qu'ils font, juste pour constater que ce dispositif peut rendre les interprétations des FDAI totalement erronées.

• EXERCICE 1 : Partir et revenir.

Commencez par passer en vue hublot d'accostage et utiliser  pour le centrer sur l'écran vidéo. Surprise ... le Soleil est plein centre. Cliquez en **6** (Page 35) sur le bouton **GDC ALIGN**, ainsi pour revenir exactement vers notre référence solaire, il suffira de rechercher le "triple zéro" sur le FDAI de droite. Activer franchement trois rotations et laissez le vaisseau se décaler d'une grande amplitude. Passer en vue hublot, le Soleil est perdu. Tentez de le retrouver uniquement en regardant par la fenêtre ... galère. Si vous avez décalé le CSM de plus de 90° c'est pratiquement impossible. Repassez en vue des FDAI et engendrez des rotations pour revenir exactement au triple centrage ... miracle, il fait beau et le Soleil est de nouveau en plein centre du hublot.

• EXERCICE 2 : Compenser une rotation en cabrage.

Maintenant, laissez **4** qui actuellement se trouve sur 150 et surtout provoquez un KILL ROT avec **KLR**. Commutez **3** sur **EARTH**. Basculez **1** vers le haut sur **ORB RATE**. Vous constatez que la sphère d'attitude du FDAI n°1 subit une correction. Commutez **MODE** en **5** vers le bas sur **HOLD/FAST** pour initialiser des corrections rapides à l'aide de son voisin à rappel central **SLEW** en **6**. Quand vous le forcez sur **UP** ou sur **DOWN** vous imposez l'amplitude initiale de la correction. Décalez franchement la sphère d'attitude de gauche. Puis alternez les positions haute et basse sur **1**. Vous pouvez constater que la rotation de la sphère n'affecte ni le roulis, ni le lacet. Seul le cabrage subit une correction. Remplacer **1** et **5** en position haute. Accélérez l'écoulement temporel en **x10**. Vous constatez que la sphère se met à tourner. Vous pourriez en déduire que le vaisseau change d'orientation. Regardez par le hublot pour vous convaincre qu'il n'en est rien, les étoiles du ciel profond ne bougent pas. Remplacez **1** en position normale vers le bas

sur **INRTL**. La sphère retrouve son orientation originelle. Ha, mais je ne me rappelle plus comment elle était au début, d'autant plus que le Nulentout ne m'a pas demandé de la noter !

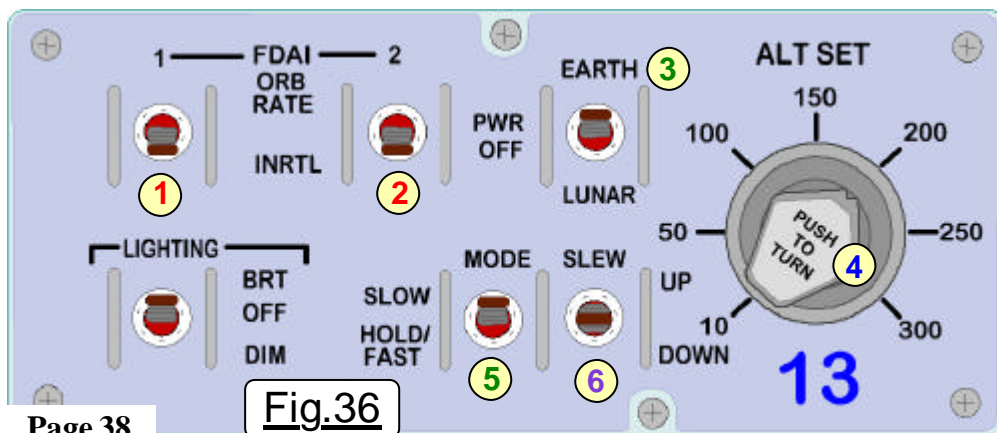


Fig.36

Au fait, c'est quoi la REFSMMAT dont a parlé Popol ?





C'est pourtant facile bande de cancrs invétérés.

V16 N20E

Z'en n'avez jamais entendu parler ?

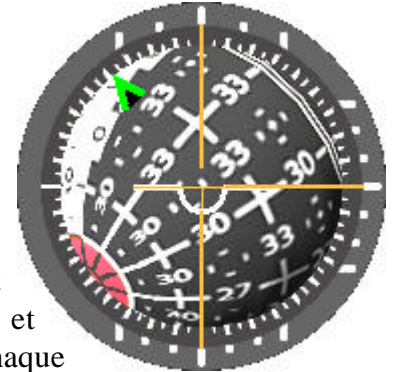
OULP, c'est vrai. N'oubliez pas avant, de réveiller le DSKY avec **V37 E 00 E** sinon qui vous savez va encore piquer une quinte de toux. Manœuvrez plusieurs fois **1** pour vérifier que sur position **ORB RATE** la sphère tourne au cours du temps, alors que sur **INTL** elle

revient à ses origines affichées sur le DSKY. Remplacez **1** en position normale basse.

Fig.37

• EXERCICE 3 : Partir et ... se perdre.

Pour cette expérience reprendre la scène **08) Interpréter les sphères d'attitude.scn** puis, éventuellement **V37 E 00 E** pour ne plus avoir ce clignotement ennuyeux sur le DSKY. Cliquez en **6** sur le bouton **GDC ALIGN** pour retrouver notre référence. Placez **3** vers le haut sur **EARTH** et **2** vers le haut sur la position **ORB RATE**. Le FDAI n° 2 subit une petite correction en cabrage. Qu'à cela ne tienne, maintenir **6** sur **UP** jusqu'à retrouver le triple zéro. Petit coup d'œil par le hublot d'accostage : OK, le Soleil est toujours là. Revenir sur le tableau de bord et engagez le vaisseau dans une rotation avec une déviation d'environ 40° sur chaque axe. Si vous avez utilisé des sens de rotation identiques aux miens vous devez obtenir un résultat analogue à celui montré sur la Fig.37 sur laquelle j'ai surchargé en vert le curseur de roulis qui n'était pas visible. Fixez le vaisseau avec **KLR** passez en vue hublot pour admirez les étoiles, accélérez l'écoulement temporel en **x10**. Restez à admirer le ciel profond durant environ 30 secondes que vous décomptez mentalement. Revenir à l'écoulement normal du temps et revenir face du tableau de bord. Libérer le KILL ROT et remplacez le vaisseau dans l'attitude du triple zéro sur le FDAI n°2. Nous devrions revoir le Soleil plein centre dans le hublot ... Loupé. Perdu le Soleil ! Vous pourriez en déduire que c'est l'attitude réciproque que vous avez adopté et qu'il faut effectuer un 180°. Adoptez la vue extérieure pour constater qu'il n'en est rien. On a perdu le nord ! D'où vient le problème ?



• EXERCICE 4 : Retrouver son chemin.

Simplement du fait que nous avons "oublié" d'inhiber le système ORDEAL qui superpose à l'affichage du cabrage sur les FDAI, une correction angulaire proportionnelle au temps qui s'écoule. Nous y reviendrons. C'est bien gentil de savoir d'où vient l'erreur, mais comment la corriger ? Très facilement. ORDEAL n'influence en rien les systèmes de navigation qui conservent leur fonctionnement normal. La Fig.68 en page 44 de **TECHNOLOGIE 2.pdf** montre clairement par les circuits coloriés en rouge, que seuls les orientations des sphères FDAI sont influencées par le dispositif, et uniquement sur l'axe PITCH. Repassez l'inverseur **2** en bas sur la position standard **INRTL**. Immédiatement le FDAI n°2 modifie son orientation en cabrage et retrouve la référence normale. Activez les RCS pour revenir "à l'ancien triple zéro". Miracle, le Soleil est à nouveau bien centré dans le hublot sauf ... si on a orienté en opposition sur le FDAI ou que la Terre cache notre étoile préférée. Si l'on voit défiler le sol, c'est que la Terre masque notre cible et dans ce cas généralement nous nous trouvons coté sombre. Par contre, si elle est bien éclairée, c'est que le CSM tourne le dos au Soleil et qu'il faut faire un demi-tour pour pointer à nouveau vers lui le museau de notre vaisseau.

CONCLUSION :

- Le système ORDEAL ne devra être mis en service que lorsqu'il est justifié.
- Chaque fois que l'on sortira de ce mode, il faudra placer **1** et **2** vers le bas et **3** au centre.
- Chaque fois qu'il y a divergence entre l'orientation sur le FDAI n°1 et **V16 N20** il faudra vérifier si le système ORDEAL n'est pas actif en consultant les positions de **1** et **3**.
- Chaque fois qu'il y a divergence entre l'orientation sur le FDAI n°2 et la consigne validée par le bouton **GDC ALIGN** en situé en **6** de la Fig.32 il faudra vérifier si le système ORDEAL n'est pas actif en consultant les positions de **2** et **3**.



CONFIGURATION STANDARD du système ORDEAL

EXERCICES de base sur REFSMMAT : (Reference to Stable Member Matrix)

Compte tenu de la rogne de Popol en haut de la page 38, il serait peut être urgent de commencer à se renseigner sur cette **REFSMMAT** sur laquelle il semble faire une fixette. En urgence, on ouvre **TECHNOLOGIE 2.pdf** à la page 54 et on se gave de l'intégralité de ce chmibleblique jusqu'au bas de la page 55. Tout ce baratin pour nous expliquer qu'une REFSMMAT n'est pas autre chose qu'un simple repère cartésien choisi à un moment donné ou à un autre pour que le système de navigation puisse nous positionner dans l'espace. OK, mais comment on la lui indique cette REFSMMAT au CMC ? Et bien c'est précisément l'objet de cet exercice élémentaire dans lequel on consolide notre aisance sur le DSKY. Allez, on recharge **08) Interpréter les sphères d'attitude.scn** et on se met au travail.

• EXERCICE 1 : Bloquer l'IMU.

Pour voir comment on réaffecte une REFSMMAT et surtout les conséquences qui en résultent, on va sciemment bloquer l'IMU par alignement des cardans. Rassurez-vous, Popol est au restaurant et claqué tout l'argent qu'il a gagné au tiercé. On est pénard pour la journée. Première étape on réveille le calculateur avec **V37 E 00 E**, puis on fait afficher les paramètres actuels de notre matrice stable truc machin bidule : **V16 N20 E P00 V16 N20**

+345.63 (R1 : OG Roulis en degrés en ° x 100)
+064.40 (R2 : IG Cabrage en degrés en ° x 100)
+041.74 (R3 : MG Lacet en degrés en ° x 100)

Angles de la centrale inertielle,
et par "définition" orientation
actuelle du vaisseau dans la
REFSMMAT en service.

Comparez avec l'orientation de la sphère d'attitude du FDAI n°1 pour vérifier la cohérence.

Maintenant, avec les RCS faire tourner le CSM et amenez la zone rouge plein centre dans le FDAI n°1. La sphère d'attitude de la centrale inertielle change d'orientation sur le tableau de bord. Ce n'est pas elle qui tourne en fait, elle est totalement immobile par rapport aux étoiles. C'est le vaisseau qui concrètement tourne autour de cette grosse bille. Dès que l'on approche de la zone critique et que **GIMBAL LOCK** s'allume, on sursaute car **MASTER ALARM** se déclenche. On ne pourra pas dire que nous ne sommes pas prévenus. Dès que **NO ATT** s'allume, la boule ne tourne plus et les informations sur le DSKY se figent. Le gyroscope (*B MAG*) continue de fonctionner, et l'orientation change sur le FDAI n°2, mais le calculateur a détecté la perte de liberté sur l'IMU et en bloque les mouvements.

• **EXERCICE 2 : Débloquer l'IMU.** La seule façon de sortir de cette impasse consiste à passer l'inverseur sécurisé **1** sur la position **IMU CAGE**. La sphère tourne et se positionne sur "un triple zéro". Ses trois cardans ne sont plus alignés et elle dispose à nouveau de ses trois degrés de liberté. Du reste quand on referme la sécurité, l'inverseur revient en position basse standard et immédiatement la sphère se remet en mouvement, et le DSKY se remet à frétiler. Les deux témoins d'alerte **NO ATT** **GIMBAL LOCK** s'éteignent, mais tout ne va pas pour le mieux dans le meilleur des mondes car le système de navigation est perdu, il ignore somptueusement de combien le vaisseau a tourné durant l'incident.



• EXERCICE 3 : Établir une REFSMMAT dans le système de navigation.

Autant il est facile d'imposer trois axes à l'IMU, comme on va le voir, autant il sera pénible de réinitialiser le système de navigation en conséquence. Pour réaffecter une orientation précise aux angles des cardans de la plateforme inertielle il suffit de faire appel au "Verbe" 41 avec 20 comme cible. Stoppez toute rotation avec **KLR** pour ne pas risquer un nouveau **NO ATT** durant nos manipulations. Prenons un exemple simple pour lequel les trois paramètres de la REFSMMAT seraient **25**, **50** et **30** :

V41 N20 E : V21 N22

Attend une saisie : **V21** pour signaler qu'il attend une saisie sur **R1** et **N22** pour préciser que c'est un nouvel angle pour l'ICDU. Les trois registres sont effacés et **V41** enchaîne les trois saisies.

+02500 E : Saisie Roulis sur **R1**, (Angle au centième de °) **V22 N22** > Attente sur **R2** :

+05000 E : Saisie Cabrage sur **R2**, (Angle au centième de °) **V23 N22** > Attente sur **R3** :

+03000 E : Saisie Lacet sur **R3**, (Angle au centième de °)

La sphère tourne et se positionne aux valeurs que l'on peut vérifier avec **V16 N20 E**. La centrale inertielle est référencée avec les paramètres de notre choix, mais **NO ATT** est allumé, le système de navigation est perdu. Il faut effectuer une procédure de réalignement avec utilisation du programme **P53** qui fait ensuite appel à **P54** ce qui oblige à bord à se contorsionner pour installer les optiques astronomiques. Cette procédure, que bien entendu nous expérimenterons, est déjà assez laborieuse à mettre en œuvre avec une souris, bien calés dans notre siège orientable avec un clavier ergonomique à bonne hauteur. Imaginer la

Exercices complémentaires concernant l'utilisation du DSKY.

- EXERCICE 4 : Imposer une orientation sur un seul axe R1, R2 ou R3.

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

Suite à cette instruction le DSKY attend successivement trois valeurs, mais on peut si on le désire, pour une quelconque raison, n'en modifier qu'une. Par exemple le Roulis que l'on va amener à 180° :

V21 E : ~~V21 N22~~

On réitère V21 pour signaler au programme que l'on ne désire modifier que R1. Ainsi il n'enchaînera pas automatiquement la saisie des variables R2 et R3.

+18000 E : V41

La sphère tourne et se positionne à la nouvelle valeur. Les trois registres restent effacés, mais si on tente de cliquer sur les signes ou sur les chiffres il ne se passe rien.

V16 N20 E P00 V16 N20

+180.02

+050.02

+030.00

Attention : Chez vous les divergences par rapport aux consignes et soulignées en jaune ne seront pas forcément identiques.

CONVERSION ANALOGIQUE NUMÉRIQUE et ALTÉRATIONS.

Quand on se fait réafficher les valeurs mémorisées, on constate souvent une petite divergence, alors que souvent on associe au numérique une précision absolue. Rien n'est plus faux. Que des capteurs soient de nature analogique ou numérique, dans tous les cas les valeurs qu'ils retournent sont forcément entachées d'une certaine imprécision. En fonction de leur définition, ils seront capables de discerner des différences de valeur de plus en plus infimes, mais quoi qu'on fasse ce ne sera qu'une approximation. Par ailleurs, la nature fondamentale de la numérisation engendre le fait que le dernier chiffre sera toujours fluctuant entre deux valeurs voisines, parfois trois. Considérons la Fig.38 qui schématise un processus de conversion Analogique/Numérique. L'axe bleu est représentatif du convertisseur des décimales les plus sensibles. C'est lui qui fournit le dernier chiffre significatif. Si le convertisseur était parfait, le basculement du chiffre retourné serait réalisé exactement à chaque incrément de conversion (*Seuil*) représenté en rouge. Mais déjà il n'y a aucune raison que la valeur mesurée soit exactement de 6 ou de 7. Elle peut parfaitement se situer entre les limites du pas de conversion comme montré en violet. Dans ce cas le convertisseur va osciller entre 1 et 2, affichant plus souvent 2 que 1 dans le rapport des distances qui séparent la valeur réelle des seuils de conversion. Outre cette fluctuation, la valeur mesurée elle-même sera sujette à des évolutions plus ou moins aléatoires dans une certaine plage comme représenté en jaune sur le croquis. Du coup la conversion va "sauter" entre 1, 2 et 3. Enfin, le convertisseur pour sa part n'est pas parfait. Les seuils de détection subissent pour leur compte des fluctuations comme mis en évidence en orange pour 9, ces imprécisions venant s'ajouter à celles déjà mentionnées. Et encore, nous n'avons analysé dans ces propos que la face émergée de l'iceberg, sachez que la conversion analogique numérique est infiniment plus complexe que cet exposé ne le laisse entendre, car il faut en outre ajouter les éléments perturbateurs. (*Parasites électriques, magnétiques, vibrations mécaniques, variation dues aux dilatations etc*) Dans un contexte de réalisme, il est donc normal de se voir souvent confrontés à des altérations de valeurs fournies aux

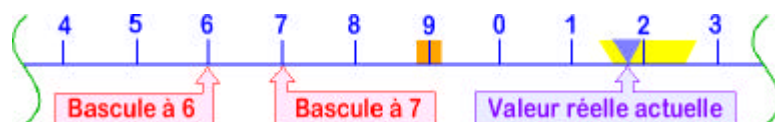


Fig.38

variables lors des saisies sur le DSKY, ou au rechargement des situations dans Orbiter.

La valeur pour le roulis est bien changée à 180.00 dans la mémoire du programme de navigation.

Notez au passage que pour 180° qui est à l'opposé de zéro, on peut proposer indifféremment un signe positif ou négatif comme on peut le vérifier avec :

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

V22 E : ~~V22 N22~~, (On impose à V41 de ne modifier que R2)

- 18000 E : V41 La sphère revient à un PITCH nul.

V41 N20 E : ~~V21 N22~~ (On doit réactiver V41 puisque la sortie de la saisie l'arrête)

V22 E : ~~V22 N22~~, (On impose à V41 de ne modifier que R2)

- 19000 E : V41 pour décaler un peu.

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

V22 E : ~~V22 N22~~, (On impose à V41 de ne modifier que R2)

- 18000 E : V41 On constate effectivement que +180 et -180 donnent un résultat identique.

~~V41 N20 E : V21 N22~~

V23 E : ~~V23 N22~~, (On impose à V41 de ne modifier que R3)

- 02000 E : V41 La sphère se décale dans une position aisée à interpréter.

• EXERCICE 5 : N'imposer une orientation que sur deux axes qui sont forcément sur R1 et R2.

Cette possibilité que l'on retrouve dans la majorité des procédures du calculateur n'est utile pour V41 que si l'angle de lacet est déjà correct. Dans le cas inverse, il faudrait compléter avec V23 ce qui n'est pas intéressant du tout. V24 n'est donc pas très pertinent pour le recalage de l'IMU, mais dans d'autres fonctions cette consigne sera parfois très commode. On va donc s'en servir ici uniquement pour l'expérimenter.

(On choisit par exemple un roulis de - 45° et un cabrage de - 15°)

V41 N20 E : ~~V21 N22~~ : Attend une saisie sur R1.

V24 E : Pour saisir uniquement sur les registres R1 et R2.

- 04500 E : Saisie Roulis sur R1, (Angle au centième de °) ~~V22 N22~~ > Saisie sur R2 :

- 01500 E : Saisie Cabrage sur R2, (Angle au centième de °)

V16 N20 E P00 V16 N20

+314.98

+344.98

+339.99

GLUPS !



Le tableau ci-dessous résume les manipulations qui conduisent à l'affichage actuel.

Manip 1	Manip 2	Manip 3	Manip 1	Manip 4	Manip 5	Manip 6	Résultat	Affichage
+ 25	+ 180					- 45	- 45	+ 315
+ 50		- 180	- 190	- 180		- 15	- 15	+ 345
+ 30					- 20		- 20	+ 340

Vous avez compris que la dernière colonne arrondi la valeur pour tenir compte de l'altération due à la numérisation binaire dans la chaîne de traitement. Par contre il semblerait que la mémorisation affichée ne corresponde pas à l'affichage qui sur la sphère d'attitude est parfaitement correct. Ne vous affolez pas, c'est simplement la façon dont le programme traite les données numériques. Parfois il utilise un codage signé de ± 180 . Mais dans d'autres traitements il peut coder sans signe, donc implicitement positif entre 0 et +360. C'est ce qu'il fait ici. Du coup, les valeurs négatives sont transposées :

R1 : $360 - 45 = 315$ R2 : $360 - 15 = 345$ R3 : $360 - 20 = 340$ Il suffit de le savoir.

• EXERCICE 6 : Diverses façons de coder les consignes en saisie pour les angles.

Outre le format utilisé par le CMC pour afficher les angles sur le DSKY, il importe à ce stade de notre formation de savoir que la façon dont nous allons indiquer les angles est plus souple que ce que l'on a vu jusqu'à présent. L'encadré proposé en haut de la page 43 explique les diverses possibilités qui sont mises à notre disposition. Laquelle est la plus appropriée ? Celle qui nous viendra à l'esprit au moment d'imposer un paramètre au calculateur. Il est logique de se voir pénalisé d'une "erreur opérateur" si on déborde de la plage 0° à 360° qui correspond à un tour complet. Par ailleurs le programme attend une valeur décimale, donc indiquer un signe est obligatoire. Procédons à quelques manipulations pour explorer ces diverses possibilités :

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

- 21000 E - 27000 E - 09000 E

V16 N20 E P00 V16 N20

+149.99 (R1 : $360 - 210 = 150$)

+089.99 (R2 : $360 - 270 = 90$)

+269.99 (R3 : $360 - 90 = 270$)

Pas un pour racheter les autres, c'est une calamité, un sinistre permanent, l'apocalypse, le néant total ! Vous m'avez encore bloqué la centrale inerte, zavez pas encore compris bande de néanDERTALs !!!

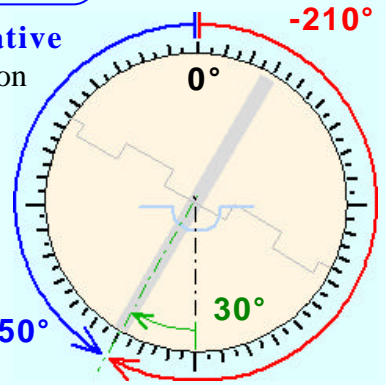
Quand on observe l'affichage, on a vraiment l'impression que le DSKY nous cherche, il semble vouloir inverser chaque valeur saisie, comme s'il avait l'esprit de contradiction.

Page 42 Restons ZEN, on ne va pas se fâcher pour si peu. OUICHhhhhh, il a raison



VALEURS POSSIBLES POUR LES ANGLES

Fondamentalement on peut utiliser toute **valeur positive ou négative comprise entre 0° et 359,99°**. Pour une valeur qui dépasse 180° la rotation poursuit vers les angles de signe opposé. Dans l'exemple ci-contre on a programmé un roulis de -210°, donc une rotation vers la droite en partant de 0. On va dépasser les -180° d'un angle de $210^\circ - 180^\circ = 30^\circ$. Au départ le roulis étant vers les 0° on s'attend à voir tourner la sphère dans le sens de la flèche courbe rouge, mais en réalité elle tourne dans le sens de la flèche bleue d'une valeur de $180^\circ - 30^\circ = +150^\circ$. Toute valeur fournie sans signe ou supérieure ou égale à 360° ne sera pas **+150°** acceptée et engendrera une alerte en faisant clignoter **OPR ERR**.



Popol, avant d'indiquer des valeurs, il aurait certainement été plus cohérent d'éviter les nombres qui tuent. On se débloque l'IMU en CAGE et on recommence :

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

+ 10000 E - 01000 E + 01000 E

V16 N20 E *P00 V16 N20*

+100.01

+350.01 (R2 : 360 - 10 = 350)

+010.02

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

- 03000 E + 02000 E - 01000 E

V16 N20 E *P00 V16 N20*

+330.02 (R1 : 360 - 30 = 330)

+019.98

+350.01 (R3 : 360 - 10 = 350)

Ces deux expériences permettent de comprendre le mode de fonctionnement du calculateur. En fait il ne nous en veut pas. C'est uniquement le traducteur binaire (*Pour lui*) vers décimal (*Pour nous*) qui ne peut exprimer que des nombres positifs sur le DSKY. Alors systématiquement si on code une variable en négatif, sur l'écran nous verrons afficher son complément à 360. Facile à deviner en vérité.

• **EXERCICE 7** : Quelques bêtises pour terminer ce petit dialogue hilarant avec le CMC.

V41 N20 E : ~~V21 N22~~

- 05432 E - 36521 E + 12345 E

(R1 est effacé)

- 365.21

+123.45

Le témoin **OPR ERR** clignote et on retourne en début de saisie, visiblement le programme ne veut pas ces données. Mais pourquoi donc il refuse la valeur de R1 et en redemande la saisie ?

Mauvaise interprétation. Il refuse la saisie "en bloc" et redemande les trois valeurs. Avec plus d'attention on réalise que pour le cabrage on a débordé de 360° ! Alors il n'y a plus qu'à recommencer :

RSET pour éteindre **OPR ERR** puis :

- 05432 E 20000 E + 12345 E

(R1 est effacé)

200.00

+123.45

Encore **OPR ERR** qui nous nargue. Saperlipopette, pour R2 nous avons oublié le signe !

RSET - 05432 E + 02 CLR +20000 E + 12345 E

V16 N20 E *P00 V16 N20*

+305.67 (R1 : 360 - 52.32 = 305.68)

+199.98

+123.43

Pour R2 on a inversé par "erreur" deux chiffres au début. Comme on s'en est aperçu avant de valider avec **E**, la touche **CLR** permet de recommencer la saisie.

Scongagneu, *on est hors zone interdite, mais le transit est passé très (TROP) proche du centre rouge*, on a presque bloqué l'IMU. Quelle galère cette sphère diabolique, il faut penser à tout !

L'ACCOSTAGE :

Histoire de changer un peu d'activité, nous allons aborder dans ce chapitre une phase totalement différente des précédentes. L'accostage constitue l'une des phases les plus critiques d'une mission Apollo. Un mot presque anodin qui cache bien des pièges. Analysons succinctement ce processus qui s'apparente à ce que nous faisons quand assez maladroit on tente de réaliser un créneau avec notre berline et que durant la manœuvre on va toucher en buté pare-choc contre pare-choc sur le véhicule de devant. PLOC ! Pas de quoi en faire un drame. Avec le CSM, on cherche à faire pareil en allant titiller l'ensemble LEM/S IV B. Il en va tout autrement. Notre berline présente une masse de ? Au fait, quelle est la masse du CSM ? **Consultez l'encadré** en bas de cette page. Vous constatez que notre véhicule fait la respectable bagatelle de 27 tonnes qui vont heurter un mastodonte de plus de 100 tonnes. Alors, si l'approche est un fifrelin trop rapide, PLOC se transforme en SCRATCHHHBRINKCRAC ! Le mécanisme d'arrimage est faussé et c'en est fini de la Lune. Snifffff.



Fig.39

a



Fig.40

Autre difficulté et pas des moindres. Vous venez de négocier avec maestria une approche digne de celles des meilleurs pilotes de la NASA. Vous commencer à vous décontracter et jetez un clin d'œil jubilatoire à vos deux autres compagnons de voyage. La sonde est exactement "pile poil" bien en face du cône d'arrimage du LEM et vous avez effectué la poussée tout chouilla mignonnette qui a amené le CSM au contact du LEM. Tendre bisou technologique : POP ! (*Clap clap clap les deux copains*) Mais vous n'avez pas vraiment réalisé que l'alignement n'est pas parfait, en particulier l'angle **a** (Voir Fig.39) est un fifrelin trop important. Fort de cette magnifique démonstration de vos performances de pilote, avec assurance vous basculez l'inverseur qui déclenche le mécanisme de resserrage des joints d'étanchéité et les mécanismes de verrouillage. C'est un doux Clang Clang Clang Clang que fait entendre Orbiter quand on arrime. Et bien non, c'est Crouich scroupchticrac qui vous alerte que la mécanique souffre. Les moteurs du mécanisme d'arrimage forcent. Dans le meilleur des cas la jonction ne va pas s'opérer, et il ne restera plus qu'à recommencer. Par contre, si les efforts ont été trop importants, le mécanisme peut être faussé. On est ramené au chapitre Snifffff. Que c'est-il passé ? Facile à comprendre. Le mécanisme tente de faire tourner le CSM pour résorber l'écart d'alignement avant de procéder à la rétraction de solidarisation et au verrouillage de sécurité. Il force exactement comme vous le feriez en Fig.40 avec vos deux bras, séparés d'environ un mètre pour faire tourner "en bout" l'ensemble des 27 tonnes du CSM. Un effort colossal. Non, Orbiter et NASSP ne prennent pas vraiment en compte ces problèmes de masse, d'inertie, de moments de forces, d'énergie de collision. Mais si vous vous installez dans la capsule de NASSP, c'est que vous êtes en manque de réalisme. Il faut donc faire comme en réel :

- De la rigueur > aligner angulairement et linéairement à l'obsession,
- Du doigté, de la finesse ... tout en douceur, comme si vous vouliez déplacer une rose totalement fanée sur des kilomètres sans perdre un seul de ses pétales. TENDRE BISOU ...

DÉTERMINER LA MASSE D'UN VAISSEAU EN ORBITE TERRESTRE.

C'est très facile en utilisant les outils classiques dans Orbiter. Commencez par charger la situation **09) Apollo en Fin de lancement.scn**, puis frappez la touche **[F4]** au clavier et cliquez sur **Visual helpers ...**. Cliquez ensuite sur l'onglet **Forces**. Cochez la case ☒ **Body force vectors** pour qu'Orbiter affiche les efforts en vue extérieure. Puis dans les éléments affichés **ne cochez que** l'option ☒ **Weight**. (Les poids) Passez ensuite en vue extérieure avec **[F1]**. On voit que le poids total du train spatial fait environ 1.253MN soit 1253000 N. Nous savons que le poids d'un corps est égal à sa masse multipliée par la valeur de la gravitation au point considéré, le fameux $P = M \times g$. On en déduit sans se prendre la tête que la masse est égale au poids divisé par la gravitation soit $M = P / g$.

Masse du train spatial : $M \approx 1253000 / 9.79 \approx 127,987 \text{ kg}$ soit $\approx 127 \text{ tonnes}$.

Certains esprits chagrins vont avancer qu'en général pour la valeur de **g** on utilise 9.81 m/s/s. Mais on orbite à environ 184 km d'altitude, l'attraction terrestre y est légèrement moins élevée qu'au niveau du sol. Si on procède à la séparation pour effectuer l'arrimage, le S IV B couplé au LM présente un poids de 994.7 kN soit avec le même calcul une masse de 101,6 tonnes environ. Quand au CSM, le poids affiché dans Orbiter est de 267,6 kN ce qui conduit à une masse d'environ 27 tonnes.

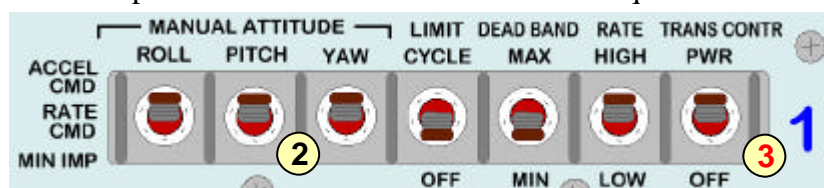
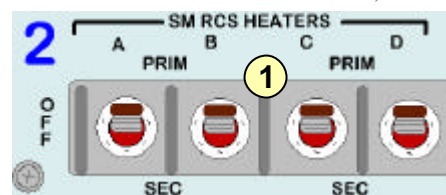
UNE FAMILLE RECOMPOSÉE :

(L'EXTRACTION DU LM)

Maintenant que nous savons à quoi nous attendre, nous allons procéder avec rigueur et "calme". Avec la situation **10) Apollo 11 pour extraction du LM.scn** nous sommes à 02:50:00 et Houston nous contacte pour nous informer que la manœuvre de changement d'attitude pour la séparation doit commencer à 03 : 05 : 03 et se terminer au plus à 03 : 09 : 20. La séparation doit pouvoir se produire à 03 : 15 : 00, donc environ dix minutes pour effectuer l'opération. Vive l'entraînement ! Je suppose que vous avez déjà compris qu'il est hors de question d'utiliser **Docking** MFD. Seuls les instruments de bord d'Apollo seront autorisés, c'est impératif si vous voulez vraiment arriver à maîtriser cette manœuvre. Rassurez-vous, on va en contrepartie faire feu de tout bois, c'est à dire se servir de tout ce qui peut nous faciliter le travail et qui se trouve sur le tableau de bord. Si on déborde les horaires, ce n'est pas une catastrophe. Comme nous sommes en formation, on peut admettre que passer en vue extérieure est toléré, pour observer la configuration entre les deux vaisseaux et comparer ce que l'on observe à bord. Les hublots ne sont pas spécialement panoramiques ... mais il est totalement prohibé d'ouvrir le sas pour mieux y voir, de même que passer en tableau de bord simplifié vous éliminera définitivement des astronautes dignes de figurer sur le manifeste des équipages Apollo. *(L'est un peu dur dur là le Nulentout !!!)*

PRÉPARATION DES RCS.

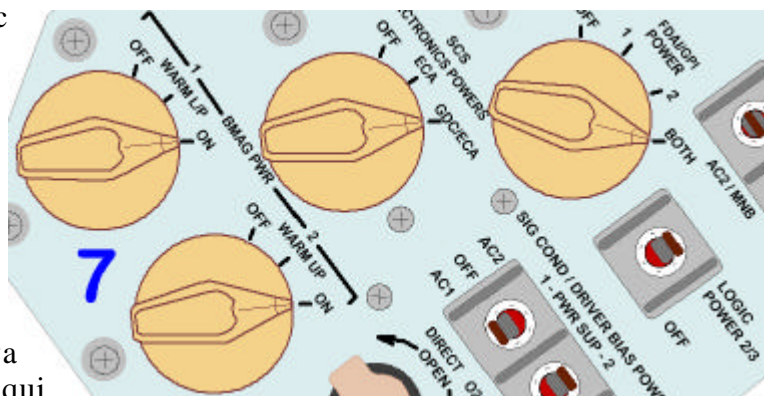
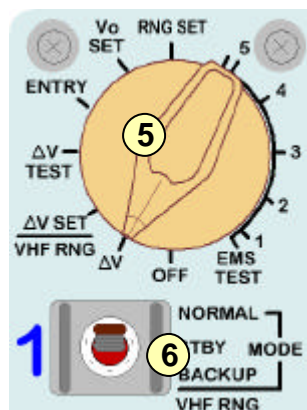
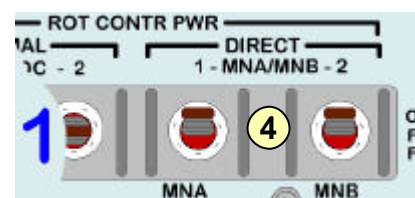
Comme on va devoir s'orienter, avancer, reculer, il faut impérativement que les RCS soient totalement opérationnels. En observant le tableau de bord vous pouvez vérifier que les quatre inverseurs **1** de réchauffage sont activés. C'est normal, car durant la transition entre la fin de poussée T.L.I. et l'instant présent, les Check-list nous ont incité à réaliser cette action importante. Activer les seize inverseurs qui sur le tableau 8 alimentent les quatre Quad comme déjà



vu lors de l'exercice sur les RCS. Activer également les seize inverseurs du tableau 2 qui valident les alimentations en hélium et en propergols. Les RCS sont alors disponibles, mais il reste encore à pouvoir les commander. Placer les trois inverseurs **2** sur **ACCEL CMD** et **surtout 3 sur la position PWR**. Enfin, pour compléter la configuration des RCS activer les deux inverseurs **4** en position haute. À ce stade si on tente de s'en servir, il ne se passera rien, car **les RCS du CSM ne fonctionnent qu'après séparation du S IV-B**. Nous sommes parés pour provoquer la séparation.

PRÉPARATION DES INSTRUMENTS DE BORD.

Nous allons maintenant préparer les instruments d'aide au pilotage. L'une des informations les plus pertinentes sera la vitesse linéaire le long de l'axe longitudinal du CSM. On pourra ainsi contrôler avec précision notre éloignement et notre rapprochement du LM. Comme déjà vu lors de notre apprentissage à l'utilisation du SPS, on va réutiliser l'indicateur numérique **ΔV / RANGE** du système de gestion des rentrées atmosphériques que nous activons avec le commutateur **5** que l'on place sur la position **ΔV** et l'inverseur **6** que l'on positionne vers le haut sur **NORMAL**. Mais l'instrument qui de loin va s'avérer le plus important est la sphère du FDAI n°2, car elle va nous servir de référence d'orientation. Elle va jouer le rôle du **X** qui guide l'orientation dans **Docking** MFD. Il faut commencer par conditionner les gyroscopes et les couplages FDAI comme montré en **7** sur le dessin. Par ailleurs, autre visuel primordial : Les échelles de taux de variation angulaire toujours sur le FDAI n°2. Configurer les options du FDAI comme montré en **8**.



Page 45

En particulier on désire au début de la manœuvre une grande sensibilité pour surveiller les rotations, vérifier que l'inverseur **SCALE** est bien positionné sur **ERR RATE 5 1 1**. Il n'y a plus grand chose à initialiser si ce n'est que l'on commence par vérifier que les molettes




du sous-tableau **ATTITUDE SET** en bas à gauche sont bien ajustées sur **ROLL 180**, **PITCH 000** et **YAW 000**. Nous verrons plus avant l'intérêt de leur utilisation. (*Le ROLL 180 est légèrement décalé*)

*Normalement, avant de séparer, le plan de vol prévoit d'orienter le vaisseau de façon à avoir le Soleil exactement en face. Ainsi, après avoir effectué un demi-tour pour commencer l'approche on voit parfaitement le LM et la cible en T sur ce dernier. Il se trouve qu'une orientation aux RCS tant que l'on est accouplé à l'étage S IV-B n'est pas possible. Mais pas de problème, comme l'horaire est respecté et que la T.L.I. nous a laissé globalement en **PROGRADE**, la Lune est presque en face et le Soleil pas loin. Nous verrons parfaitement le LM.* Nous pouvons procéder à la séparation, mais avant de "commettre l'irréparable", utilisons toutes les positions **A**, **B**, **C** et **D** du commutateur rotatif **2** : **RCS INDICATORS SM** pour vérifier sur les quatre jauges de **[SM RCS]** que tous les quads seront correctement alimentés car on compte impérativement sur eux.

UN DIVORCE CONSOMMÉ : Séparer le CSM du S IV-B.

Nous allons expérimenter la séparation entre le CSM et le dernier étage de la Saturn V. Il va falloir valider au moins l'une des deux lignes pyrotechniques et appuyer sur le bouton poussoir de séparation. Mais **avant de provoquer la séparation, le plus important consiste à préparer à bord une RÉFÉRENCE D'ORIENTATION par rapport à notre cible**, car sans cette précaution et sans l'usage prohibé d'un **Docking MFD**, on ne va pas y arriver. Donc, en priorité :



 **1 : pb GDC ALIGN** pour initialiser le FDAI n°2.

Par cette action, le FDAI n°2 s'est positionné dans une attitude facile à visualiser. Comme il est piloté par les systèmes gyroscopique, il va conserver dans l'espace son orientation, et par conséquent sera représentatif de celle du S IV-B. Sa sphère d'attitude sera notre **RÉFÉRENCE D'ORIENTATION**.

ACTIVER LES PYROTECHNIQUES.

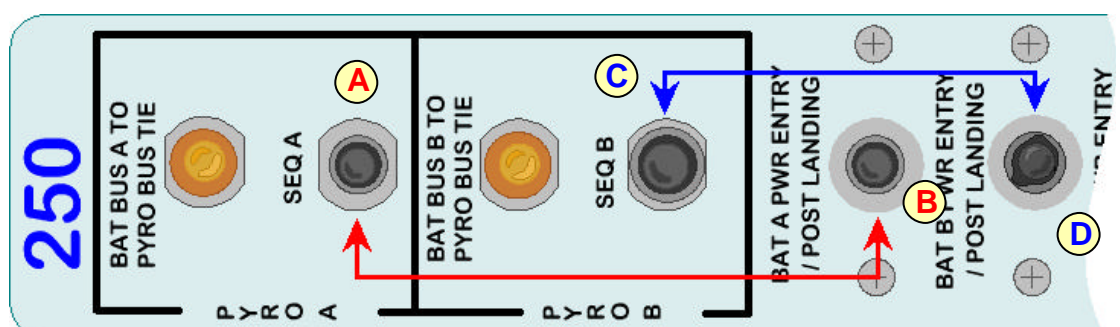
Dangereux par nature, les systèmes pyrotechniques sont en permanence sécurisés et inhibés pour éviter tout incident tragique sur fausse manipulation. Pour les activer il faut engager plusieurs actions volontairement éparpillées sur les tableaux de bord. Les chaînes fonctionnelles des systèmes explosifs sont résumées sur le schéma donné dans **TECHNOLOGIE 1.pdf** en page 10. Vous assimilez l'intégralité des informations de cette page et l'on peut passer à l'application. N'oubliez jamais que lorsqu'une opération pyrotechnique est achevée, sauf si une deuxième doit suivre dans un délai court, ce qui sera le cas ici, il faut impérativement "refermer" tous les circuits qui permettent les allumages explosifs.

La première étape d'activation standard consiste à alimenter en courant les lignes concernées. Une seule chaîne est suffisante, en général la ligne A représentée en rouge sur la Fig.41 alors que normalement en standard on laissera inactive la ligne bleue. Ceci dit, activer simultanément les deux circuits ne provoquera pas d'incident si tout est conforme à bord. Outre le sectionneur **A** il faut armer son complémentaire **B**. Si l'on veut utiliser la ligne bleue au lieu de la rouge, nous armerions les sectionneurs **C** et **D**.

Ensuite, procédure générale pour des phases de ce type, on doit passer sur le tableau 8 et y valider les fonctions pyrotechniques. Ces validations sont "placées" en cascade. Si l'une manque, la mise à feu des

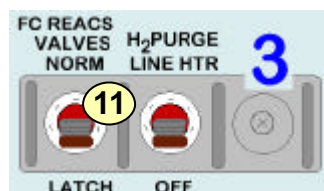
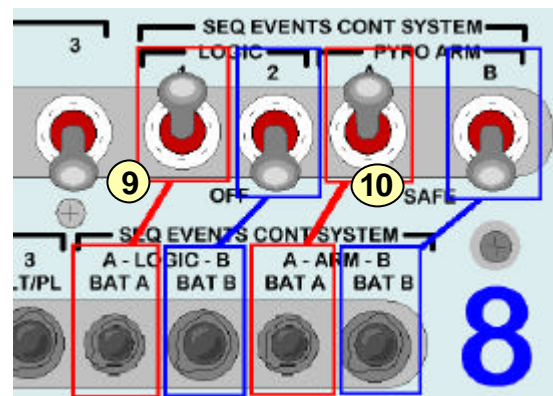
Les deux chaînes pyrotechniques indépendantes

Fig.41



explosifs ne peut se faire. Vous observez au passage que l'on doit déjà agir sur des tableaux très différents, ce qui ne peut se faire par inadvertance. La seule erreur possible serait de ne pas avoir tout coupé une fois la dernière manœuvre terminée, hypothèse exclue quand on respecte ligne à ligne les Check-list. Pour valider la "ligne rouge", il faut activer la logique électronique avec le sectionneur et l'inverseur associée **9** et le bus pyrotechnique avec le sectionneur **10** et son inverseur complémentaire. Autre précaution indispensable avant d'effectuer des séparations qui généralement procèdent par écartement "brutal" : vérifier qu'en **11** sur le tableau 3 l'inverseur **FC REACS VALVES** est bien sur la position de sécurité **LATCH**.

Fig.43



PROCÉDER À LA SÉPARATION.

Étape ultime d'une phase pyrotechnique, appuyer sur le bouton spécifique qui provoque l'allumage d'un élément explosif indépendant sur le vaisseau. Sauf cas particulier, tous les boutons ou inverseurs de ce type sont sécurisés par un capot de protection. Dans notre cas il faut solliciter le bouton poussoir **12** sur le tableau 1, mais pour parfaire la sécurité, ce bouton doit rester enfoncé au moins durant une seconde pour déclencher la séparation. C'est le feu d'artifice qui disperse dans toutes les directions une foule de débris cosmiques. (@) Quand il se produit, plusieurs événements viennent confirmer son effectivité. Le bruit général qui accompagne l'éjection des deux modules, mais surtout $\Delta V / RANGE$ indique la valeur **- 1.0**. Cette variation de vitesse est obtenue en une fraction de seconde d'où la précaution pour **FC REACS VALVES**. Il faut sans plus attendre (*Paragraphe suivant*) annuler ce déplacement car plus on va s'éloigner du LM/S IV-B, plus boulimique en temps et en carburant sera la manœuvre d'arrimage. On note également que simultanément les huit index de l'indicateur représenté en Fig.17 de la page 22 descendent en butée basse. Maintenant les **RCS du CSM deviennent disponibles et num** réagit normalement quand on la sollicite.

Fig.44



STOPPER L'ÉLOIGNEMENT DE NOTRE CIBLE.

Après avoir vérifié la disponibilité de tous les RCS pour contrer l'incident décrit dans l'encadré ci-dessous et en Fig.45, passer en mode linéaire avec la touche clavier **/ num**. Puis dans un délai de cinq secondes au maximum, utiliser **9 num** pour stopper l'éloignement. Il suffit de freiner jusqu'à ce que $\Delta V / RANGE$ indique la valeur **- 0.0**.



(@) Pollution !

Passez en vue extérieure pour le vérifier. En phase de formation c'est acceptable, mais en mission réelle il faudra faire confiance aux instruments de bord. Sécurisons immédiatement les systèmes pyrotechniques :

- **8** : Couper les deux **cb** et placer les deux **sw** sur **OFF** et sur **SAFE**.
- **250** : **[PYROA] cb SEQ A** coupé.
- **250** : **[PYROA] cb BAT BUS A TO PYRO BUS TIE** coupé.

Fig.45



DANGER : ☠

Pour une raison qui doit trouver sa source dans le réalisme, à chaque fois que j'ai provoqué la séparation du S IV-B le jeu de vannes relatif aux RCS du groupe **B** se ferme comme représenté sur la copie d'écran ci-contre dans l'encadré jaune. Il importe d'y prêter très attention, car si on n'y prend garde, quand on va vouloir freiner pour stopper l'éloignement, il n'y aura plus symétrie dans la poussée des RCS. On va inexorablement partir en rotation raison pour laquelle dans les Check-list j'ai ajouté un item qui impose de vérifier les drapeaux et éventuellement de réinitialiser à nouveau les vannes de la motorisation RCS qui seraient en état

Item : • **Vérifier les 16 drapeaux indicateur des RCS ou rétablir.**

(@) REMARQUE pour les puristes en mécanique :

Sur la Fig.46, **F1** et **F2** représentent les efforts exercés par les RCS sur les gaz poussés dans les tuyères. En vertu du principe de Newton, réciproquement les gaz poussent avec la même grandeur en opposition vers l'arrière. Le vaisseau par conséquent reculera, effet désiré quand deux groupes de RCS sont allumés symétriquement de part et d'autre de l'axe central du vaisseau.

Idylle orbitale, un couple va se former : Arrimage CM/LM.

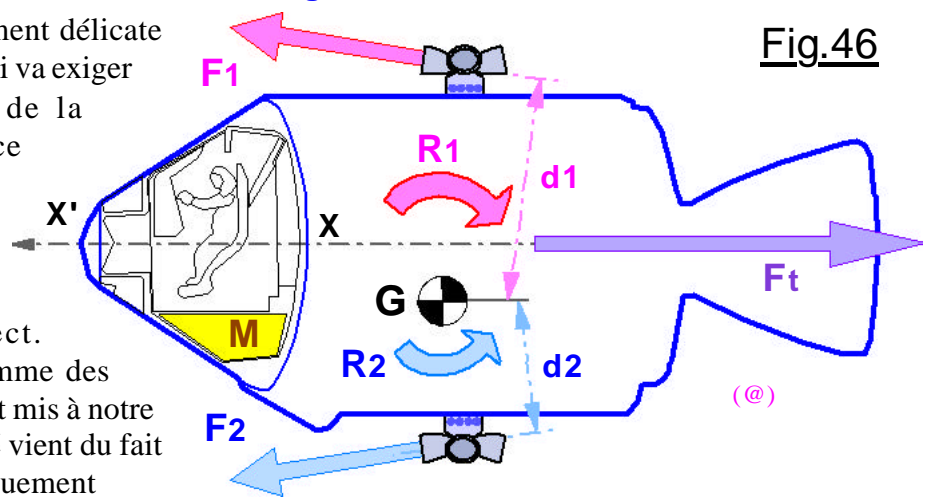
C'est une phase particulièrement délicate dans les missions Apollo qui va exiger de notre part de la rigueur et de la discipline. Avec **Docking MFD** ce serait presque plus simple, tout particulièrement pour avoir la distance qui nous sépare de notre cible, mais nous savons que ce n'est pas politiquement correct. Oublions, on va se débrouiller comme des grands avec ce que les Ingénieurs ont mis à notre disposition. La plus grande difficulté vient du fait que les translations vont systématiquement

générer de la rotation, et l'on va perdre en permanence notre alignement. Pourquoi donc ce comportement curieux ? Tout simplement parce-que le CSM de NASSP est plus crédible que des machines comme le DG. Les équipes de programmeur ont cherché à tenir compte le plus possible des réalités quitte à mettre dans nos mains des vaisseaux infiniment moins dociles que les belles machines telles que le DG IV ou les avions d'AMSO. La Fig.46 va nous aider à comprendre l'origine de cette entortillage. On y voit le CSM, dessin sur lequel les RCS sont exagérément gros pour mieux les situer. Supposons qu'avec **9 num** nous effectuons une poussée en recul. Naturellement les actions des RCS **F1** et **F2** sont identiques en grandeur et réparties parfaitement symétriques par rapport à l'axe longitudinal **X'X** du vaisseau. Il en résulte un effort total **Ft** bien centré sur l'axe qui en grandeur fait presque le double de ceux de chaque RCS et dirigé vers l'arrière. Le vaisseau va reculer comme prévu. Notez au passage que les jets brûlants sont légèrement divergents vers l'extérieur pour ne pas altérer la peau du vaisseau.

Mais, notamment dans le CM, les masses les plus importantes telles que **M** sont situées sous les pieds de l'équipage. De ce fait, sans compter que le SM n'est pas non plus un solide homogène, le centre de gravité **G** de l'ensemble ne se trouve pas sur l'axe **X'X** du vaisseau. Quand un solide se trouve totalement non guidé et qu'il est libre de tourner dans tous les sens, c'est autour de son centre de gravité qu'il le fait. Comme le RCS du haut est à une distance **d1** plus grande que celle **d2** du RCS inférieur, la tendance à tourner **R1** sera plus forte que celle qui s'y oppose **R2**. Toute tentative de reculer ou d'avancer va engendrer une rotation parasite en tangage. Il en est de même pour le lacet, car latéralement aussi le centre de gravité ne sera pas dans le plan de symétrie du CSM ... il faudra faire avec. Ce n'est pas tout, car pour les rotations la dissymétrie va également nous harceler. Les rotations ne seront pas pures. Par exemple une manœuvre en tangage va engendrer aussi un peu de roulis et de lacet. Une galère en perspective. Seule façon de s'en sortir : Conserver en permanence un moyen de vérifier l'orientation relative par rapport à notre cible, c'est la raison pour laquelle on avait placé le FDAI n°2 dans une position facile à retrouver sur son écran. Vous pouvez constater que lors du freinage pour annuler l'éloignement, l'index de roulis accuse une légère déviation à gauche sur le FDAI. On est victime d'une rotation parasite ce que confirme une observation extérieure du S IV-B qui par rapport à nous tourne en roulis. Ce n'est pas un problème il suffira de synchroniser juste avant l'accostage.

Nos outils pour effectuer l'accostage :

Prépondérant, c'est le FDAI n°2 qui va en permanence nous indiquer l'orientation du SCM par rapport au LM. De plus, par ses indicateurs des taux de rotation sur les trois axes on dispose d'une aide parfaite pour réaliser manuellement un KILL ROT. La Fig.47 résume la façon de prendre en compte les informations qu'il délivre. Reste à évaluer notre vitesse linéaire de recul ou surtout d'approche ainsi



permettre d'ajuster avec précision notre célérité d'impact, ou à la demande d'annuler tout mouvement relatif sur **X'X**. Pour les déplacements en translation latéraux et verticaux on va se fier au visuel à travers le collimateur du dispositif d'accostage. Enfin pour juger de la distance, même repères ou utiliser le hublot central.



ATTENTION : Les sens de déplacement obtenus par les touches **2** et **8** montrés sur le dessin Fig.47 sont fonction du fait que j'ai modifié le fichier `keymap.cfg` comme précisé dans mon tutoriel sur l'installation d'Orbiter. J'ai inversé les effets de ces touches. Si vous n'avez pas effectué cette modification qui reste personnelle, inverser **2** et **8** sur le dessin. Par contre, avec un comportement standard il n'y aura plus homogénéité de comportement pour le cabrage. Les deux touches ne déplacent plus les curseurs "de leur côté".

Sur la Fig.47 les aiguilles de déviation ne sont pas représentées pour épurer le dessin.

Centrer un Index correspond à une vitesse de rotation annulée

Fig.47

FDAI n°2.

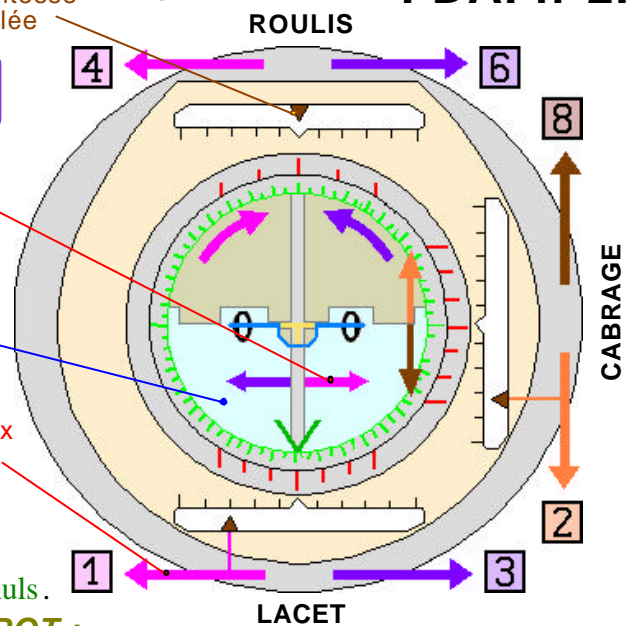
RÉSUMÉ : Les touches du clavier numérique ont pour effet d'attirer de leur côté l'index de taux de rotation et de repousser en sens inverse la sphère. Pour annuler un mouvement il suffit de recentrer son index. Pour retrouver l'orientation du vaisseau conformément à celle du S IV-B / LM il suffit d'amener la sphère du FDAI dans sa position initiale arbitrairement choisie **180/000/000** qui après le retournement pour faire face à la cible donne **trois angles nuls**.

KILL ROT : Centrer les trois index

Rotation de la sphère en fonction du décalage de l'index

Sphère dans cette position le vaisseau se retrouve avec l'orientation d'origine

Déplacement de l'index en fonction de la touche utilisée sur le pavé numérique



Exercice pour s'entraîner à effectuer un KILL ROT :

Dans un premier temps on ne va strictement pas se préoccuper de perdre notre position actuelle. Une fois maîtrisé la façon de gérer les rotations et savoir revenir en attitude initiale, on rechargera la situation **11) Apollo paré pour la séparation.scn** pour traiter de la manœuvre d'accrochage proprement dite. Avec par exemple les touches **1**, **4** et **8** provoquer trois rotations qui amènent les index exactement en butée. Attention avant d'effectuer cette désorientation de penser à imposer le mode **ROTATION** avec **/ num**. Passer en vue du hublot d'écoutille et observer le fond du ciel qui tourne dans tous les sens. (*Ben non bande de Dudules, c'est nous qui girotons comme une toupie, pas le ciel !*) Repasser face au FDAI n°2 et avec **3**, **5** et **2**, c'est à dire les poussées inverses, ramener les trois index bien au centre des échelles graduées. Nouvelle observation par le hublot. Calmé notre vaisseau, et surtout notre estomac qui n'apprécie pas forcément ce genre de torture.

Exercice pour retrouver l'attitude relative initiale :

Passer en vue extérieure. Complètement incliné par rapport au S IV-B le CSM. Revenons dans le cockpit. Puis, toujours en mode rotation faire pivoter notre astronef de façon à retrouver exactement la position initiale "triple zéro" de la sphère d'attitude derrière l'écran de l'instrument. En fait, la sphère asservie aux systèmes gyroscopiques conserve dans l'Univers une direction constante, c'est nous qui tournons, pas la bouboule. Ayant retrouvé la configuration initiale, cela indique que le vaisseau est revenu à son attitude d'origine. Passer en vue extérieure. Le CSM a retrouvé un alignement bien parallèle à l'axe longitudinal de notre cible. C'est magique non ?

Vous avez remarqué que lorsque vous sollicitez une rotation sur un axe, par exemple en tangage, un léger lacet ou roulis vient s'ajouter. Donc, pour effectuer les manœuvre d'accostage il faudra procéder axe par axe. Dès que la rotation désirée sera effective, contregez immédiatement les déviations parasites. Avec un tant soit peu d'expérience on finit par y parvenir instinctivement. Profitez d'avoir laissé le vaisseau dériver linéairement pour recommencer plusieurs fois cet exercice jusqu'à avoir une bonne maîtrise.

Manœuvre de retournement et d'approche :

L'exercice précédent nous a appris à réaliser et surveiller les rotations, et à retrouver notre orientation initiale, nous sommes armés pour effectuer l'approche. Attention, une fois orienté, on va devoir effectuer des translations, assorties de rotations correctives. On procède par palier successif, il va falloir être particulièrement rigoureux sur les bascules Rotation/Translation avec **/ num**. Chaque fois que l'on va oublier ... agacement garanti ! Cette fois, interdiction de passer en vue extérieure, ce sera la seule façon d'apprendre à utiliser des références visuelles à travers les hublots.

À partir du moment où l'on va utiliser le visuel extérieur, nos observations ne seront fiables et utiles que si le facteur de ZOOM est identique d'une fois sur l'autre. Il importera par conséquent d'ajuster ou vérifier la valeur du **FoV** chaque fois que vous aurez la responsabilité de cette phase de la mission. Personnellement j'adopte un **FoV** assez classique de 60°. (*Pour les Naïfs, le facteur de ZOOM noté FoV se lit en haut à droite de l'écran et se modifie avec les touches W et X entre autre*)

On recharge la situation **11) Apollo paré pour la séparation.scn** et comme nous l'avons déjà fait on procède à l'éparpillement du couple et à l'immobilisation du CSM avec le mode TRANSLATION, puis immédiatement passer en mode ROTATION et annuler le roulis parasite.

Retourner le vaisseau de 180° se fait en cabrage vers le haut, ainsi on le verra arriver plus rapidement sur le collimateur. Pour mettre en place cet assistant bien utile, passer sur le hublot supérieur gauche et cliquer sur son manche. Revenir face au tableau 1 et pousser en cabrage (*Personnellement avec la touche [G]*) jusqu'à amener l'index juste en butée sur le FDAI. Contrer immédiatement la petite rotation parasite en lacet avec [3]. Un petit saut vers le hublot latéral ou central montre un défilement "parfaitement vertical" des étoiles" et confirme un tangage sans lacet ni roulis. C'est ça du pilotage Apollo et l'utilisation des références externes pour confirmer ce que l'on est en train de faire. Passer un vue extérieure est interdit, mais observer un maximum par les hublots est un pléonasme, un réflexe permanent. Attendre que la sphère fasse son demi-tour. La zone sombre va passer en moitié inférieure. Dès qu'elle en approche diminuer le taux de tangage et contrer le lacet induit. Ne pas passer en accélération temporelle. Si vous trouvez le temps un peu long, en profiter pour revoir dans le manuel le taux exact de rotation quand l'index de cabrage est en butée et calculer le temps qu'il nous faudra pour faire le demi tour complet.

(Vous voulez rester dans l'équipage qui va partir ? Alors ça se mérite ! (@))

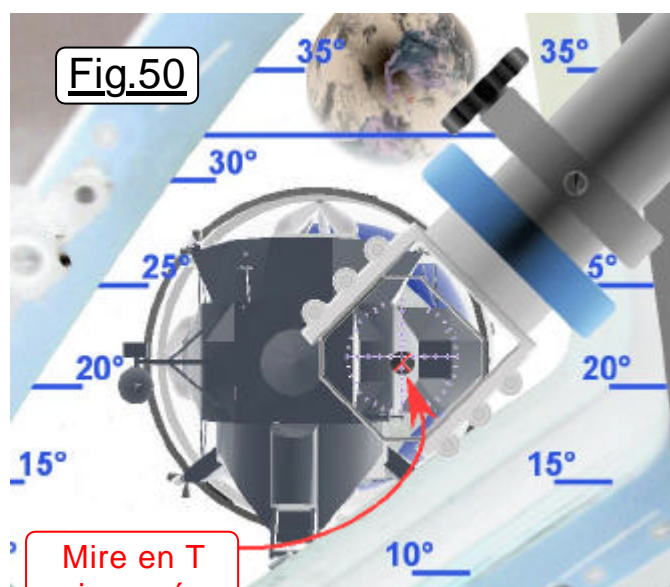
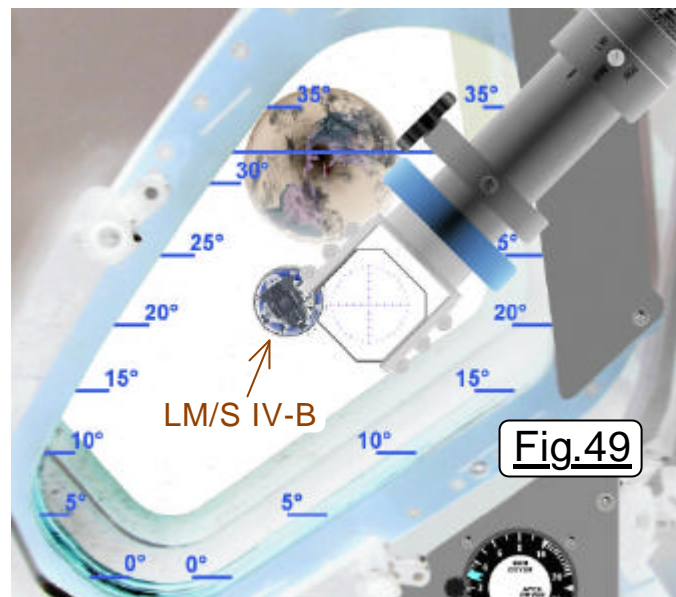
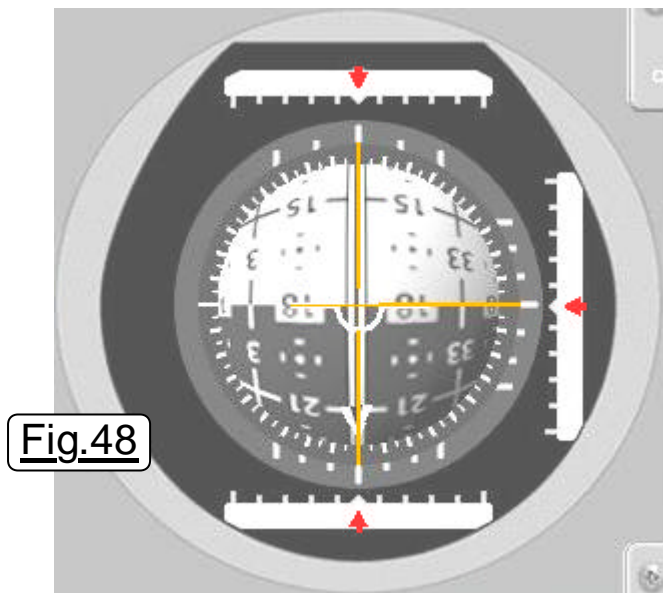
Quand on a effectué notre 180°, corrigeons avec précision la position de la sphère qui maintenant présente la zone sombre vers le bas comme montré sur la Fig.48 sur laquelle les index rouges confirment un KILL ROT. Quand elle est parfaitement positionnée, passer en vue du hublot de gauche comme montré sur la Fig49 qui présente une cible pas vraiment en face. Le LM est à environ 46 mètres, nous sommes parfaitement orientés, mais nous avons dérivé latéralement. On va commencer par s'en approcher. Poussez en LINÉAIRE pour une vitesse $\Delta V / \text{RANGE}$ de **- 0.3**. Annuler la vitesse de rapprochement quand dans le hublot de l'écouille vous aurez un visuel qui ressemble à celui de la Fig.50 pour laquelle le **FoV** de 60° "standard" est respecté. Quand elle présente ces proportions par rapport au hublot, on se trouve à une distance d'environ 8 mètres. (*Comme je le fais souvent, la vue a été inversée au point de vue des couleurs pour adopter des tons pastels plus économiques en encre sur les imprimantes*) Mais les structures du CM et du LM sont telles qu'un simple 180° dans le plan de symétrie du CSM place les deux parties complémentaires du système d'arrimage en "diagonale". On constate bien sur la Fig.50 que la mire en **"T inversé"** est inclinée. Il faut corriger l'orientation en roulis. Pour faciliter cette manœuvre on initialise la sphère du FDAI à respectivement 225° / 000° / 000° sur les molette d'**ATTITUDE SET** puis on recalibre avec 1 : **pb CDG ALIGN**. Enfin, avec patience et méthode, par approximations successives, on va progressivement rechercher encore une fois le triple zéro de la Fig.48 et l'on sera alors correctement orienté. Arrive le moment où l'on observe dans le collimateur le visuel de la Fig.51 pour lequel l'attitude relative est parfaite, le **"T inversé"** étant bien "vertical".

Ben Môamôa pour savoir
combien de temps il faut, je fais un RESET
sur le compteur de mission, et à la fin du
retournement yapluka le regarder.
Narf narf narf, blousé le Nulentout !

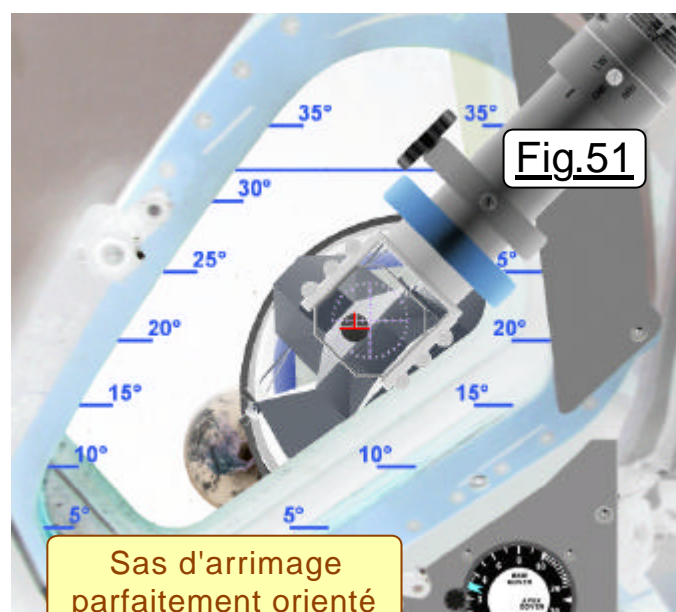




(@) Hé bé, il est raide le Nulentout quand il se prend pour un instructeur spécial NASA. Pourtant il n'a pas à frimer, car, quand il a rédigé son tuto, c'était pas bien brillant ses prestations. Il en a fait des essais et des essais infructueux avant d'y arriver. Et encore,

s'il n'y avait pas eu l'aide de Bibi Uncle il n'y serait jamais arrivé le Nulentout qui nous gronde avec véhémence !



Il faut orienter en roulis



On dirait que l'on est franchement décalé. C'est une illusion d'optique due à la disposition du hublot d'accostage ainsi que celle de l'observateur. Notez également que les copies d'écran sont effectuées sans rien changer au cadrage des vues hublot, mais si l'on utilise les touches  ou  les vues se décalent légèrement et le centrage se modifie un peu perturbant ainsi nos références visuelles.

RÉSUMÉ : Quand on veut s'**orienter** ou vérifier l'attitude du CSM, c'est la **sphère centrale du FDAI** dont il faut tenir compte et la maintenir au "triple zéro" une fois qu'elle est initialisée. Quand on désire **translater** le vaisseau, il faut systématiquement **contrer les rotations induites** en recentrant les index coloriés en rouge sur la Fig.48 qui sont significatifs des trois taux de rotation.

L'arrimage : La cerise sur le gâteau : (Une attirance fusionnelle entre LM et CM)



Enfin la récompense, car vous avez vu que ce n'est pas aussi élémentaire qu'avec les vaisseaux de base d'orbiter qui sont comme sur des rails. Avec le CSM qui part en rotation et en décalages permanents comme une savonnette, il faut de la concentration et surtout de l'expérience. Il ne faut pas s'étonner si l'équipage en partance passait des heures dans le simulateur de la NASA. Comme nous allons effectuer quelques expériences "négatives", histoire de compléter notre culture Apolloyenne, pour pouvoir recommencer à notre guise la situation **12) Apollo 11 paré pour l'accostage.scn** nous positionne exactement comme dans les Fig.50 et 51. Quand on la recharge observons sur le collimateur l'orientation parfaite du "**T inversé**" et sur le hublot de l'écoutille le parfait centrage. Allez, effectuons notre premier accostage de type "bourrin". On regarde par le collimateur et on y va en translation sans trop s'occuper de la vitesse exacte ... mais calmement, comme un conducteur débutant.

La théorie prévoit d'effectuer l'accostage avec une vitesse comprise entre 0,25 et 0.5 pieds par seconde soit une fourchette comprise entre 0,03 et 0,15 m /s.

En vue extérieure avancez jusqu'à "pas loin du tout" et immobilisez en relatif. Puis en vue intérieure annulez l'information de vitesse sur ΔV / **RANGE**. Repasser en vue extérieure, et tout doux, tout doux de chez calin, avec une petite impulsion aux RCS avancez pour le bisou final.

Zavez entendu le gnon ! Pafffff et recul à 0.3 m/s, pourtant on y allait vraiment lentement. En fait, le mécanisme d'arrimage n'était pas préparé. La sonde (*Probe*) n'était pas déployée et il n'y avait aucune souplesse dans le dispositif. Pot de fer contre pot de fer, même avec une vitesse d'impact dérisoire, les 27 tonnes contre 101 tonnes ... personnellement je ne placerais pas mes doigts entre les deux !


Avant de conditionner le CM sur le tableau 2 pour pouvoir arrimer, on se fait une petite révision dans **TECHNOLOGIE 2.pdf** à la page 46 pour mieux comprendre le sens de nos actions futures. Réactivez à nouveau la situation **12) Apollo 11 paré pour l'accostage.scn** puis déployer la sonde en passant **1** sur la position **EXTD/REL**. Glups ... il ne se passe rien ! Nous avons juste oublié d'alimenter en énergie le dispositif. C'est facile, tableau 8 on arme les deux sectionneurs **2** et cette fois quand on place l'inverseur

1 en position haute les drapeaux **A** et **B** passent à  ce qui traduit l'extension en cours. Puis complètement déployé, la pression remonte dans le dispositif et les drapeaux repassent à . On peut y aller pour l'accostage. Nouvelle impulsion aux RCS vers l'avant sans dépasser un ΔV / **RANGE** de - 0.1 si possible. Admirez l'approche et l'accrochage dans le collimateur. Et Pafff, encore une doudoune et on se fait repousser encore vers l'arrière.

On va finir par fausser le mécanisme. Derrière leurs tableaux de maîtrise les ingénieurs du simulateur se fendent la pêche. On voit bien que c'est pas ces Dudules qui transpirent depuis des heures dans cette boîte de conserve. Stopez immédiatement le recul aux RCS en annulant la vitesse sur ΔV / **RANGE** de - 0.1. D'où vient le problème ?

Comme vous faites confiance à ce vicieux instructeur, vous n'avez pas sous les yeux les check-lit. Mais en mission, le manuel sera ouvert et point par point vous aurez tout initialisé convenablement. En fait, pour effectuer l'accostage il faut libérer la pression dans les vérins d'extension. Ainsi, au lieu d'être aussi raides que la justice, on introduit de l'amortissement dans le mécanisme, et cette fois ça va accrocher. Il suffit de replacer **1** en position centrale et le museau sera souple comme il convient. Clic pour l'inverseur, Pchittt sur les RCS et l'on avance à nouveau pour "prober dans l'entonnoir". Comme nous avons été repoussé un peu loin, passer en vue de hublot d'accostage et avancer relativement vite. Puis, quand le LM commence à prendre des dimensions respectables, ralentissez pour finir à la célérité idoïne.

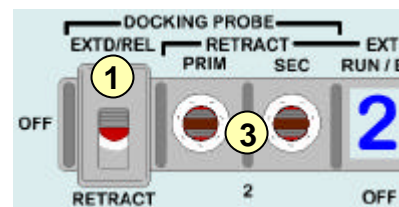
Clong, les drapeaux **A** et **B** passent en  et y restent. Oufffff, on y est enfin.

Conformément aux informations glanées dans la documentation de référence il faut maintenant rétracter la sonde et confirmer la liaison hermétique par les loquets d'arrimage. Dans ce but on place en position haute l'un des inverseurs **3** en commençant par **PRIM**. Quand on passe [**DOCKING PROBE**] sur **RETRACT** on doit entendre le bruit classique du verrouillage et les drapeaux **A** et **B** doivent confirmer une liaison établie en reprenant l'état  ... Silence ! Il ne se passe rien de ce qui est écrit dans ce **%\$^\$@** de tutoriel. Gnarf gnarf gnarf, c'est pas notre journée. Avant de procéder au resserrement étroit entre les deux vaisseaux, passez en vue extérieure et observez l'écartement actuel.

Analyse d'un incident de non fonctionnement :

Normalement, si les Check-lit sont suivies ligne par ligne, tout devrait fonctionner correctement ... encore que ! Il suffit qu'un bus ait été isolé pour une quelconque raison, ou que l'on saute tout simplement un item dans la liste. C'est alors le comportement ultra fréquent du vaisseau : il ne se passe rien. C'est précisément dans un tel cas, qu'avoir une bonne idée de l'agencement des systèmes sera utile. On traite alors l'incident en analysant la chaîne fonctionnelle en partant du début, en général la source d'énergie, jusqu'à la fin, c'est à dire le dispositif que l'on cherche à activer. Soyons concret :

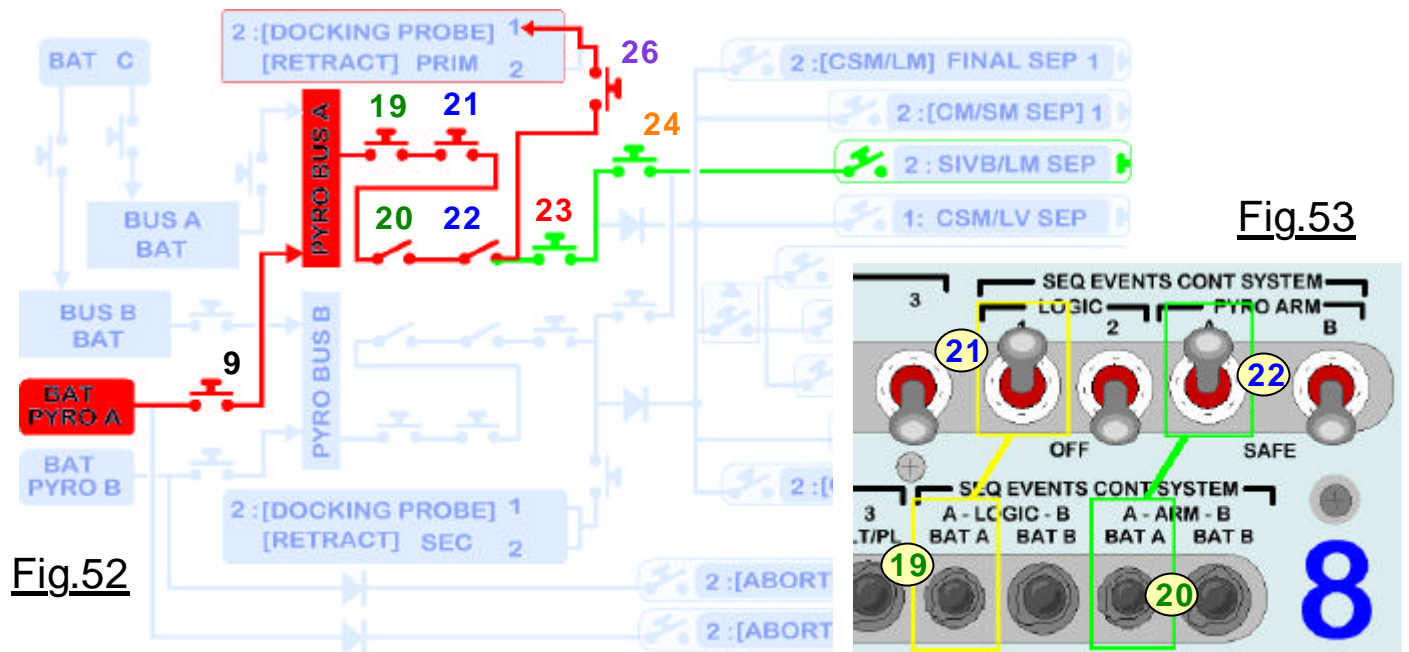
Dans notre cas on veut déclencher le mécanisme des loquets d'arrimage. On a vu dans la documentation



Houououo lala !
Si t'as pas probé la sonde
truc comme il faut le SM il
rebondit ploum plofff
comme une babale !!!



indispensables. Elles sont déclenchées par des systèmes pyrotechniques sécurisés à outrance. Regardons le schéma donné sur le document **TECHNOLOGIE DES MISSIONS APOLLO** en page 10. La chaîne fonctionnelles qui concerne l'incident présent est mise en évidence sur la Fig.52 par coloriage en rouge.

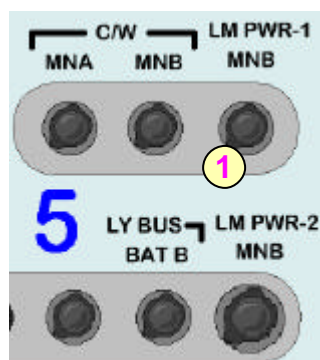


On va donc commencer par vérifier la tension sur la batterie dédiée en utilisant la chaîne n°1 qui se trouve sur le bus PYRO BUS A. Sur le tableau 3 on place le commutateur **DC INDICATORS** sur la position **PYRO BAT A**. Glups ... Zéro volts ! Ce n'est pas significatif d'une batterie déficiente aux bornes de laquelle on trouve toujours une tension résiduelle de quelques volts. C'est manifestement qu'elle n'est pas mise en circuit. Nous savons que c'est le tableau 250 qui est dédié à tout ce qui concerne la pyrotechnique. On arme le sectionneur **9** ce qui dans la Check-list est indiqué par l'item :

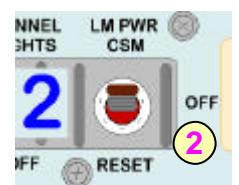
- 250 : **[PYROA] cb SEQ A** armé.

Nouvelle vérification sur le voltmètre. Environ 37Vcc elle est pleinement chargée. Mais le dispositif reste inerte Clic clic clic ... inutile de s'acharner sur ce pauvre inverseur. On voit dans la chaîne fonctionnelle qu'il faut aussi armer **19**, **20**, **21** et **22**. C'est ce que l'on fait sur le tableau 8 et qui donne la configuration standard Fig.53 pour les circuits "explosifs" de la ligne n°1. On retrouvera souvent cette configuration dans les Check-lit. On constate que les lignes "explosives" sont très sécurisées. Il faut alimenter les circuits électroniques à la fois avec un sectionneur **19**, puis avec l'inverseur associé **21**. Puis on alimente la ligne pyrotechnique avec le sectionneur **20** et l'inverseur **22**. On ne peut pas coder toute cette combinatoire au hasard. Par ailleurs il y a ce décalage vertical entre sectionneur et inverseur associé qui oblige à bien regarder. Bref, la sécurité sécurisante qui sécurise. En outre, pour déclencher une cartouche de loquet d'arrimage il faut avoir armé l'un des deux sectionneurs **26**. (**26** est en **2** sur la page précédente)

Cette fois, quand on bascule **1** en bas et **3** en haut, c'est enfin l'arrimage rigide qui se produit, le doux bruit Klang Klang Klang Klang tant attendu. Pas vraiment besoin de vérifier les drapeaux **A** et **B** pour s'assurer que c'est tout bon. On peut à juste titre se détendre, une phase très délicate de la mission est terminée. Passer en vue extérieure, les deux vaisseaux n'en font plus qu'un seul, la liaison est totale. Surtout ne pas se relâcher, le travail n'est pas terminé. Couper les deux sectionneurs **26** sur le tableau 8 car ils ne sont plus nécessaires. Par contre on



conserve la ligne pyrotechnique, on va en avoir besoin pour larguer le S IV-B. Histoire de remettre un peu d'ordre, il faut dégager le collimateur du hublot en le replaçant en position initiale. Comme c'est le SM qui dispose d'une "centrale électrique", on va sans plus tarder mettre "sous perfusion" le LM de façon à ce que ses batteries soient totalement rechargées quand il quittera Maman CSM pour son voyage extraordinaire. On arme sur le tableau 5 le sectionneur **1**, puis sur le tableau 2 on passe l'inverseur **2** sur la position **CSM** non sans avoir au préalable fait un **RESET**. Avant de passer à l'étape suivante de récupération du LM, une petite parenthèse concernant le comportement particulier de NASSP semble la bienvenue.



Bitrange autant qu'ézare !!!

Complètement absorbé par ces manœuvres pas simple du tout, et avec discipline, le nez collé dans le tutoriel, vous n'avez peut être pas remarqué un comportement assez étrange de NASSP. Quand on effectue le rapprochement pour l'arrimage, nous nous sommes servis du hublot d'accostage pour nous centrer parfaitement. Sur NASSP V7 de 2010, **le hublot l'écoutille** se comporte par moment comme une vue du sas à travers le tunnel de passage. Les esprits observateurs ne vont pas manquer de remarquer que l'écoutille est sur le dessus du CM, et non "en face". Donc, quand on regarde vers elle on ne doit voir que le ciel, et non le cône de centrage du LM. C'est manifestement un comportement "bipolaire" du visuel pas vraiment conforme avec la réalité.

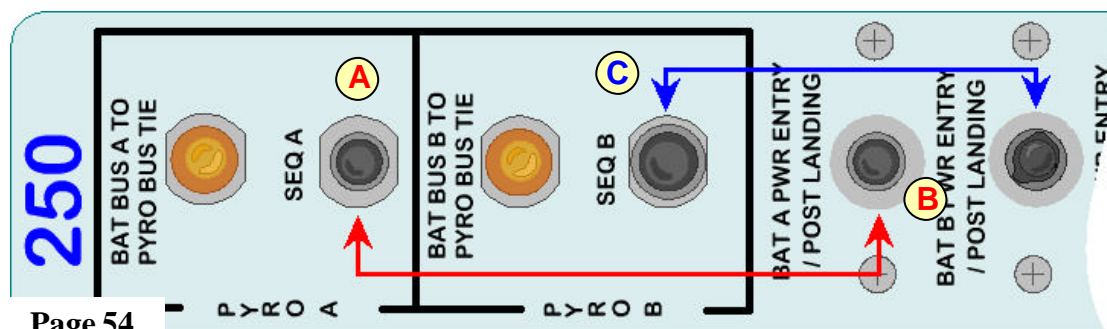
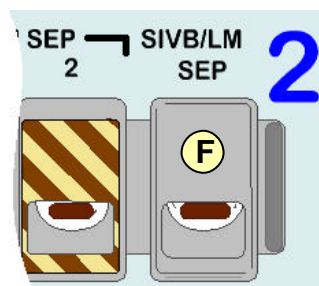
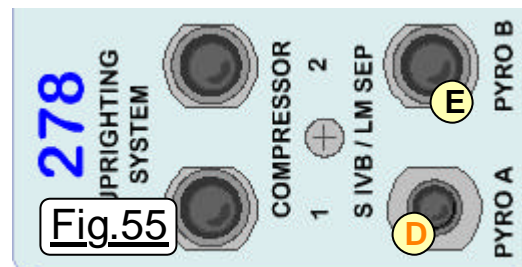
ATTENTION : Comme mentionné en page 48 du livret **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES** un "bug" sur la version NASSP V7 de 2010 utilisée dans la rédaction de ce tutoriel perturbe la vue obtenue par le hublot d'écoutille. Si par moment vous apercevez le LM alors qu'il n'est pas dans le champ ne vous en étonnez pas. Ce problème est corrigé sur la version actuelle de NASSP, celle disponible en version 7 Béta disponible fin 2012, début janvier 2013. Donc en fonction des versions utilisées vous serez ou non les victimes de ce petit détail, perturbant mais pas fondamental pour autant.



LARGAGE DU S IV-B DEVENU INUTILE :

Maintenant que les systèmes pyrotechniques et leurs sécurités n'ont plus de secret pour vous, libérer le LM du dernier étage de la fusée géante va s'avérer un jeu d'enfant. Le Nulentout ne va pas pouvoir vous faire encore un autre mauvais coup. Pour que la séparation soit une réussite au premier essai, il suffit de consulter une fois de plus la documentation technique au chapitre Pyrotechnique et ainsi consulter la chaîne fonctionnelle sécurisée. Comme elle fait toujours appel aux batteries dédiées, c'est donc la ligne rouge qui débute le circuit et l'on va forcément retrouver le sectionneur **9** et le groupe **19**, **20**, **21** et **22** configuré comme sur la Fig.53 de la page précédente. C'est à sa sortie que le chemin diverge vers la route repérée sur la Fig.52 par le tracé en vert. On constate que deux barrières de sécurité supplémentaires **23** et **24** ont été ajoutées. C'est qu'il ne faut absolument pas larguer le S IV-B par erreur, ou c'en est définitivement fini pour la Lune.

Le sectionneur **23** est un grand classique pour plusieurs fonctions pyrotechniques, il faut armer non seulement en **A** le sectionneur **9**, comme montré sur la Fig.54 mais également compléter en **B** avec le sectionneur **23**. Dans ce cas nous sollicitons la ligne n°1 repérée en rouge sur la figure 54. Si pour une quelconque raison c'est la ligne n°2 qui doit assurer l'énergie, on solliciterait alors en **C** les deux sectionneurs repérés en bleu. Enfin, pour ce qui concerne la séparation du S IV-B il faut de surcroît activer le sectionneur **24** mis en évidence sur la Fig.55 par le repère **D**. Vous avez déjà compris que si la ligne n°2 était en service, ce serait **E** qui serait armé. Allez, on ouvre le capot de sécurité de **F** et on bascule l'inverseur vers le haut. Attention, le bruit des mécanismes d'éjection ne se propage pas le long des structures, on n'entend strictement rien. Donc, avant de séparer, forcer à zéro l'indicateur **ΔV / RANGE**. À la libération il affiche **- 0.3** et si on passe rapidement sur le hublot d'arrimage doté du collimateur, on distingue le S IV-B en train de s'éloigner. Pour ceux qui le désirent, dans la situation **13) Paré pour larguer le S IV-B.scn** le CM



est accouplé, on peut passer à la séparation. Pensez ensuite à "refermer" toutes les sécurités pyrotechniques.

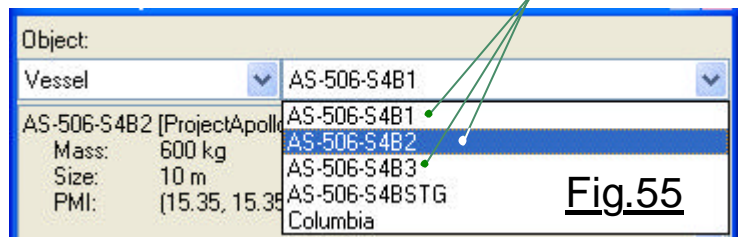
Fig.54

Évaluation de la masse du train spatial :

Plusieurs sous-programmes du calculateur de bord comme par exemple **V 48 E** ont besoin de faire intervenir dans leurs calculs la masse du train spatial à accélérer lors des diverses manœuvres d'une mission lunaire. Il n'existe pas à bord de "balance" numérique permettant de la mesurer. Il serait possible de le faire par la dynamique, par exemple en exerçant une poussée calibrée et en mesurant le **dV** qui en résulte. Mais c'est l'inverse que l'on fait. Possédant une bonne approximation de la masse du train spatial et le **dV** à impulser pour effectuer des corrections de trajectoire on en déduit la durée de la poussée. C'est entre autre ce que font des outils comme IMFD. Nous avons déjà abordé le sujet dans le chapitre sur L'ACCOSTAGE en bas de la Page 44. Mais cette procédure n'est utilisable qu'en orbite basse et utilise des facilités propres à Orbiter qui trahissent un peu l'histoire. Nous allons donc chaque fois que nous aurons besoin d'une telle information faire appel aux télécommunications avec CAP COM, car à la NASA la masse des diverses composantes d'une mission lunaire était en permanence évaluée pour fournir l'information pertinente aux astronautes quand ils en avaient besoin. Cette fonctionnalité n'est pas encore émulée dans NASSP, mais on peut la simuler sommairement en utilisant la fonction d'informations d'Orbiter. Ce n'est pas vraiment de "la triche", on ne fait que récupérer dans le simulateur une information qui nous serait communiquée par la Terre. Ceci étant précisé, il y a toutefois une petite nuance : Orbiter est d'une précision phénoménale, les estimations des ingénieurs au sol ne pouvaient pas fournir un tel nombre de chiffres significatifs. La situation **13) Paré pour larguer le S IV-B.scn** dans laquelle le CM et le LM ne font plus qu'un va nous permettre d'expérimenter la procédure résumée en **Page 29** du manuel de vol sur les **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES**. (Les pétales disparaissent dans le temps)

On ne nous dit pas tout !

Passez en vue extérieure pour mieux "voir ce que l'on désigne". Par fonctionnement banal d'Orbiter la caméra focalisera sur le module piloté. Puis **[CTRL] I** pour ouvrir la fenêtre d'Informations d'Orbiter. Dans le champ des objets possibles il n'y a que Columbia. Cliquez sur le champ Camera target puis sur Vessel. Cette fois cinq lignes sont disponibles comme montré en Fig.55 et chaque fois que l'on passe sur l'une d'elle l'information **Mass:** de l'objet indexé est mise à jour. Touche **[F3]** pour ouvrir la fenêtre des vaisseaux pilotables. Il n'y a plus que Columbia ou AS-506-S4BSTG. Cliquer deux fois sur la ligne des ces objets nous en donne le contrôle et focalise sur eux la caméra en vue extérieure. C'est quoi donc ces entités de 600 kg du genre AS-506-S4B1 à 3 ?



La touche **[F4]** suivie d'un clic sur l'onglet **Camera ...** suivi d'un **BGS** sur le **+** Ships qui devient un **-**. On observe au passage que AS-506-S4B1 s'est évaporé, il n'est plus dans la liste. Cliquez sur **AS-506-S4B3** par exemple pour l'indexer et sur **Apply** pour valider. Cette fois la caméra focalise sur l'un des quatre pétales qui assuraient la liaison entre le SCM et le S IV-B et protégeaient le LM. Cette petite expérience nous permet de constater qu'il faut parfois utiliser plusieurs outils d'Orbiter pour arriver à avoir des informations complètes sur l'un des objets de la scène. "Tout fout le camp !!!". Si vous repassez en focalisation et contrôle sur le CSM et que vous accélérez le temps, après un délai relativement court les quatre pétales auront disparu de la liste des objets d'Orbiter. J'imagine que c'est une stratégie de NASSP qui fait régulièrement le "ménage" pour "soulager" le P.C. et enlever du scénario ce qui n'est plus vraiment pertinent. Avec **[CTRL] I** revenons à nos préoccupations de masses inertes. Clic sur **Vessel** puis sur **AS-506-S4BSTG** pour constater que lentement LA MASSE DIMINUE !!! Vous comprenez le titre de ce chapitre maintenant ? Si la masse régresse, c'est que le vaisseau dans son ensemble est en train de perdre de la matière dans le vide sidéral. Ce pourrait être une fuite bien entendu, mais ce sera plus naturellement le résultat d'une purge, d'une vidange, d'une consommation d'ergol par le moteur orbital ou par les RCS.

Le simulateur tient compte de pratiquement tout ce que l'on "éparpille" dans le vide sidéral, mais il ne visualise pas forcément l'origine de la perte de masse. Dans notre cas, examiner à la loupe en vue extérieure n'apporte aucun renseignement. Il peut s'agir d'un dégazage de canalisation quelconque dont NASSP gère l'incidence, mais que les



Houououou lalala, YA une fuite de truc chose machin sur le CMSMLMSB-IV !!!

programmeurs ont décidé à juste titre de ne pas visualiser en vue extérieure, soit pour des raisons de réalité historique, soit parce que le temps investi ne serait pas "rentable". On peut aussi envisager au passage la difficulté que devait présenter le calcul de l'évaluation de masse résiduelle par les techniciens à cette époque. Vous pouvez procéder au largage du S IV-B. Quand les divers sectionneurs sont correctement disposés et que **ΔV / RANGE** confirme la libération brusquement la masse affichée pour **AS-506-S4BSTG**

chute à 17609 kg. Petit clic sur **Vessel** pour avoir la liste complète des objets en transit vers la Lune. Colombia présente une masse de 28772.8 kg et Eagle 15206.2 toutes les deux constantes. C'est bien le gros cylindre qui "fuit". Ouffff.

Mise en service de la batterie de secours C :

Tant que l'instructeur Popol n'est pas présent, on va en profiter pour faire des bêtises. Commençons par séparer le SM du CM avec l'un des deux inverseurs sécurisés **CM/SM SEP**. Glups, c'est vraiment une bêtise. Les témoins d'alerte et le compteur de mission scintillent, l'avertissement sonore bégaye et surtout on ne peut pas le couper ... car brusquement on a perdu les piles à combustible. Comme nous sommes des Dudules nous n'avons pas rechargé les batteries. Un simple regard sur 3 : **ind** sur **MAIN BUS A** affiche péniblement 24Vcc et **MAIN BUS B** est dans les choux. Les techniciens qui gèrent le simulateur de la NASA se gaussent et l'on est rouge de honte. Bon, rapidos on passe sur la batterie de secours C. Elle est précisément prévue pour un tel cas de défaillance des générateurs principaux. Oui, je sais qu'à ce stade d'une mission ce serait peine perdue, nous n'avons plus aucune ressource pour revenir à la maison, mais nous avons ici l'opportunité d'expérimenter une telle parade qui s'avérerait bien utile si lors d'un retour de mission un dysfonctionnement venait nous compliquer la vie :

- 250 : **cb BAT C TO BAT BUS A** armé.
- 250 : **cb BAT C TO BAT BUS B** armé.
- 275 : **[MAIN A] cb BAT C** armé.
- 275 : **[MAIN B] cb BAT C** armé.

Les affichages lumineux et l'alarme redeviennent normaux. On peut surtout acquitter l'alarme sonore avec **MASTER ALARM**. Que ça fait du bien ! En conclusion de cet incident volontairement provoqué, vous saurez comment procéder plus tard si un problème réel survient au moment de la rentrée atmosphérique.

Le calme étant revenu, on peut reprendre notre bilan de masses mais avant on se sépare du LM avec le classique **[CTRL] D**. Indexer une fois encore **Vessel** pour avoir tout notre petit monde :

AS-506-S 4BSTG	≈ 17603.6 kg,	} TOTAL ≈ 43750.1
CM Colombia	≈ 5541 kg,	
LM Eagle	≈ 15206.2 kg,	
SM	≈ 23002.9 kg.	

Cette masse totale est à comparer à celle avant séparation : $28772.8 + 15206.2 \approx 43979$ mais on a éparpillé dans l'espace pas mal de "détritus explosifs" et autre interfaces de liaison sans compter le SM qui pour s'éloigner fait fonctionner ses RCS en mode translation. On doit surtout conclure de cette expérience que la masse indiquée est relative au vaisseau indexé dans la liste mais également aux modules avec qui il est intimement lié.

Des pieds, des mains et ... surtout des livres :

Maintenant que sous savons interpréter les informations fournies par Orbiter nous pouvons obtenir les valeurs des masses dont nous aurons besoin pour satisfaire des fonctions telles que celle déjà évoquée **V 48 E** par exemple. Il se trouve que les procédures Apollo n'utilisent pas le système S.I, mais des unités bien de chez eux. Il faut convertir ces masses pour les exprimer en livres **lbs**. Le calcul est simple et la formule donnée en **Page 19** du manuel de vol **COLOSSUS.pdf** :

Masse exprimée en **Livres** = Masse exprimée en **Kg** divisée par **0,453592**

Pour notre exemple de vaisseau dispersé entre Terre et Lune nous obtenons :

NOTE : Au lieu de diviser par 0.45359 il est bien plus facile de multiplier par 2,2.

{	AS-506-S 4BSTG	≈ 17603.6 kg / 0.453592 ≈ 38809 lbs ,
	CM Colombia	≈ 5541 kg / 0.453592 ≈ 12216 lbs ,
	LM Eagle	≈ 15206.2 kg / 0.453592 ≈ 33524 lbs ,
	SM	≈ 23002.9 kg / 0.453592 ≈ 50713 lbs .

RÉCUPÉRATION DU LM :

Exercice totalement analogue, le titre pourrait être : "On prend les mêmes et on recommence". La manœuvre est strictement analogue à celle de la capture initiale sur le S IV-B. Les explications seront par conséquent plus sommaires. Mais surtout on va apprendre après cet exercice élémentaire qui nous sert de révisions à larguer définitivement le module lunaire vers son triste destin. Chargez la situation **14) Récupération du LM.scn** qui confine à une tromperie historique scandaleuse. En effet, le compteur de mission est "ridicule". Et encore, initialement il m'était impossible de vous le présenter sans l'étage de descente. Mais la dernière version de NASSP m'a permis de trouver comment procéder et la situation que je vous livre est presque propre. Évitez toutefois de passer dans le LM si **Project Apollo** MFD est actif, c'est un cas de CTD imparable. Revenons à notre exercice. Le LM est supposé avoir effectué sa remontée "coelliptique" et s'est orienté correctement vers le Soleil dans une attitude "KILL ROT". Le CSM a exécuté l'approche finale et s'est placé en alignement pour la jonction. Au travail !

Naturellement vous avez ouvert **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES** à la **Page 31** et vérifié la configuration du vaisseau. Les RCS sont opérationnels en translation, le système EMS est commuté sur **ΔV** et affiche **-0.0** ce qui nous permettra de finir l'approche sur du velours. Au passage vous pouvez vérifier avec **CRW** de **Project Apollo** MFD que **Crew number : 1** atteste qu'il n'y a qu'un seul pilote à bord. Au moins un bon point pour le réalisme. Vous constatez aussi que le FDAI n°2 est correctement initialisé pour une interprétation facile des variations d'attitude du CSM. Commencez par déployer la sonde d'accostage. Puis libérez la pression dans ses vérins pour en restituer la souplesse d'amortissement pour les chocs. **OUPS ! >>>>** Rapidos on replace l'inverseur 2 : **LM PWR** sur la position **OFF**. Du reste c'est juste avant la séparation LM/CSM qu'il aurait fallu le faire. On a eu de la chance que le cordon ombilical n'ait pas "court-circuité". Collimateur d'accostage en place procédez à l'orientation en roulis puis à la poussée de translation qui va sceller le destin des deux lunautes. Après le chapitre précédent c'est du gâteau. Une fois la capture d'acquisition confirmée, procédez à l'arrimage définitif. Attention, ne vous trompez-pas dans les manipulations car nous ne disposons que d'une ou deux tentatives possibles. OUF, LM à nouveau arrimé on fait réintégrer les deux copains : Sur **Project Apollo** MFD cliquez sur le bouton **CRW** et indiquez 3 dans la fenêtre de saisie contextuelle. Dans Orbiter c'est un simple jeu, mais dans la réalité on se doute à quel point les trois équipiers une fois réunis devaient avoir comme charge émotionnelle ... **NON !** On ne réalimente plus le LM à partir du CSM. Plus la peine de le réchauffer puisqu'à ce stade de la mission il est anobli au grade de détritrus que l'on va sans vergogne balancer "à la mer" ... de la tranquillité !!!

Bande de pignoufs pignoufisants,
Zavez pas vu que l'inverseur d'alimentation
du LM à partir du CSM est resté sur CSM ?
Un truc à foutre le feu ça !!!



LIBÉRER LE LM :

Opération inverse à celle de la récupération certains vont objecter à juste titre qu'en principe pour récupérer le LM il faut au préalable l'avoir déjà largué. Ben voui vous avez raison ! Mais si j'ai placé le chapitre précédent avant celui-ci, c'est tout simplement pour vous faire réviser le chapitre sur l'accostage et sur l'accouplement. Si nous avions procédé dans le bon ordre, au lieu de faire passer la charrue avant les boeufs, le CSM aurait été proprement conditionné et on aurait évité de faire exploser une fois de plus Popol. On charge studieusement la scène **15) Train spatial en orbite lunaire.scn** dans laquelle l'équipage va pénétrer dans le module lunaire et abandonner le copain en orbite, le seul au monde à ne pas pouvoir regarder en direct les images à la télévision. Trop injuste la vie ! La procédure est détaillée dans la **CHECK Procédure de libération du LM** du manuel **SERVITUDES.pdf** en **Page 30**. Cette procédure est élémentaire et ne présente aucun piège. En quelques clics de souris nous allons voir la grosse araignée s'éloigner. Mais dans la réalité il faut ouvrir le tunnel, que deux équipiers transitent, refermer le sas, rétablir les étanchéités et les pressurisations. Enfin à bord du petit vaisseau, il faut activer les systèmes, initialiser la centrale inertielle et les systèmes de navigation. Bref, ce qui pour nous relève de quelques clics de souris représente des heures de préparation dans la réalité. C'est toute la différence entre une simulation et le concret. Notez que le CSM est paré sur ses RCS pour aller récupérer le LM en cas d'incident à la séparation. Quand à la procédure de largage définitif du module lunaire, c'est sur la même page dans le manuel. Vous utiliserez **15bis) Larguer le LM.scn** pour vous entraîner à cette phase de l'utilisation ultime de ce qui reste du vaisseau lunaire.

EXERCICES SUR L'INITIALISATION DE L'IMU :

Incontournable avant tout lancement, il faut bien préciser à la centrale inertielle quelle REFSMMAT elle doit adopter et quels seront les orientations angulaires de ses articulations en cardan au moment du décollage. Les exercices qui suivent ont pour but de continuer à nous familiariser avec l'utilisation de l'interface DSKY à travers une séquence de préparation en pré-lancement qui se trouve dans les check-list. Sauf qu'ici les manipulations à exécuter sur le DSKY sont abondamment commentées.

Chargez la situation **16) Apollo 7 en phase de pré-lancement.scn** qui nous situe à environ trois heures du décollage. La Saturn I-B trépigne d'impatience, les pleins en ergols sont faits. Ils sont glacés et les dilatations thermiques engendrent des craquements sinistres dans la structure du monstre. L'écoutille est grande ouverte et l'équipage de remplacement s'occupe du géant pendant que les titulaires se préparent pour leur voyage dans les étoiles. Les premiers items de la check-list de pré-lancement ont été déroulés et l'on arrive à la phase de mise en service des systèmes de navigation.

• 5 : [GUIDANCE / NAVIGATION] cb [COMPUTER] MNA et MNB armés

• 5 : [GUIDANCE / NAVIGATION] cb [IMU HTR] MNA et MNB armés

• 5 : [GUIDANCE / NAVIGATION] cb [IMU] MNA et MNB armés

V37 E 00 E P00 Pour activer le programme P00 de mise en attente.

V35 E pour tester les voyants du DSKY. (*Petite révision en passant*)

V36 E pour purger l'affichage.

V37 E 00 E P00 Pour réactiver le programme P00 de mise en attente.

☞ • 1 : Vérifier sw **IMU CAGE** sur **OFF** et sécurisé.

• 100 : [G/N POWER] sw sur **IMU** et refermer le capot de sécurité.

Quand on revient sur le DSKY le témoin **NO ATT** est allumé signalant que la centrale inertielle n'a pas de référence d'orientation. Elle doit trouver ses repères dans l'Univers et pour le moment elle ne dispose que de la gravitation terrestre. Un pendule dans sa technologie va lui indiquer où se trouve le NADIR.

(NADIR : Opposé au Zénith, c'est à dire la direction du centre de la Terre)

Il faut attendre environ une minute trente secondes pour que **NO ATT** s'éteigne signalant que la centrale inertielle est utilisable, donc patienter avant de passer au programme **P01**. C'est la phase où elle utilise les Pendules d'alignement en pré-lancement montrés sur la Fig.44 données dans le document **TECHNOLOGIE 1.pdf** en page 30, qui lui fournissent la direction de la verticale locale pour lui permettre de s'orienter sur la première référence REFSMMAT utilisée au cour de la mission. On en profite pour :

• Remettre à zéro le [MISSION TIMER] avec son **RESET**, puis repasser sur **START** pour chronométrer le temps d'alignement de l'IMU. Si passé deux minutes le témoin ne s'éteint pas : Problème !!!

• 7 : **FDAI/GPI POWER** sw sur 1.

• 7 : sw sur **LOGIC POWER 2/3**. (*Le drapeau OFF sur le FDAI n°1 est effacé*)

On a activé le FDAI qui va nous servir à vérifier la prise d'orientation de l'IMU. En fait, il n'est pas du tout indispensable de le mettre en fonctionnement pour aligner l'IMU. Le n°1 ne fait en réalité que cloner l'orientation de la table inertielle comme décrit sur la Fig.57 du document **TECHNOLOGIE 2.pdf** à la page 39. On comparera aux valeurs angulaires de consigne.

Ya un OUF qui a scié la bouboule du FDAI en deux !!!



☞ **Surtout attendre l'extinction de NO ATT avant d'engager le programme P01.**

Ce programme permet le pré alignement sur la référence "REFSMMAT" de pré-lancement :

V37 E 01 E P01 Pour activer le programme P01 de Pré-lancement.

☞ **Patienter !** Au bout d'environ dix secondes **NO ATT** s'illumine. La plate-forme va prendre sa nouvelle orientation. Le FDAI qui lui est asservi rend compte de la rotation du plateau inertiel. Quand ce dernier est convenablement orienté sur la référence REFSMMAT de pré-lancement, il se stabilise. Le FDAI ne tourne plus et le témoin **NO ATT** se fait oublier. La plate-forme de la centrale inertielle est maintenant orientée sur la référence stable pour le début de la mission. Le DSKY enchaîne automatiquement P02 et affiche **P02**. (**COMP ACTY** clignote signalant une activité du CMC)

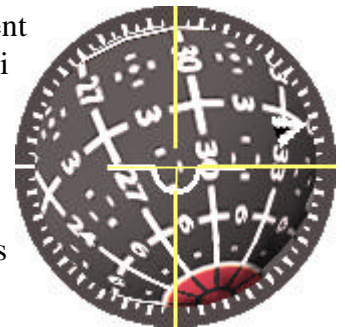
Nous allons maintenant examiner les valeurs des angles mesurés sur les résolveurs des cardans de la centrale inertielle, angles imposés pour l'instant du décollage. Nous avons déjà vu que la variable concernée

INTERRO SURPRISE !

A vant de s'embarquer dans ces complications relatives aux divers angles des cardans de l'IMU dans la référence stable, un petit exercice de révision sur l'interprétation de la sphère d'attitude est certainement le bienvenu. Désolé, mais contrairement à ce qui était prévu, c'est Môamôa qui vais corriger car Popol est parti de toute urgence chez sa tante Ursule dont le poisson écarlate Gogol semble avoir attrapé une rougeole.

QUESTION : Notre vaisseau orbitant autour de la Terre et étant dans l'attitude représentée par le FDAI montré sur la figure ci-contre, en déduire un maximum d'informations sur l'orientation actuelle dans l'espace. Vous avez tnic clac minutes pour répondre. *Une fois corrigées vos copies seront rangée dans le bureau de Popol !!!*

Et c'est MOI qui corrige !



Juste en haut, on devine en limite le cercle des lacets nuls. Partant de ce dernier, on note que YAW est entre 30° et 60°, bien au milieu. Donc on doit avoir un lacet qui ressemble à +45°, c'est à dire vers la droite. Pour le roulis c'est du gâteau. On est incliné à droite d'un peu plus de 70°. Quelque chose qui ressemble à -72° que l'on peut annoncer par 360 - 72 = 288°. Reste à interpréter le cabrage dont la valeur est presque 290°. Un peu moins, disons 289° environ. Enfin, s'il s'agit du FDAI n°1 qui représente l'orientation IMU, nous sommes éloignés de la zone rouge dans laquelle il y a risque d'alignement des cardans de la plateforme inertielle. Si c'est le FDAI n°2 qui a été référencé sur l'horizon local on interprète par un pointage dirigé vers le sol par convention de la zone noire.

RÉPONSE :

V16 N20 E P02 V06 N20

+15198 (R1 donne le Roulis soit environ 152°)

+09005 (R2 donne le Cabrage soit environ 90°)

+00014 (R3 donne le Lacet soit environ 0°)

La numérisation des résolveurs engendre une fluctuation de quelques centièmes de degrés.

Cette sphère semble dans une position bien étrange !

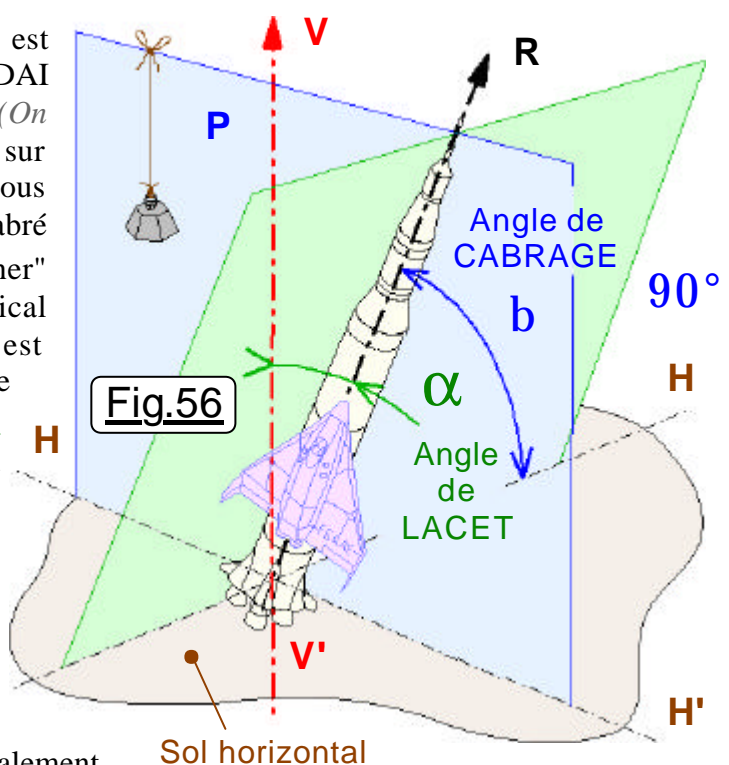


INTERPRÉTATION : Le nez du vaisseau est dirigé vers le ciel vu que le réticule central du FDAI pointe la zone claire de la sphère d'attitude. (On s'en doutait un peu !) Considérons la Fig.56 sur laquelle le plan bleu **P** contiendrait les ailes si nous étions dans un avion au lieu du CM. On a cabré notre aéronef d'un angle **b** de 90°. Le "plancher" de la cabine se trouve donc dans ce plan vertical **P** colorié en bleu clair. La verticalité en est symbolisée par le fil à plomb. **R** est l'axe de Roulis du vaisseau. Mais si l'angle de Lacet **a** n'est pas nul comme c'est le cas sur le dessin, le vaisseau est incliné latéralement. Son axe longitudinal **R** ne coïncide pas avec la verticale **V**, il est alors penché.

CONCLUSION : Si la centrale inertielle est correctement initialisée, le CMS étant vertical, elle doit présenter un angle de Cabrage de 90° et un angle de Lacet nul.

Habituellement le roulis n'a de sens que si globalement

l'axe longitudinal **R** est horizontal. Dans ce cas une aile peut se trouver plus basse que l'autre. Mais en position verticale, le Roulis informe sur l'orientation en "torsion" de la fusée. Il dérive immédiatement de l'orientation au sol des installations et de la tour de lancement. Dès qu'au décollage la fusée a dégagé la tour de servitude, elle s'oriente en Roulis pour la prise de l'azimut de lancement.



Sol horizontal

NOTE : Durant les trois heures de pré-lancement la Terre tourne. Comme l'IMU conserve dans l'Univers (*Réduit aux étoiles*) une direction fixe, la sphère sur le FDAI n°1 qui en représente l'orientation devrait tourner. Comme ce sont les angles définissant l'orientation de la fusée au décollage qui ont été donnés avec anticipation au système de navigation, l'IMU est maintenue "figée" jusqu'au moment précis de la mise à feu pour prendre à ce moment là sa référence. Juste au décollage la sphère sur le FDAI n°1 tourne et prend alors les angles significatifs lus sur la sphère.

Définition des paramètres de lancement.

C'est le programme P02 actuellement en cours qui permet de vérifier ou de modifier les variables propres au lancement. On peut l'ignorer, dans ce cas l'ordinateur puisera les données inscrites dans le fichier du scénario invoqué dans Orbiter. On va commencer par s'assurer de la conformité de consigne de l'**azimut de tir** :

V06 N 29 E P02 V06 N29

+00000 (*R1 donne la valeur de l'azimut soit ici ... plein Nord !!!*)

On va corriger à 72,05° valeur retenue pour Apollo7 :

V21 ~~N29~~ E P02 ~~V21 N29~~ (*On veut corriger sur R1, sachant que NOUN est déjà à la bonne valeur*)
+07205 E

Vérifier le changement de donnée :

V21 E pour effacer la ligne de R1.

V16 E P02 ~~V16 N29~~ qui réaffiche la valeur de R1 qui pointe NOUN 29.
+07205

Nous allons maintenant traiter les prévisions concernant l'orbite d'attente. (*Celle résultant du lancement*)

On note dans le manuel du DSKY que c'est la variable 44 qu'il faut visualiser :

~~V16~~ N44 E P02 ~~V16 N44~~ (*Clignote donc on peut modifier les données*)
+000.00 (*Apogée désirée en Km, centaines et dizaines de mètres*)
+000.00 (*Périgée désirée en Km, centaines et dizaines de mètres*)
+00 00

Pas bien haut tout ça ! On corrige avec les valeurs pour Apollo 7 : (185,94 km et 183.16 km)

V21 E pour saisir la valeur de R1.

+18594 E

V22 E pour saisir la valeur de R2.

+18316 E

V16 N65 E pour "brouiller" l'affichage des données.

N44 E P02 V16 N44

+185.94 (*Apogée désirée en Km x 100*)
+183.16 (*Périgée désirée en Km x 100*)
+00 00

Toujours dans le cadre de ces exercices sur l'utilisation du DSKY nous allons définir l'heure à laquelle on désire déclencher la mise à feu :

V06 N33 E pour afficher l'heure de mise à feu.

+00000 (*Heures : 00hhh*)
+00000 (*Minutes : 000mm*)
+000.00 (*Secondes : SSS.ss*)

Changeons cette heure incorrecte par exemple par 12 h 38 min 51 s :

V25 E pour informer d'une saisie sur R1, R2 et R3,

+00012 E

+00038 E

+05100 E (*Attention, on indique les centièmes de seconde*)

Vérifions que ces valeurs sont bien mémorisées :

V16 N44 E N33 E.

Pour achever ce chapitre on va terminer par des manipulations qui généralement ne concernent pas les pilotes du vaisseau mais les spécialistes systèmes quand il leur faut interroger directement le calculateur et ses périphériques en vue de procéder à des vérifications. Néanmoins, il faut que l'équipage puisse réaliser

besoin d'informations "binaires". Il n'est pas question dans ce cadre d'apprendre le langage machine et de faire de vous des programmeurs spécialistes du CMC. Mais titiller quelques commandes histoire de côtoyer un fifrelin d'octal ne pouvant s'avérer que positif.

Un petit zeste de dialogue "machine".

Allergiques au binaire ou au langage machine, passez votre chemin. Vous pouvez somptueusement ignorer ce paragraphe dans lequel on va se contenter de petits bavardages avec la machinerie informatique. Mis à part le fait que l'on conforte notre aisance sur le DSKY, ce que l'on va traiter dans ces lignes est purement "culturel". Si vous "feintez" cette leçon, même Popol ne dira rien. Pas besoin de charger une nouvelle scène, celle en cours convient tout à fait.

V37 E 00 E Pour sortir de P02 et revenir au programme P00.

On va faire joujou avec un logiciel qui durant la préparation du lanceur permet d'effectuer en automatique une foule de tests. Si en sortie quand on l'interroge on y constate aucun échec ... c'est bon signe. S'il y a eu un ou plusieurs problèmes, c'est au spécialiste de les cerner. Dans ce cas il faut aller dans les entrailles binaires de la mémoire ... et ce n'est plus du tout de notre compétence.

• *Forcer le nombre total d'échecs des autotests à zéro car depuis le début de la préparation du lanceur, des autotests ont commencé :*

V25 N 01 E : ~~V25 N01~~ : Le protocole attend une saisie binaire codée en octal sur R3,

SAISIES en OCTAL : Pas de signe, pas de chiffre 8 et 9 ou **OPR ERR** s'allumera. Contrairement aux saisies décimales qui imposent les cinq chiffres, en octal on peut ne donner que les "digits" utiles puis **E** pour valider l'adresse. Les zéros placés en tête ne sont pas du tout indispensables.

1369 **OPR ERR** **RSET 5 E** (*Saisie sur R3 avec erreur sur le chiffre 9 et correction*)

~~V21 N01~~ pour saisir sur R1,

0E : Saisie sur R1 > ~~V22 N01~~ pour saisir sur R2,

0E : Saisie sur R2 > ~~V23 N01~~ pour saisir sur R3,

8 **OPR ERR** **RSET 0E** : Sur R3 avec erreur et correction. Ne clignote plus : Fin des saisies attendues.

• *Commencer les autotests de base :*

V21 N 27 E : ~~V21 N27~~ : Attend une saisie sur R1,

+10 E **OPR ERR** **RSET CLR 10 E** : Ne clignote plus.

Commence les autotests de base. Ces essais automatiques se poursuivront jusqu'à ce que l'on y mette fin.

(*Le système semble inactif car à l'affichage il ne se passe plus rien ... Attendre*)

• *Afficher le contenu des trois registres de compte rendu des autotests :*

V15 N 01 E : ~~V15 N01~~ : Attend une saisie sur R3.

1365 E (*Saisie sur R3 conformément au protocole de programmation*)

V15 N01 ne clignote plus. Le témoin **COMP ACTY** clignote traduisant l'activité du CMC qui affiche "en boucle" les rapports d'autotest sur les trois lignes du DSKY :

R1 montre nombre de tests qui ont échoué, (*Si tout est correct le nombre doit rester nul*)

R2 affiche le nombre de tests commencés,

R3 précise le nombre de tests de divisions terminées. (*Si division par zéro génère un échec*)

Maintenant qu'il y a affichage, on peut consulter les résultats. Laisser faire au moins jusqu'à ce que le nombre de tests effectués indiqué en R2 atteigne 3 ou 4 ou plus si vous le désirez. (*Temporel x10 possible*)

• *Terminer les autotests de base :*

V21 N 27 E

~~V21 N27~~ clignote : Attend une saisie. Comme il y a collision entre l'affichage des divers comptes-rendus d'autotests et notre saisie en cours, le témoin **KEY REL** se met à clignoter.

0 E pour terminer les autotests de base.

KEY REL pour éteindre le témoin d'alerte.

R1 réaffiche **00000**.

• *Stopper le programme d'affichage des autotests :*

V34 E : **KEY REL** s'allume puis s'éteint. L'écran semble figé.

V36 E pour purger l'affichage. (*Le FDAI n°1 se replace au "triple zéro"*)

V37 E 00 E Pour brancher sur le programme 00 de mise en attente du CMC.

Fin de ce petit dialogue avec la machinerie. **Zéro échecs sur R1 c'est tout bon.**

Personnellement j'ai
poussé jusqu'à :

P00 **V15 N01**

00000

00364

00172

EXERCICES SUR LES ABANDONS DE MISSION AU LANCEMENT :

Bien que ça ne soit heureusement jamais arrivé, ces procédures étaient vitales pour la survie de l'équipage sur incident critique au lancement. Elles font intégralement partie de votre formation à la NASA. En fonction du moment où la décision est prise, les réactions de l'équipage devront être différentes. Nous allons passer en revue divers cas pour observer comment se comportent les systèmes.

Couper ou réenclencher le pilote automatique durant le lancement :

Passer en pilotage manuel n'est pas vraiment une panacée, mais en cas de comportement divergent de la fusée cette possibilité était envisagée et possible. Une "bascule logique" de type OUI/NON (**V46 E**) peut à notre guise couper ou réenclencher le pilote automatique d'Apollo. Expérimentons cette faculté en chargeant la situation **17) Apollo 11 à 20 sec du lancement.scn** qui nous place juste un peu avant le compte à rebours. Au moment du décollage, **P11** est activé et il affiche immédiatement **V16 N62**, c'est à dire les données pertinentes durant un lancement. **Sans plus tarder** cliquez pour la consigne :

V46 E. Mis à part que les aiguilles de taux de variation d'attitude se recentrent sur les FDAI on n'observe pas grand chose de flagrant. Rien de spécifique qui devrait nous stresser un maximum.

V16 E pour réafficher les informations courantes ... un long fleuve tranquille.

Passons en vue extérieure avec **[F1]**. Que c'est beau à voir, la Terre qui devient de plus en plus "petite" et notre magnifique Saturn V qui monte parfaitement à la verticale. Que c'est beau, un pur bonheur.



Bande de NAZES, ça va pas non ?
Un lancement à la verticale ... jamais vu ça en quarante années de carrière. Zallez encore me destroy une fusée. Que des nuls ils recrutent à la NASA !!!

Houououou lalala, l'a raison
Chef Chef, mais je ne vois pas
Môamôa pourquoi c'est lui qui explose.



Profil bas ... on reprend le travail sérieux pour se faire une fois de plus oublier de Chef Chef Grand Chef. Si on persiste, on va monter à une altitude exagérée, mais surtout on va redescendre plus tard presque à la verticale et nous cogner dans l'atmosphère en offrant aux amoureux une belle étoile filante.

Réengageons le pilote automatique en commençant par revenir à bord avec **[F1]**. **Attendez toutefois de vous trouver vers l'altitude déjà "idiote" d'environ 350 Km lue sur R3**, avec une apogée annoncée de 570 km puis **V46 E** qui réactive le pilote automatique. L'aiguille de taux de variation en cabrage va en butée supérieure sur le FDAI. Passez immédiatement en vue extérieure et observez la direction du jet de gaz à la sortie du moteur. On voit bien que le P.A. cherche à rattraper la situation et que la "vectorisation" de la poussée modifie l'axe des jets brulants par rapport à l'axe longitudinal de la fusée. Les variations en cabrage se bousculent et les aiguilles "linéaires" sur les FDAI gigotent un peu dans tous les sens. C'est fatal, on a placé le train spatial dans une configuration "débile", et la masse inerte actuelle est considérable. Alors le P.A. fait ce qu'il peut et surcompense. Laissez faire, mais la sphère du FDAI à droite tourne dans tous les sens. (*Au fait, attrapez rapidement les petits sacs " contre le mal de mer", il y a urgence*) Par contre, sur le FDAI de gauche la sphère ne bouge pas, la centrale inertielle continue résolument à maintenir stable sa plateforme par rapport aux étoiles. Rien ne va plus, le P.A. est dans les choux. Il faut intervenir : **V46 E** qui le remet en sommeil. Comme il ne surcompense plus, la vectorisation se recentre et les taux de variation angulaire pour l'attitude s'annulent. OUFFfffff, on se sent mieux tout d'un coup. Passer en vue extérieure puis **[CTRL] - num** pour réduire totalement la poussée du deuxième étage de la fusée. Provoquer la séparation en cliquant sur **ABORT** et **[F1]** pour observer que tout notre petit monde qui s'éparpille bien gentiment. Le CSM reste totalement opérationnel. Commencez par activer les RCS, puis placez le vaisseau en attitude horizontale. Attendre de vous trouver à l'apogée de l'orbite. Poussez en manuel avec le SPS jusqu'à relever la valeur du périgée vers 200 km d'altitude. Le vaisseau est maintenant hors de danger et à Houston les "responsables mission" ont tout le temps pour reconsidérer les objectifs de ce vol et ne pas le gaspiller. Il reste pour eux une foule de travaux d'opportunité à organiser.

Abandonner la mission prématurément mais avec déjà une altitude notable :

Nous allons supposer ici un incident lanceur avec perte de plus d'un moteur, le S II étant en service. On est déjà lancé à une vitesse importante et allons monter à une altitude notable. Il importe alors d'utiliser le calculateur de bord pour nous aider durant la réentrée atmosphérique. **V16 N44** est prévu à cet effet. Le but de cet exercice consiste précisément à en interpréter l'affichage. Réactivons la situation

Tout va bien, le FDAI de droite change d'attitude, les aiguilles de taux de variation se déplacent raisonnablement et le DSKY affiche correctement les données. Sur **Orbit** MFD à droite cliquez sur **PRJ** pour afficher **SHP** et **DST** pour obtenir **PeA** et **ApA**. Attendez que le compteur de mission placé en tableau 1

sous le bouton **ABORT** affiche **01 : 00** et saisissez **V82 E** soit la consigne **V16 N44 E** ce qui dans les deux cas provoque l'affichage des données pour le lancement. Seule différence, avec V82 les affichages **V16 N44** clignotent. Il suffit de compléter par **V82 E** pour avoir exactement la même chose. Attendez exactement **02 : 00** sur le compteur de mission, quittez à passer en **0.1X** sur l'écoulement temporel pour que nous ayons les mêmes données et passer en PAUSE sur Orbiter. Nous allons interpréter les informations affichées sur l'écran du DSKY :

Cette fonction sera utile pour planifier un abandon au lancement. Les 300000ft correspondent à une altitude d'environ 92 km à laquelle l'échauffement cinétique va devenir significatif.

V16 N44 E P11 V16 N44

+0058.1 (Altitude APOGÉE en km x 10)

-6271.9 (Altitude PÉRIGÉE en km x 10)

+59 59 (Temps avant de retomber à 300000 ft soit environ 92 km)

On vérifie bien sur **Orbit** MFD à droite que la valeur des altitudes affichées est respectivement pour **PeA** ≈ -6.271 M et pour **ApA** ≈ 58.67 k. Les valeurs correspondent bien mis à part une petite différence sur la valeur de l'apogée. Mais n'oubliez pas qu'une foule d'informations doivent être rafraîchies sur l'écran et elles ne le sont pas simultanément. Par ailleurs le DSKY n'est réactualisé que toutes les secondes ce qui explique largement les petites différences constatées. La valeur affichée pour le temps étant saturée à **+59 59** précise que la trajectoire actuelle n'atteint pas encore cette valeur de 92 km. Quand GET arrive à **02 : 23** frappez sur **R** pour passer en **0.1X** et surveillez attentivement le registre R3 du DSKY qui affiche toujours **+59 59**. Dès qu'il change de valeur et passe à environ **+02 24**, passez immédiatement Orbiter en PAUSE. Vous allez constater sur **Orbit** MFD à droite que **ApA** vient de dépasser les 92 Km ce qui confirme le comportement attendu de la fonction V82E.

Attendez exactement **04 : 50** et cliquez sur **ABORT** pour séparer l'étage S II. Immédiatement le "Timer" GET repasse à zéro. Attendez jusqu'à **00 : 20** et cliquez une deuxième fois sur **ABORT** pour éjecter à son tour le S IV-B. Nous ne sommes qu'à **02 : 49** de l'altitude critique. Sur le tableau 2 avec l'un des deux inverseurs sécurisés **1** séparer le module de commande du module de service. Cliquez sur le bouton de l'alarme. Il est trop tard pour faire quoi que ce soit, la solution aurait consisté à préparer à l'avance le CM pour pouvoir adopter un angle d'incidence convenable et avoir le vaisseau paré pour effectuer sa rentrée. Ce n'est pas le but de cet exercice dans lequel on observe spécifiquement l'utilisation du DSKY. Surveillez attentivement le contenu du registre R3. Quand il arrive à **00 : 00** mettez en PAUSE. Vous pouvez constater sur **Surface** MFD que notre altitude est exactement de 92 km comme prévu par la théorie. Vous noterez Fig.57 en conclusion de cette expérience, qu'au cours du lancement, même si l'abandon est relativement tardif, la retombée dans les couches denses de l'atmosphère est très rapide et laisse peu de temps pour réagir soit environ 3 minutes 20 à 30 secondes sur pratiquement l'intégralité du lancement. Il n'y a qu'à partir du largage du S II que le délai augmente notablement tout en restant inférieur à 8 minutes.

Arf arf, ya encore une Saturn V qui va décoller et traverser sans problème les passerelles de servitude qui ne sont pas écartées, c'est magique NAGASSP.

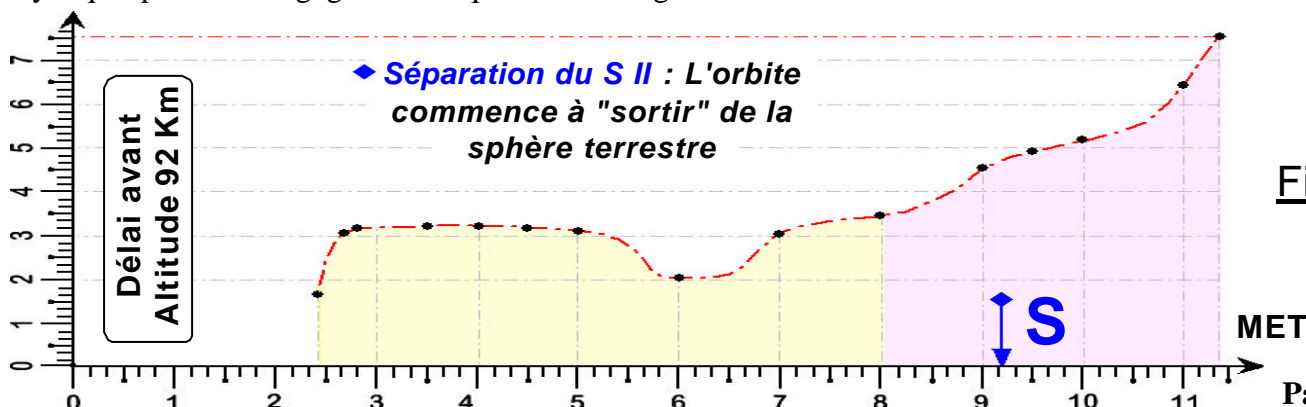
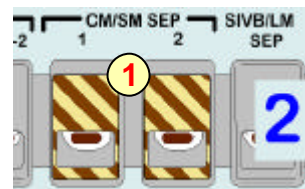


Fig.57

EXERCICES SUR LES RENTRÉES EN URGENCE :

Quand tout va mal ... rien ne va bien ! Avouez que cet adage populaire que je viens d'inventer est d'une rigueur mathématique régaliissime. Déclencher manuellement un ABORT ou le subir en automatique voir télécommandé depuis le sol fait partie intrinsèque des éventualités d'une mission Apollo. Et il faut s'y préparer avec rigueur car si elle se produit, nous n'aurons pas vraiment le temps d'apprendre les procédures. Les techniciens face aux tableaux de maîtrise du simulateur de la NASA sont ravis, on voit bien que ce ne seront pas eux qui chevaucheront plus tard le monstre dans quelques semaines. L'un d'eux s'est même amusé à aller coller une affiche "interdit de fumer" sur l'un des ailerons de l'étage inférieur de la Saturn V. Des comiques ces techniciens ! Pour nous torturer, le moustachu, grand chef du simu charge avec ravissement la situation **18) Apollo 7 à 30 secondes du décollage.scn**, on va en baver ... Dès que la scène est chargée, **V16 E** pour animer le DSKY qui affiche le compte à rebours et **PAUSE** pour prendre le temps de consulter les manuels de vol.

Le B-A-BA du "Rien ne va plus" : ABORT type 1A.

Comme l'incite l'ordre alphabétique de la "loi des séries", vocable un peu stupide utilisé quand vraiment on patauge, nous allons commencer par explorer l'évasion de type 1A qui peut se produire à partir de H moins trente secondes. C'est presque l'incident le pire, surtout s'il se produit avant le décollage. La fusée n'a pas gagné un seul mètre d'altitude, autant dire qu'il n'y a pas de temps à perdre. Si l'équipage ne réagit pas immédiatement, c'est le **DEAD** assuré ! C'est volontairement que je commence par vous proposer le plus délicat, pour vous obliger à bien vous imprégner de ce qu'il faut faire. Les deux ou trois premières tentatives vont se dérouler avec un stress maximal, et probablement mal se terminer. Puis une fois que vous aurez repéré les deux ou trois éléments à cliquer dans l'ordre, vous allez décompresser un peu et arriverez à faire face comme des pros. Ainsi, les autres modes vous sembleront plus faciles et les rentrées atmosphériques tant redoutées vont par la suite confiner à de la routine.

Comme un incident grave n'est jamais à exclure, le manuel de vol est toujours ouvert à la page des urgences au moment du décollage ... on ne sait jamais. (*Nom d'une pipe en astrogus escargoforme, mais qu'attendez-vous pour ouvrir le livret à la page 14 ???*) Du reste vous avez déjà focalisé votre regard sur les premiers inverseurs qu'il faudra manipuler si ça tourne mal. Paré ? Alors c'est parti.

Vous libérez la PAUSE et immédiatement cliquez sur le bouton **ABORT**. C'est l'incident tragique, une anomalie grave à quelques secondes du décollage se produit sur un cordon ombilical de complément d'ergols et vient d'être détectée. L'explosion peut survenir d'un instant à l'autre et les ordinateurs de la séquence synchronisée ont déclenché automatiquement la sauvegarde. Abasourdis vous avez compris ce qui se passe. Si vous n'intervenez pas immédiatement, dans 32 secondes, temps de combustion de la tour d'éjection compris, la capsule s'écrasera au sol et trois familles d'astronautes seront en deuil. C'est court 32 secondes, mais c'est suffisant si vous agissez sans hésiter. Alors speedosrapidissime et conformément à la check-list vous réalisez les cinq premiers items de la page 14, ceux jusqu'à la ligne :

• 2 : **[CM/SM SEP]** sw sur **1** ou sw sur **2**. (*Retour au centre*)

Ce sont les actions urgentes impératives qui vous sauvent la vie, car elles conduisent à l'ouverture des parachutes principaux. On dispose alors du temps nécessaire pour purger les ergols des RCS puis une fois au sol placer le vaisseau en sécurité. Tout c'est passé si rapidement que vous n'avez pas encore réalisé que la mission est terminée. Mais l'espace n'est pas un long fleuve tranquille. De tels désastres restent plausibles et il faut faire avec. C'est précisément pour ces raisons que de multiples procédures de sauvegarde de l'équipage sont étudiées et expérimentées jusqu'à saturation dans le simulateur.

ABORT type 1B.

C'est l'excitation à bord. Le moment tant attendu est arrivé. Vibrant de toutes ses membrures la fusée s'élève majestueusement et commence à dépasser la tour. Vous avez rechargé la situation **18) Apollo 7 à 30 secondes du décollage.scn** et expérimenté à plusieurs reprises l'abandon en mode 1A. Vous aurez constaté que l'éjection en fin de cette phase à 00:14 ne fait aucune différence avec celle avant la mise à feu. Nous allons simuler maintenant le gros problème aux deux limites temporelles de ABORT type 1B. La première expérience sera déclenchée à 00:15. Vous observez dans la check-list que la seule différence par rapport au mode précédent réside dans les deux items :

- 2 : **[RCS]** sw **CMD** sur **ON**.
- 2 : **[RCS]** sw **TRNFR** sur **CM**.

Rien de bien nouveau, si ce n'est que cette fois on commençait à y croire et que la déception n'en est que plus frustrante. Dommage, mais ainsi va le programme Apollo !

Si l'incident se produit plus tardivement, à partir d'une minute GET la capsule va atteindre les 30000 ft d'altitude. Donc on va pouvoir "dérouler" une partie de la procédure de rentrée atmosphérique, mais il ne faut pas lambiner. Les événements se précipitent et si l'on ne veut pas sauter des actions par inadvertance il faut agir promptement mais avec rigueur. Dans un premier temps je vous propose d'attendre la fin de cette phase et de déclencher l'éjection vers GET 01:49. Vous aurez ainsi un maximum de délai pour vous former à cette situation de crise. Mais pas vraiment beaucoup plus, donc seule l'expérience tentée plusieurs fois vous rendra apte à réussir à tous les coups. Pour terminer cet apprentissage, il vous reste alors à déclencher à 01:01, mais étant rodé vous pouvez alors faire un pied-de-nez aux ingénieurs du simu.

Le mode ABORT type 1C.

Concrètement il succède au mode 1B et s'étend jusqu'à l'auto-éjection de la tour de sauvegarde. Si l'incident se produit en début de cette phase on va déjà monter jusqu'à 66 km d'altitude, et jusqu'à 82 km si on déclenche vers les 02:45. Du coup on va "sortir de l'atmosphère", et l'intégralité de la procédure [Descente Atmosphérique](#) sera effective et passée en revue. C'est la différence notable avec les modes déjà expérimentés. N'oubliez pas les informations du graphe de la Fig.57 qui constitue une sacrée mise en garde car il nous rappelle que de toute façon le retour en enfer se produit en moins de deux minutes. C'est l'épée de Damoclès qui durant tout le lancement menace l'équipage. C'est long une mise en orbite quand on se fait secouer comme dans un panier à salade. Et pourtant en quelques grappilles de secondes on retrouve l'atmosphère dense. Il vaut mieux alors que le vaisseau soit correctement configuré.

Version ultime du Toutcafourille : ABORT mode 2.

C'est l'auto-éjection de la tour de sauvegarde qui fait passer dans ce mode. Il constitue intrinsèquement le cas le plus redouté par l'équipage, car le train spatial a déjà acquis une vitesse considérable. La plongée en enfer va se faire avec un angle défavorable et les hommes vont subir un grand nombre de G. Avec effroi vous allez voir l'aiguille de l'accéléromètre grimper, grimper alors que vous êtes de plus en plus écrasé sur votre siège. Bonjour la facilité de cliquer sur les boutons quand votre bras devient aussi lourd qu'un sac de plomb. Nous sommes confortablement installés devant notre écran vidéo à déplacer avec aisance la souris de l'ordinateur. Mais si vous voulez vraiment "revivre cette époque", l'envie de vomir vous étouffe et votre vision se voile. Tout autour c'est le bruit effrayant du plasma et dans votre fort intérieur vous avez une pensée profonde pour votre épouse et pour vos enfants. Avant cette torture vous avez avec rigueur enchaîné les actions de la liste en page 23 du manuel. L'enregistreur graphique déroule son papier sur le boîtier EMS. Vous pouvez constater que la plongée initiale qui vous a si malmené a fait ricocher la capsule sur les couches atmosphériques et vous repartez vers le haut. Mais à ce stade le plus violent est passé. Si vous avez survécu, la chute finale sera moins "virile". Votre souffrance et celle du vaisseau ont considérablement absorbé l'énergie cinétique, le retour au sol sera maintenant nominal. En sueur et nauséeux il faut pourtant terminer le travail. Un peu groguis, l'amertume en filigrane, il reste à exécuter toutes les actions de la procédure [Descente Atmosphérique](#) puis celles de la [Procédure POSTLANDING\(Splashdown\)](#) et tout ça pour rien. La mission est un échec. Mais les télémesures ont été enregistrées au sol. Les ingénieurs auront du travail pour trouver les raisons de cette tragédie. En rentrant, n'oubliez pas de faire un petit tour à la chapelle pour remercier votre ange gardien. En dépit des circonstances il vous a donné un sacré coup d'aile quand cet aléas diabolique c'est produit.

Ces divers exercices nous ont bien préparé aux situations d'urgence durant les lancements ... encore que ! En effet, ce ne sont que des exercices élémentaires pour lesquels nous savons à l'avance à quel moment ABORT se déclenche. C'est du reste nous qui appuyons sur le bouton. Mais dans le réel l'incident ne prévient pas. Il surgit spontanément comme un éclair dans un ciel orageux. Pour chacun des divers type d'abandon nous avons sagement attendu un moment précis et déclenché l'éjection. Mais dans la pratique on ne reste pas les bras croisés durant le lancement. Manuel de vol à la main on surveille les paramètres balistiques. Aux altitudes prévues on bascule ici et là quelques inverseurs. Si vous cherchez à tout gérer, vous allez rapidement vous rendre compte que l'on est en permanence à la traine. C'est normal. Seul à bord on doit tout faire, sans compter que dans la pratique il est plus facile de tendre le bras vers un bouton qu'utiliser plusieurs touches du clavier pour naviguer entre les divers tableaux 2D. Mais la crédibilité est à ce prix, NASSP se mérite au prix de nombreux entraînements pour arriver à devenir de vrais astronautes des années 60. Le LABEL de la NASA ne se trouve pas dans une pochette surprise ...

VECTORISATION des moteurs de la Saturn V :

Nous savons tous que pour gérer une dynamique orbitale (*Lancement, correction de trajectoire, T.L.I ...*) il faut en permanence que l'axe longitudinal du vaisseau soit généralement orienté de façon à rester tangent à la trajectoire de la route à suivre. On peut naturellement opter pour un moteur orbital immobile effectuant la poussée, et des RCS en complément pour s'occuper de l'orientation. Toutefois, si le vaisseau ou le train spatial présente une masse considérable, utiliser une poussée vectorielle sera plus efficace. Le(s) moteur(s) orbital est orientable par rapport au vaisseau, un peu à l'image des moteurs hors-bords sur les petites embarcations. Les RCS quand il y en a ne sont plus utilisés que pour effectuer l'orientation initiale. C'est le cas pour le SPS du CSM par exemple. Pour imager ce propos nous allons commencer par charger la situation **17) Apollo 11 à 20 sec du lancement.scn** et attendre le décollage. Durant une minute, "triturer" les touches **1, 3, 8** et **2** du pavé numérique. Il ne se passe rien, nous sommes en pilotage automatique. Vers **01 : 30** simulons un problème sur l'ordinateur de bord :

V46 E. Vous savez que c'est la bascule qui désactive en première utilisation le pilote automatique. Les aiguilles des taux de variation se recentrent sur les FDAI. Toute action maintenant sur **2** et **8** du pavé numérique provoque de virulentes variations en attitude. Constat identique en avec **1** et **3** ou avec **4** et **6**.

Passez alors en vue extérieure qui sera bien plus "parlante" que les FDAI pour mieux observer le comportement de notre fusée. Pour toute action sur les touches d'orientation des moteurs qui sont montés sur des articulations de type "Cardan" (*Gimbal*) on voit parfaitement les jets de gaz se décaler par rapport à l'axe longitudinal de la Saturn V. Observez surtout en regardant le fond du ciel comment la fusée réagit à ces changements de direction du vecteur de poussée. Attendre le largage du premier étage. Puis recommencer. Le SII est également vectorisé et peut aussi être piloté en manuel. Revenir à l'intérieur du vaisseau. Chaque action sur l'une des touches se traduit par le passage en butée des aiguilles de taux de variation. C'est brutal de chez viril cette façon de piloter, les structures de ce géant de l'astronautique n'y résisteraient pas. On va donc se calmer un peu et utiliser **[Ctrl]** en conjonction des touches **1, 3, 8** et **2** du pavé numérique. Vous pouvez observer au passage que déjà sur le S II les variations sont moins brutales qu'avec le premier étage. C'est qu'il pousse fort le bougre. Avec **[Ctrl]** les variations d'orientations sont devenues bien plus douces et permettent réellement un pilotage fin. Mais dans ce premier exercice on désire juste observer les possibilités ainsi que les phénomènes physiques, alors peu importe ce que devient réellement la mission. Par contre, évitez de trop vous éloigner d'une orientation raisonnable, car il sera également profitable de voir comment se comporte le S IV B, il serait regrettable de plonger vers le sol prématurément. En vue extérieure on remarque facilement qu'avec usage de **[Ctrl]** les déviations des jets incandescents sont bien plus modérées. Pour clore cette première expérience, nous constatons que le S IV-B n'est pas pilotable en roulis. Il dispose pour l'axe de roulis de RCS moins performants.

LANCEMENT en mode manuel et établissement de l'orbite d'attente :

Est-ce possible ? On est en droit de se poser la question. C'était prévu par la NASA en cas de défaillance de l'ordinateur. **La réponse est oui** ... il suffit en théorie de respecter le profil de mission au cours du temps MET. En pratique on doit gérer le Cabrage et le Lacet conformément aux prévisions et stopper le fonctionnement du S IV-B une fois l'orbite d'attente réalisée. Entre la théorie et la pratique il y a une sorte de légère différence ... **c'est du vrai pilotage**. Il faut surveiller beaucoup de paramètres simultanément et sans le secours d'un copilote qui annonce en temps réel la valeur du compteur MET, plusieurs soirées d'entraînement vont devoir y être consacrées si vous désirez vraiment y arriver avec une probabilité de réussite raisonnable. Consultez **TECHNOLOGIE 2.pdf** en page 65 pour mémoriser les actions des touches du pavé numérique dont le comportement n'est pas tout à fait standard. On réutilise la situation **17) Apollo 11 à 20 sec du lancement.scn**, à partir de **02 : 30** par exemple on simule la perte du CMC avec **V46 E**. Utiliser les informations de profil contenues en page centrale **de la check-list relative à la mission en cours**. **L'information la plus pertinente pour gérer le vol est incontestablement le cabrage**. La façon la plus commode de le surveiller, sachant que les MFD et HUD d'Orbiter sont interdits pour des raisons de réalisme, **consiste à se servir du FDAI n°2 en ayant pensé avant le décollage de l'initialiser à 180 / 90 / 000 une fois que la fusée a effectué sa prise de cap en roulis juste après le décollage**. Coder **V16 N44 E** sur le DSKY pour avoir les informations orbitales. Dès que la valeur de l'apogée désirée est atteinte, ne pas hésiter à cabrer (*Pour en réalité piquer*) pour éviter qu'elle n'augmente exagérément. Il ne faut pas hésiter à adopter un A.O.A. franchement négatif pour amener le cabrage à l'horizontale, voir négatif car il importe alors de prendre de la vitesse pour relever le périégée sans pour autant augmenter l'apogée. (*Donc augmenter le cabrage*) Quand l'orbite est

Page 66 établie, avec la touche **- num** couper le moteur du S IV-B . OUFFfffff, on y est parvenu !

Expérience sur le dosage de la poussée des moteurs du lanceur :

Au même titre que l'on peut gérer le cabrage, le roulis et le lacet des divers étages de la fusée en mode manuel, il est également possible d'agir sur l'intensité de la poussée des moteurs ce qui permet d'affiner les paramètres de l'orbite d'attente en fin de lancement. Toujours dans le cadre de notre formation à la NASA, nous allons effectuer quelques expériences relatives à cet aspect de la maîtrise des lancements en mode manuel. Il nous sera alors possible de faire face à toutes les éventualités.

Exercice n°1 : Faire du morse avec le monstre.

Bien que ce ne soit pas vraisemblable, on charge **19) Expérimenter le dosage de la poussée.scn** et on va tenter d'utiliser la puissante fusée en "tout ou rien". **[F1]** pour passer en vue intérieure puis la commande **V46 E** pour débrancher le pilote automatique et reprendre la main. **[F1]** pour repasser en vue extérieure. Ne changez pas le facteur de ZOOM ni l'orientation de la caméra dans cet exercice. Enfoncez la touche **+ num** qui normalement dans Orbiter impose la poussée maximale au moteur orbital du vaisseau ... il ne se passe rien. C'est logique, vu que les moteurs sont déjà à leur poussée maximale. La touche **- num** en standard coupe le moteur quand il pousse déjà à une puissance stabilisée, maximale ou pas. Si vous preniez une scène avec le Deltagliser par exemple, vous pourriez faire du morse, en positif si le moteur est arrêté, en négatif s'il est en fonctionnement. Et sur NASSP ? Il suffit pour avoir la réponse d'activer la touche **- num** ... GLUPS ! Il y a éjection du CM et tout le reste du monstre s'évapore instantanément. C'est magique. On peut conclure que dans NASSP il sera anormal de faire du morse avec le premier étage de la grosse fusée. Cette option est identique que ce soit pour le premier étage de la Saturn 1-B sur Apollo 7, ou celui de l'énorme Saturn V pour les missions lunaires.

Persistons dans ces hérésies et faisons appel à **20) Dosage de la poussée sur le S II.scn** qui nous montre sur Apollo 11 le largage du premier étage de la fusée. Restez en vue extérieure. Titillez **- num** qui provoque à notre guise du "morse négatif" alors que le pilote automatique est en prise. Les autres touches de type **1, 3, 4, 6** etc sont sans effet pour le confirmer. Bien que non réaliste, cette possibilité nous permet de simuler le non fonctionnement d'un moteur durant le lancement comme c'est arrivé pour Apollo 13 par exemple. La baisse de vitesse acquise sera significative de l'extinction prématurée d'un moteur. Pour le vol tragique, les automatismes se sont contentés de pousser plus longtemps pour compenser. Pour simuler cet incident, quand le premier étage a été largué, vers mi-réservoir surveillé sur la Fig.17 en page 22, vous enfoncez **- num** entre **06 : 00** et **07 : 00**. Mais attention, il faudra couper l'automatisme **AVANT le largage du S II** avec **V46 E** car la reprise est calamiteuse. Il faut terminer le lancement en manuel. Notez au passage que le S IV-B n'est pas pilotable en morse, car une fois coupé il ne remonte plus en poussée sauf sur une commande du CMC. Nous reverrons cet aspect plus tard.

Exercice n°2 : Dosage de la poussée des moteurs.

Comme Popol est toujours chez tante Ursule, on va se permettre de faire joujou avec le matériel de la NASA. Les techniciens du simu ont été soudoyés pour rester discrets. Après avoir rechargé la scène **20) Dosage de la poussée sur le S II.scn** reprendre le contrôle avec **V46 E**. Passez en vue extérieure puis avec **[Ctrl] - num** et **[Ctrl] + num** dosez finement la poussée des moteurs. Il sont très faciles à dompter. Revenir en vue intérieure, mais cette fois observez l'accéléromètre sur le tableau 1. Avec le S II on peut facilement faire varier l'accélération entre zéro à poussée nulle et 1 G à poussée maximale. Attendre le passage au S IV-B quand le deuxième étage du lanceur est éjecté. Vous pouvez utiliser sans problème l'accélération temporelle x10 si vous vous sentez "nerveux". En vue extérieure ce moteur se montre aussi docile que ceux du deuxième étage de la fusée. Mais ATTENTION : Ne pas le réduire totalement ... car il ne redémarre pas, ce que vous savez depuis le paragraphe précédent.

Allez, un petit grain de folie : Relancez **17) Apollo 11 à 20 sec du lancement.scn** et passez en vue extérieure. Dès le décollage, alors que le P.A. est actif, réduire progressivement la poussée avec **[Ctrl] - num** jusqu'à obtenir du quasi stationnaire. Lentement la grosse fusée commence à redescendre. **[Ctrl] + num** pour ré augmenter faiblement la poussée. Le but du jeu consiste à garder la Saturne V presque stable juste au dessus de la tour de lancement. Ce n'est pas réaliste du tout, mais c'est très amusant et surtout ce jeu un peu idiot nous confirme que les moteurs sont vraiment à notre merci dans NASSP. Pour terminer, repassez en vue intérieure quand la fusée commence à remonter franchement. Puis avec deux fois **[F8]** passez en cockpit simplifié. Sur **MAIN ENG** on peut observer la poussée des moteurs. En diminuant progressivement leur tonus musculaire, vous allez constater que l'éjection du CM déjà expérimentée ne se produit pas pour une poussée nulle, mais vers 11.7 M alors qu'ils sont à $\approx 30\%$.

VECTORISATION DU MOTEUR ORBITAL :

Fondamentale au même titre que sur le lanceur Saturn V, pouvoir guider le vaisseau sur sa trajectoire est suffisamment capital pour justifier un chapitre à part bien qu'il s'agisse aussi de l'utilisation et de la mise en œuvre du SPS. J'ai donc préféré ouvrir un nouveau thème d'études plutôt que d'alourdir le chapitre précédent suffisamment copieux. Pousser parfaitement dans l'axe longitudinal du vaisseau avec le moteur orbital semble une évidence, pourtant ce n'est pas du tout la bonne solution. La Fig.58 va nous permettre d'illustrer cette assertion énoncée péremptoirement. Considérons le cas **A** pour lequel le SPS pousse exactement dans la direction de l'axe longitudinal X'X du CSM. La poussée **F** engendre une accélération qui se traduit par la variation de vitesse **dV**. Mais le vaisseau Apollo n'est en rien un corps plein et homogène. Son centre de gravité **G** n'est pas situé sur l'axe longitudinal de symétrie globale X'X mais en dessous. La force **F** étant décalée du "point de résistance inerte", il y a tendance inexorable à la rotation **R**. C'est entre autre l'une des raisons qui engendre des rotations parasites quand on pousse avec les RCS en mode linéaire. Il aurait été envisageable de caler le moteur "plus bas" juste en face de **G**. Mais ce n'est pas suffisant, car à bord des masses s'évadent dans l'espace comme les ergols brûlés, les fluides viciés évacués, des éléments éjectés comme le

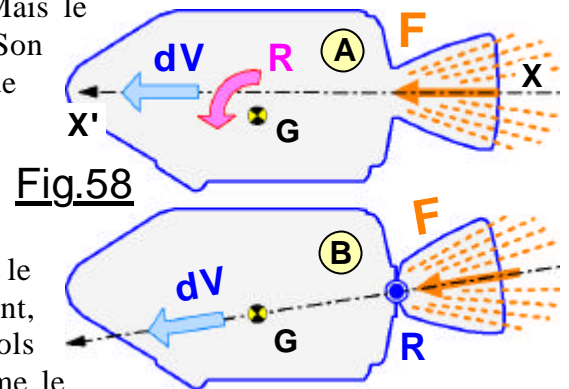
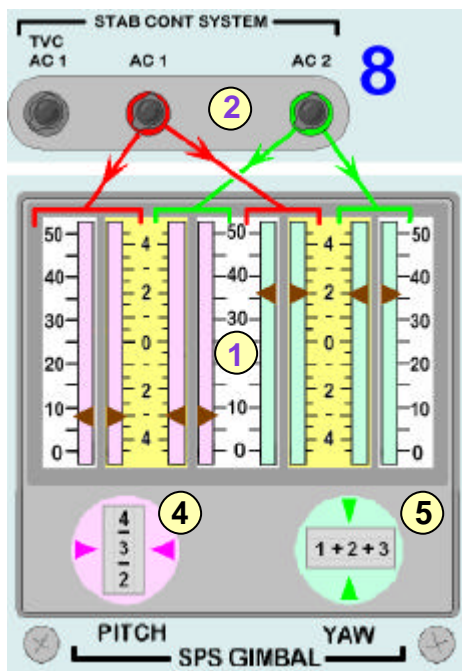


Fig.58



système d'arrimage etc. De plus l'équipage change de position ainsi que divers ustensiles à bord, sans compter que par moment il y a l'encombrant LM qui vient complètement modifier la géométrie du total. Si l'on ne veut pas que le train spatial ou le CSM isolé ne parte en rotation quand le moteur orbital pousse, il suffit que **F** soit dirigée directement vers **G** ce qui impose d'articuler le SPS en "rotule" **R** pour pouvoir l'orienter en cabrage et en lacet. C'est précisément la fonction des articulations en cardan du SPS plus connu à la NASA (*Donc sur les tableaux de bord*) sous le vocable **GIMBAL**. Nous allons apprendre à utiliser cette composante vitale de la motorisation principale dont le schéma fonctionnel donné en Fig.59 en détaille la constitution globale pour l'axe de cabrage.

Incontournable à tout pilotage sérieux, il faut une visualisation précise des paramètres pertinents, et dans notre cas des décalages angulaires des deux axes d'orientation du moteur par rapport à la structure principale du module de service. Ce sont les 8 indicateurs repérés **1** qui seront chargés de cette mission vitale.



Les quatre indicateurs "rose" de gauche sont relatifs à l'axe qui vectorise en cabrage alors que les quatre échelles "vertes" vont représenter l'orientation en lacet. Mais il faut que deux conditions soient satisfaites pour que ces indicateurs puissent fonctionner. Il importe en premier de les alimenter en courant alternatif par le truchement des deux sectionneurs **2**. On remarque que si l'une des sources électriques flanche, la moitié restante des indicateurs qui fonctionnent permet d'avoir les informations autant en cabrage qu'en lacet. Le deuxième impératif consiste à positionner **3** sur **GPI** pour que les indicateurs **1** soient représentatifs des angles des cardans et non des réserves d'ergols sur le lanceur. Dans ce cas ce ne sont plus les échelles "blanches" qu'il faut prendre en compte sur les indicateurs, mais celles qui sont mises en évidence en jaune. Elles sont graduées entre + 4 et - 4 degrés, fourchette de valeurs qui correspond approximativement à la plage de variation angulaire de la motorisation électrique de vectorisation.

Commande des moteurs électriques et des embrayages de la vectorisation.

Donner les consignes à l'électronique de cet ensemble technique se fait avec les molettes indexées numériques **4** pour la "hauteur" et **5** pour le "latéral". Si l'ensemble électromécanique est opérationnel, alors toute action manuelle sur ces molettes provoquera l'orientation du SPS qui sera alors "recopiée" sur les indicateurs **1**. Mais pour que la motorisation des cardans puisse s'animer il faut qu'un

Schéma fonctionnel du système de vectorisation du SPS pour la chaîne de cabrage.

La chaîne de lacet est identique.

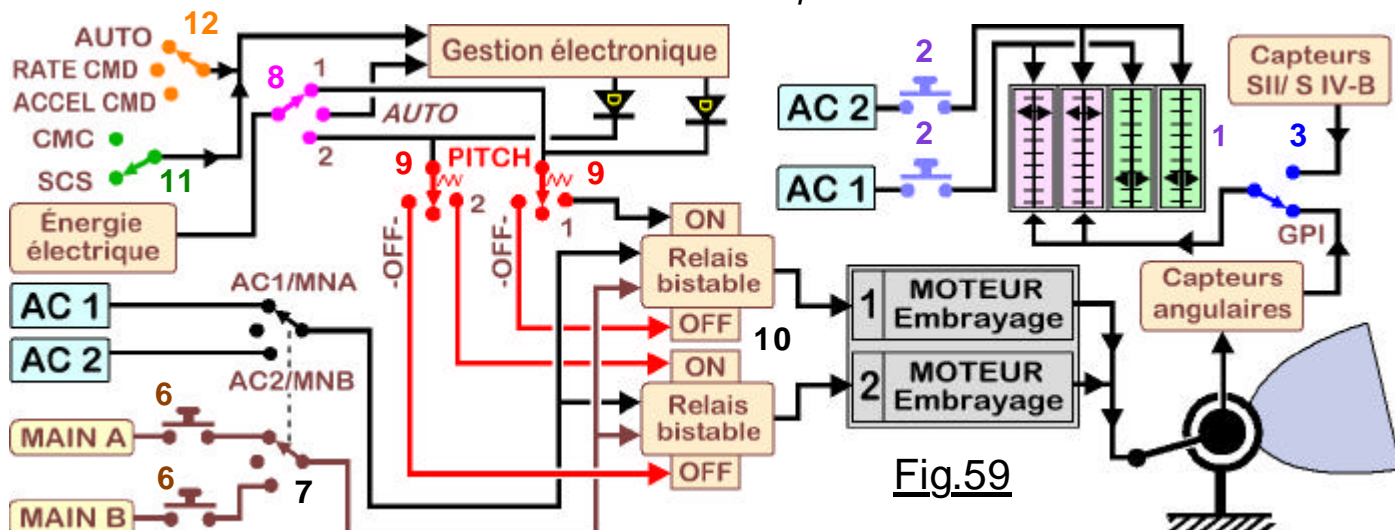


Fig.59



certain nombre de conditions soient simultanément réunies. En tout premier les relais bistables pour pouvoir fonctionner doivent avoir leurs solénoïdes alimentés en courant continu par l'un des sectionneurs 6. Ensuite, ces relais doivent recevoir l'énergie à courant continu et l'énergie à courant alternatif par le biais de l'inverseur de commande 7. L'inverseur 8 normalement sur la position **AUTO** fournit l'énergie au système de

Gestion électronique qui alimente les inverseurs 9 par le biais de diodes anti-retour. Pour minimiser le courant consommé et l'échauffement des bobines électriques, les relais 10 sont bistables et pilotés par impulsions, raison pour laquelle les inverseurs 9 sont à rappel central quand on active les relais vers le haut. Par contre, bien que la position **-OFF-** soit stable pour que nous sachions à simple vue ceux qui sont coupés, il y a coupure temporisée du courant de passage au repos sur ces relais 10. Une fois l'ensemble de cette chaîne correctement configurée, toute modification sur les molettes 4 et 5 provoquera l'orientation du SPS et sera visualisée sur 1. (Il faut cliquer du côté de la molette où l'on désire la voir tourner ce qui est assez naturel) Notez que seule la ligne 1 ou la ligne 2 peut être activée à la fois avec 9. L'inverseur 8 étant sur **AUTO** c'est la ligne 1 qui est active en priorité. Mais on peut imposer la ligne 2 en plaçant 8 vers le bas. Une mention particulière s'impose concernant l'interprétation des inscriptions relatives aux inverseurs 9. Les deux inverseurs de gauche agissent sur **PITCH** et les deux de droite sur **YAW**. Sont également précisés les lignes utilisées en fonction de l'inverseur actionné. Mais ne pas oublier que 8 décide en amont quelle est la ligne validée sur ces inverseurs. Nous pouvons après avoir assimilé toutes ces subtilités passer à la pratique.

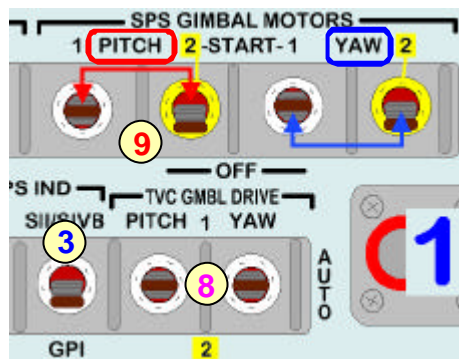
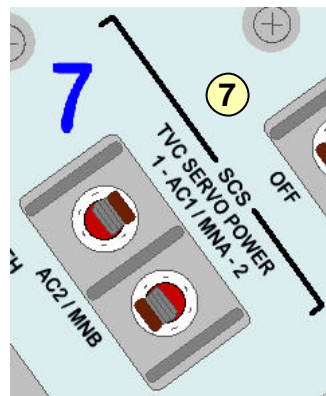
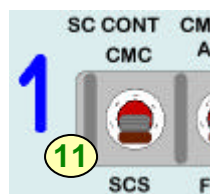


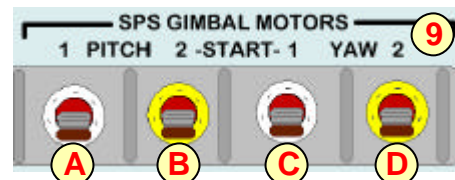
Fig.60

Orienter en manuel les cardans du SPS par rapport au SM.

Initialiser tous les sectionneurs et inverseurs dont il a été question dans le chapitre précédent n'est pas totalement suffisant pour que les cardans réagissent à nos consignes manuelles. Il faut de surcroît que "l'intelligence" qui gère l'ensemble du vaisseau l'autorise. Le calculateur de bord qui règne en maître incontesté doit recevoir la consigne qui lui précise que l'on désire vraiment faire le travail à sa place. C'est l'inverseur 11 qui positionné sur **SCS** intimera l'ordre au calculateur de transmettre les consignes des molettes à l'électronique d'asservissement des cardans. Cette fois nous disposons de tous les éléments. Chargez la situation **05) Train spatial en orbite lunaire.scn** dans laquelle le CSM est accouplé au LM pour avoir une masse maximale à prendre en compte dans les expériences qui vont suivre. Nous allons point par point tester la chaîne fonctionnelle qui permet d'agir sur la vectorisation du



SPS en mode manuel et ainsi illustrer les propos précédents. Attention à bien conduire les étapes de cette expérimentation "ligne à ligne" sans rien oublier. Surtout, analyser simultanément sur le schéma de la Fig.59 les incidences de vos manipulations.

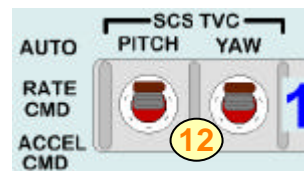


- Sur le tableau 250 activez les deux sectionneurs **6**.
- Positionnez sur le tableau 7 les deux inverseurs **7** conformément au dessin de la page précédente.
- Placez **11** sur **SCS** et **3** sur **GPI** ⇒ Les indicateurs **1** se centrent et visualisent l'orientation actuelle.
- Vérifiez qu'en standard les deux inverseurs **8** soient bien sur la position **AUTO**.
- Décalez franchement les deux molettes **4** et **5** ⇒ Rien ne se passe sur **1**.
- Positionnez **B** et **D** en haut pour actionner les relais de puissance ⇒ Aucune réaction, c'est normal puisque **8** sur la position **AUTO** valide en priorité les circuits 1. Replacer **B** et **D** sur **-OFF-**.
- Positionnez **A** en haut ⇒ Il revient au centre et les index de **PITCH** réagissent sur **1**.
- Positionnez **C** en haut ⇒ Il se recentre et les index de **YAW** réagissent sur **1**.
- Cliquez sans retenue sur **4** et **5** pour bien en saisir leur influence sur la position des index de **1**.
- Remplacez **A** et **C** en bas sur **-OFF-** ⇒ décalez les molettes mais **1** est figé.
- Positionner les deux inverseurs **8** en bas sur **2** pour valider les deux inverseurs **B** et **D**.
- Positionnez **B** et **D** en haut pour actionner les relais de puissance ⇒ La vectorisation est rétablie. Laissez en l'état pour l'exercice suivant.

La poussée en manuel avec vectorisation.

Comme les cardans d'orientation ne peuvent décaler le SPS au maximum que de quatre degrés, et compte tenu de la masse notable du train spatial, on est en droit de se demander si c'est bien suffisant pour permettre plus tard aux asservissements (*Poussée automatique sous contrôle du CMC*) d'assurer correctement la tenue de l'attitude calculée pour la manœuvre. Pour tester l'efficacité de cet ensemble technique, on va commencer par neutraliser le lacet en plaçant la molette **5** sur zéro. Puis on décale complètement vers le haut les index de cabrage avec **4**. On recule avec le bouton poussoir **GDC ALIGN** le FDAI n°2 qui va nous permettre de surveiller la modification "en hauteur" qu'engendrera la vectorisation actuelle. Mais il reste encore un détail à traiter ... Hé oui, tout n'a pas été dévoilé !

Bien que l'on soit en mode manuel, les asservissements ne vont pas forcément nous permettre toutes les lubies. Certaines protections sont disponibles par la présence des deux inverseurs **12** qui vont influencer notablement le comportement des "GIMBALS". Pour bien en assimiler les options on va effectuer trois exercices, mais avant devinons ce qui va se passer en consultant le document **TECHNOLOGIE DES MISSIONS APOLLO** en page 21. Comme on a décalé les index de **1** vers le haut à + 4, la Fig.27 nous précise que le CSM va piquer du nez : À vérifier.



EXERCICE 1 : Ajustez **1** : [FDAI] sw **SCALE** sur **ERR RATE 515**. Puis placer les inverseurs **12** sur la position la plus sage **AUTO**. Poussez avec le SPS durant 10 secondes en utilisant le compteur de mission ⇒ Comme prévu le vaisseau pique, mais rapidement les cardans sont ramenés au neutre. La vitesse angulaire sur le FDAI se limite à - 1,5 graduations. Notez au passage qu'au moment où l'on coupe le SPS les angles des cardans sont replacés à la consigne des molettes **4** et **5**.

EXERCICE 2 : Laissez **ERR RATE 511** et recalez le FDAI avec **GDC ALIGN**. Effectuez un KILL ROTATION avec **Project Apollo** MFD sans oublier d'annuler la fonction **KLR PUIS** placez les inverseurs **12** sur la position **RATE CMD**. Poussez à nouveau durant 10 secondes ⇒ La vitesse angulaire sur le FDAI va jusqu'à - 3 graduations les cardans ne sont pas entièrement recentrés. Par contre, dans cette configuration les angles des cardans ne sont pas restitués à la coupure du moteur.

EXERCICE 3 : Réalisez un KILL ROTATION avec **Project Apollo** MFD ⇒ Les cardans reprennent l'orientation de consigne. Puis **GDC ALIGN** et passer les deux inverseurs **12** en bas sur **ACCEL CMD** qui est le mode "sans restriction". Ajustez **1** : [FDAI] sw **SCALE** sur **ERR RATE 50110** car ce mode non tempéré par les asservissements est le plus "musclé". Top chrono : Poussez une dernière fois avec le SPS durant environ 10 secondes ⇒ dans ce cas les cardans sont laissés en position de consigne. Le FDAI va presque en butée. On termine à pratiquement 10°/s sans compter que dans ce cas il y a un peu de roulis induit, mais également du lacet parasite. Pas vraiment génial ça !



Quel malheur cette équipe, mais on recrute dans des écoles primaire à la NASA, c'est pas possible. Vous m'avez complètement destroy le mécanisme d'arrimage. Les verrous sont bloqués et l'on ne pourra plus séparer le LM. Foutue la mission lunaire. Vous savez ce que ça coute au contribuable un lancement avec une Saturn V jusqu'à la Lune ? ET BIEN CE SERA RETENU SUR VOTRE SALAIRE !

Devrait prendre des vacances Popol, pas assez ZEN à mon avis.

Comme Popol est effectivement parti en RTT au bord de la mer pour se relaxer un peu, il en a bien besoin le pauvre avec tout ce que nous lui faisons subir, on va continuer ces expériences virtuelles, mais vous devez être convaincus que provoquer de tels efforts de torsion sur l'ensemble d'arrimage aura effectivement pour effet d'en fausser définitivement les divers mécanismes. Libérer le LM ne sera plus faisable, et la seule façon de s'en débarrasser consistera à utiliser la séparation définitive à l'aide des dispositifs pyrotechniques. Pour conforter cette formation, reprendre les trois exercices précédents, mais cette fois en centrant le cabrage et en décalant sur -4° les curseurs relatifs au lacet. Avant de vous engager dans ces manipulations, analysez la documentation et devinez à l'avance de quel côté on va tourner.

Bien que la vitesse de giration soit notable, n'oublions pas que la masse considérable du LM engendre une inertie propre à limiter les rotations. Pour vous en convaincre, commencez par calmer l'animal par un KILL ROTATION de **Project Apollo** MFD. Puis **[CTRL] D** la commande clavier INTERDITE qui libère sans autre forme de procès le LM alors que les PYROTCHNIQUES ne sont pas armées. Passez en vue extérieure pour constater l'éloignement du module lunaire. Un petit **GDC ALIGN** pour la forme et titillez 10 secondes de plus le SPS. Mazette, mais c'est que ça tournicoti énergiquement. Le FDAI s'affole et va rapidement en butée. On tourne à bien plus que $10^\circ/s$. Passez en vue extérieure pour observer le résultat alors que le SPS n'a poussé en décalé que 10 petites secondes de rien du tout. À bord il y a du vomit partout. Si avec ça vous n'avez pas compris qu'avant d'utiliser le SPS en mode manuel il est préférable de passer en revue certains inverseurs sur le tableau de bord, il vaut mieux embrasser la carrière de marin pêcheur, d'artiste peintre, de serveur au PAPYBAR. Bref, tout métier sera pour vous préférable à Apollonaute. Pour clore ce chapitre sur autre chose qu'une plaisanterie anodine, il me semble important à ce stade d'ouvrir deux parenthèses :

Utiliser le SPS en mode manuel n'est qu'une parade ultime pour les situations de crise extrêmes. On a vu que c'est possible en calibrant à exactement 100 km l'altitude de l'apogée dans un exercice précédent. Mais la procédure normale d'utilisation du SPS consiste à utiliser le calculateur du CM. Entre autre l'AGC utilise le programme P40 pour simultanément fournir la poussée sur signal de déclenchement et contrôler l'orientation de la tuyère du SPS. La deuxième parenthèse est contenue dans l'encadré ci-dessous.

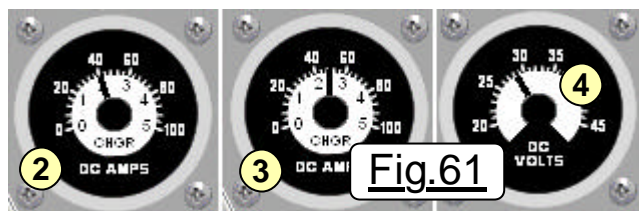
ATTENTION : La motorisation des moteurs pour asservir les cardans du SPS est "musclée" et notablement énergivore. Quand on doit effectuer une manœuvre avec le moteur orbital, les piles à combustibles ne peuvent pas assurer pleinement la fourniture énergétique, surtout si simultanément plusieurs autres systèmes consomment avec avidité leur part de courant continu et de courant alternatif. Les batteries du bord vont assurer le complément requis. C'est la raison pour laquelle durant cette phase d'une mission on coupe leur rechargement, à la fois pour les rendre disponibles et pour diminuer d'autant le courant consommé par les circuits de rechargement. Sachant que ces accumulateurs sont régulièrement mis à contribution au cours du vol, il ne faut pas s'étonner si à de nombreuses reprises au cours d'une mission ils font l'objet d'une procédure standard de rechargement pour les maintenir en "permanence" à leur pleine charge.

Les économies d'énergie électrique.

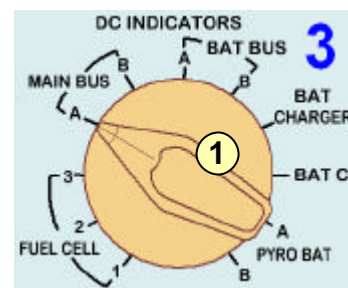
L'encadré précédent est une occasion trop belle pour aborder cette facette primordiale d'une mission lunaire et qui reste omniprésente dans les préoccupations des équipages et dans l'établissement des procédures. Dans ce domaine un simple oubli, un inverseur laissé sur la mauvaise position pendant des heures et l'on peut, de fait, générer une situation de crise qui bien évidemment surviendra au moment le plus inopportun. Ce petit exercice très facile a pour but de bien nous faire comprendre que chaque fois que l'on modifie la position d'un inverseur sur le tableau de bord, quelle que soit son insignifiance apparente il engendre forcément des conséquences dans les entrailles de la machinerie Apollo. Pour réaliser quelques manipulations, chargez la situation **05) Train spatial en orbite lunaire.scn** toujours aussi pertinente. Quand nous avons abordé le chapitre **Le nombre de rallumages possibles du SPS** en page 24 nous avons passé les inverseurs **10** de la Fig.22 sur la position **ON** vers le bas. Et bien nous allons

faire pareil, mais à plusieurs reprises on coupera et on réalimentera pour voir l'incidence sur les énergies électriques consommées. Chaque fois que l'on enclenche vers le bas l'un des deux inverseurs, on constate que le flux à travers les piles à combustible augmente, démonstration d'une augmentation de courant électrique fournie par ces dernières. Les trois piles accusent une augmentation de flux, donc elles vont "pomper" plus d'oxygène et plus d'hydrogène dans les réserves cryogéniques. Si on oublie de replacer sur **OFF** ces inverseurs, la consommation sera permanente, et pendant des heures et des heures. C'est la raison pour laquelle ces inverseurs en standard sont placés sur **AUTO** dans les check-list et non sur **ON** vers le bas, qui ne sera utilisée que pour des test comme dans notre cas, ou dans l'éventualité d'un dysfonctionnement.

L'encadré bleu de la page 71 nous prévient que la motorisation de l'orientation du SPS s'avère gourmande en énergie électrique. Et bien on va le vérifier. Dans ce but on place l'inverseur **1** sur **MAIN BUS A** et l'on constate qu'actuellement la consommation avoisine les 40A comme montré



sur la Fig.61 en **2**. Puis, comme abordé en détails dans le chapitre sur la vectorisation du SPS, activez les moteurs "GIMBAL", et en vérifier la disponibilité en modifiant la consigne fournie par les



molettes. L'intensité sur le bus **MAIN BUS A** grimpe de pratiquement 10A comme montré en **3**. Supposons que nous venons d'effectuer une petite correction de trajectoire à mi-course ce qui ne demande que quelques secondes de poussée avec le SPS. Imaginez qu'en sortie de la procédure, vu le nombre d'éléments à replacer au repos vous oubliez les inverseurs **9** de la page 69. En **4** on vérifie que la tension présente sur le bus est de l'ordre 28V. Pendant des heures la motorisation de vectorisation du SPS va consommer la bagatelle de $28V * 10 \approx 280W$ ce qui n'est absolument pas dérisoire. Il faut impérativement se convaincre qu'aucune action ne sera gratuite à bord. Toutes engendreront forcément des effets dont il ne faut jamais oublier les conséquences possibles, principalement sur le long terme.

Au diable l'avarice, tant qu'à gaspiller nous allons abuser un maximum. Le but étant de vraiment nous convaincre du fait que les programmeurs de NASSP ont émulé avec une détermination remarquable les incidences énergétiques de nos multiples actions sur le tableau de bord. Vous laissez la configuration actuelle qui "pompe" déjà 50A sur le bus de courant continu. Sur le tableau 2, tout en restant à l'affut du comportement de l'indicateur de courant continu, vous passez sur **1** et **2** les deux inverseurs qui permettent la ventilation de la cabine, juste en dessous du **MISSION TIMER**. Puis forcez sur position **ON** vers le bas les réchauffages "cryogéniques" et le brassage de leurs réservoirs. Chaque inverseur basculé



augmente le flux dans les piles à combustible ainsi que le courant consommé. On en est à pratiquement 64A. Pour continuer à donner dans le déraisonnable, passer l'inverseur **2** : **[SEC COOLANT LOOP] sw PUMP** sur **AC1** ou sur **AC2**. Encore deux ampères de plus. Curieux ça ! On enclenche un système "alternatif" et le courant continu à fournir augmente ? Mais oui, car un rapide examen des circuits électriques nous montre que la génération de courant alternatif se fait à partir d'onduleurs qui eux puisent leurs ressources

sur le seul courant généré à bord du vaisseau : Le courant continu fourni par les piles à combustibles. Tant que l'on reste à vue de l'œil inquisiteur de l'ampèremètre, basculez **2** : **sw POT H2O HTR** sur **MNA**. L'aiguille frétille encore de 2A. Une galère sans nom ce NASSP vaisseau ! Sans compter les appels de courant parfois voraces qui passent inaperçus. Par exemple basculez l'inverseur

3 : **[S BAND NORMAL] sw [PWR AMPL]** sur **HIGH** puis sur **LOW** à plusieurs reprises. À chaque fois le flux à travers les piles à combustibles sursaute et l'ampèremètre à le hoquet. C'est court, mais intense. Alors jouer avec ce genre d'inverseur n'est pas du tout une bonne idée. Pour finir, certains inverseurs actuellement sont sans effet comme le réchauffage du LM à partir du CM. Mais il n'en sera pas forcément toujours ainsi, et puis on doit considérer que tout à bord est fonctionnel si on recherche un réalisme le plus crédible possible. Reste que nombre d'inverseurs sont "loin" sur les tableaux de bords, par exemple le réchauffage des RCS du CM. On les oublie d'autant plus facilement que lorsqu'ils sont activés nous n'avons pas sous les yeux l'ampèremètre. Alors on commence à comprendre pourquoi un peu partout une première barrière consiste à n'enclencher les sectionneurs qu'au bon moment et pourquoi dans les check-list il est régulièrement précisé de les couper. Pensez également qu'un Voltmètre consomme son tribu,

EXERCICE SUR LA GESTION DES PANNES :

Chapitre qui pourrait sous forme d'un paragraphe terminer chaque thème d'étude expérimenté, on va se servir du SPS comme prétexte pour aborder une fois de plus cette facette du vol, qui forcément à un moment donné ou à un autre se présentera involontairement durant un vol de loisirs dans les vaisseaux de NASSP. Chaque fois qu'un incident (*Panne présumée*) se produit, le principe pour la gérer est identique :

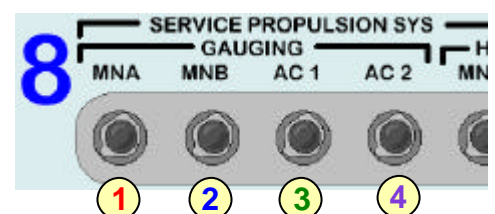
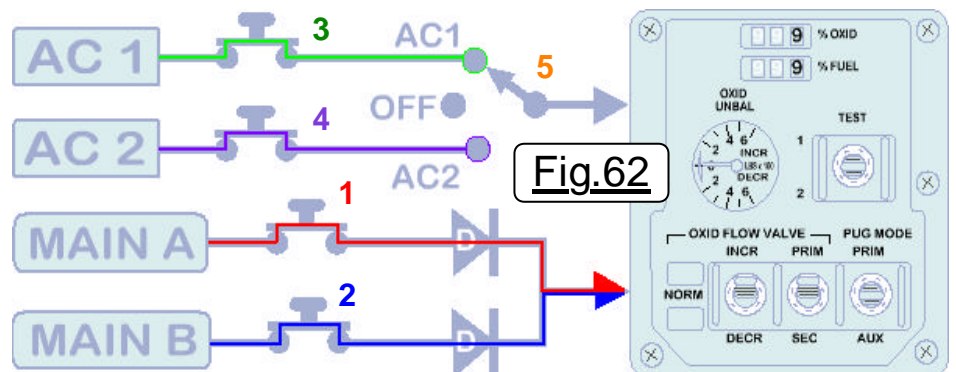
- À partir du constat de non fonctionnement, analyser la situation. En particulier passer en revue la check-list en cours pour vérifier si nous n'avons pas commis un oubli et passé outre un item.

Quand une check-list fait appel à plusieurs procédures situées sur des pages différentes, les oublis sont plus fréquents que ce que l'on pourrait imaginer. C'est le prix à payer pour minimiser la taille des manuels.

- L'expérience montre que très souvent, c'est l'un quelconque des sectionneurs ou des inverseurs de la chaîne fonctionnelle qui n'est pas correctement initialisé. C'est d'autant plus crédible que souvent, c'est lors d'une action précédente que l'oubli a été commis. On a sauté vers la fin une quelconque remise en position d'un élément. Ce dernier ne fait pas forcément partie de la check-list en cours, du coup le diagnostic sera plus délicat à formuler. C'est dans ce cas que l'analyse sur les schémas des chaînes fonctionnelles s'avère être un outil incontournable, raison pour laquelle j'ai réalisé tous ces "dessins".
- Si le problème est la conséquence d'un oubli, on rectifie et il est résolu. (*Sauf si l'oublie a engendré un vrai problème tel que surchauffe létale, épuisement d'un réservoir etc*) **Dans le cas d'une vraie panne on isole les systèmes jugés défectueux et on fonctionne en "dégradé".**

Pour mettre en pratique ce propos chargez la situation **21) Poursuite du LM avec incident.scn** qui va nous confronter à un petit aléas. Le contexte est simple. On a préparé le SPS et les RCS. En principe le vaisseau est apte à commencer la procédure de rendez-vous avec le module lunaire. Pour vérifier que tout va bien, modifiez l'orientation des cardans de vectorisation. Les indicateurs **1** réagissent correctement quand on tourne les molettes **4** et **5**. Recentrer les index pour éviter de partir en toupie, on passe à la suite qui consiste à tester les indicateurs de carburant. Reprendre la procédure **La vérification du vérificateur** déjà passée en revue lors d'un chapitre précédent. Comme les réservoirs sont à 100% on utilise le bouton **21** de la Fig.22 (*Page 24*) vers le bas sur **2**. GLUPS !!! On a beau attendre plus de huit secondes il ne se passe rien. Une panne ? Pas question de risquer un allumage du SPS dans ces conditions. ANALYSE : On saute sur le schéma fonctionnel du secteur incriminé que l'on trouve dans le document **SERVITUDES.pdf** en **Page 21**. Le schéma est reproduit sur la Fig.62 qui présente une chaîne fonctionnelle assez élémentaire. Le diagnostic va se montrer d'autant plus aisé que peu de systèmes interagissent. On commence par le circuit de courant continu. Pour qu'il soit actif il suffit que l'un des deux sectionneurs **1** ou **2** soit enclenché. En regardant sur le tableau 8 on constate qu'ils sont effectivement armés. L'ensemble incriminé reçoit du

courant continu à la fois par le circuit "rouge" et par le circuit "bleu". Aucune alarme n'est activée, donc les bus de courant continu et de courant alternatif ne sont pas à soupçonner. On contrôle alors **3** qui alimente le circuit "vert" et **4** qui assure le cheminement "violet". Visiblement ces deux sectionneurs sont également armés. L'inverseur **5** reçoit donc l'énergie alternative sur ses deux positions actives. Il



ne reste plus que deux hypothèses possibles. Soit il est positionné sur **OFF**, soit le système de vérification des jauges est vraiment en panne et il va falloir fonctionner en dégradé. On regarde alors fébrilement sur le tableau 4 la position actuelle de cet inverseur. OUF, c'était donc ça ! On bascule le coupable sur **AC1** ou **AC2** et pour confirmer l'hypothèse, on poursuit la procédure de test. Chic chic chic, tout rentre dans l'ordre. Ce n'était qu'une PETITE étourderie.

(PETITE : Ce ne serait certainement pas l'avis de Popol !)

EXERCICE SUR LES LANCEMENTS :

Phase particulièrement émotionnelle pour tous, que ce soit pour l'équipage, pour les familles, pour "la NASA", pour le public, un lancement restera toujours un événement inoubliable. Certains d'entre vous vont penser qu'il n'y a rien de plus facile dans NASSP, et qu'il suffit d'attendre sans rien faire. Ils ont parfaitement raison, l'heure de décollage étant inscrite dans le scénario, la fusée va décoller quoi qu'il arrive. C'est du reste le cas pour bon nombre de scènes fournies avec NASSP dans lesquelles la belle Saturn V décolle écrouille ouverte ! Mais il n'y a facilité que si l'on écarte l'optique de réalisme. Par contre, si vraiment vous désirez incarner l'un des trois humains qui sont à bord, vous allez constater que tout va très vite et que l'on est presque constamment à la traîne si vraiment l'on veut tout surveiller et surtout **anticiper tout incident pouvant survenir sans prévenir**. Ce chapitre n'a pas d'autre finalité que de vous faire vivre un lancement commenté en détails pour avoir une idée de ce qu'il faut surveiller durant la montée. N'oubliez pas au passage que normalement vous avez préparé le vaisseau durant pratiquement deux heures, qu'il en résulte forcément une fatigue mentale non dérisoire et que votre cœur s'emballe.

Chemin de la facilité bien pardonnable en situation de loisir, on va charger une fois de plus la scène **17) Apollo 11 à 20 sec du lancement.scn** dans laquelle le vaisseau a été entièrement préparé et qui nous place à vingt seconde de l'heure H. **Mettre en PAUSE**. La tension monte d'un cran. Mais dans le cadre de notre formation nous avons bien en main tous les outils pour faire face. Nous pouvons à tout moment reprendre la main sur le pilote automatique, gérer une rentrée sur un **ABORT**, éventuellement ramener le train spatial à la bonne orbite si un moteur flanche ... alors pas d'état d'âme : Faisons notre JOB !

☞ Check-list de la mission ouverte à la page contenant **- 00 : 00 : 01**.

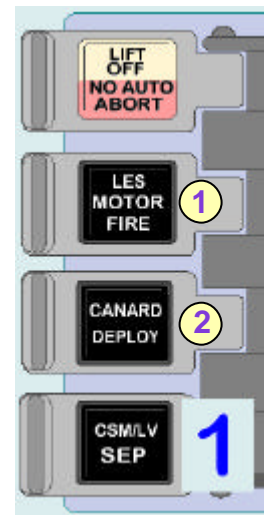
Car vous devez effectuer diverses actions sur le tableau de bord en fonction du compteur de mission.

☞ Check-list de la mission en cours ouverte en page centrale.

Vous allez simultanément vérifier les paramètres du vol pour éventuellement passer en mode manuel si pour une quelconque raison le système de navigation flanche. Le monstre va secouer tout le CSM comme un prunier, alors un élément complexe électrique, électronique, mécanique peut passer de vie à trépas. Seule une intervention humaine quasi immédiate pourra alors sauver la situation.

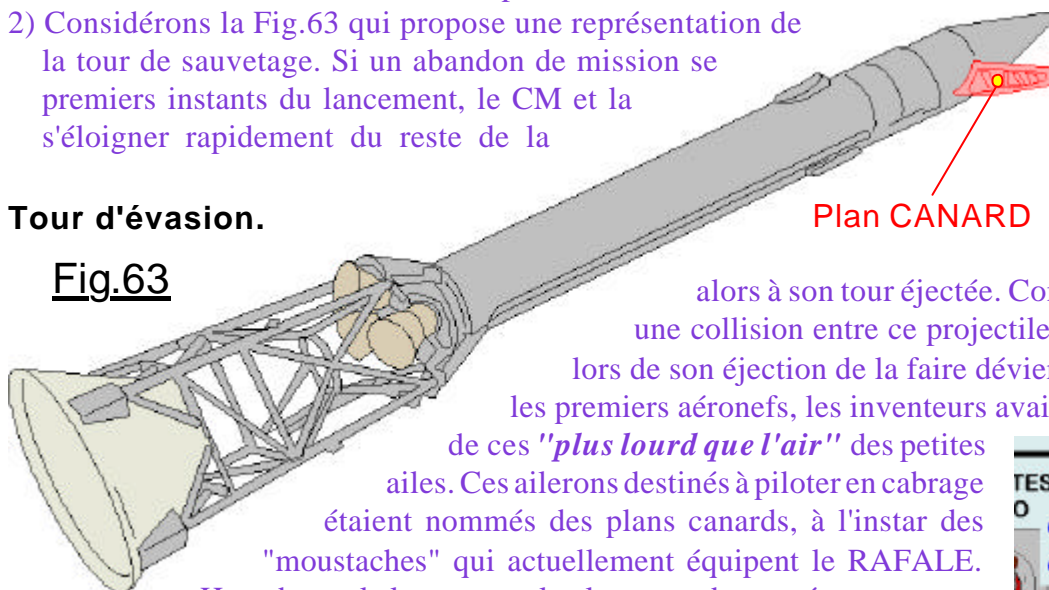
Je résume : On suit la check-list ligne à ligne, on compare en permanence les paramètres fournis par le DSKY à ceux prévus dans le profil de mission, et ça et là on modifie quelques configurations sur les tableaux de bord. Élémentaire non ? Vous allez enfin récupérer pleinement les fruits de votre apprentissage. Mais avant il me semble utile de vous proposer deux petites informations complémentaires :

- 1) Si à l'instant précis de la mise à feu les moteurs ne s'allument pas, l'équipage peut forcer le destin à l'aide du bouton poussoir sécurisé **1**.
- 2) Considérons la Fig.63 qui propose une représentation de la tour de sauvetage. Si un abandon de mission se produit dans les premiers instants du lancement, le CM et la s'éloigner rapidement du reste de la



Tour d'évasion.

Fig.63



Plan CANARD

produit dans les tour de sauvegarde vont fusée. Mais le CM ne peut pas déployer ses parachutes si cette tour reste en place. Elle est

alors à son tour éjectée. Comme on ne veut pas risquer une collision entre ce projectile et le vaisseau, il est prévu

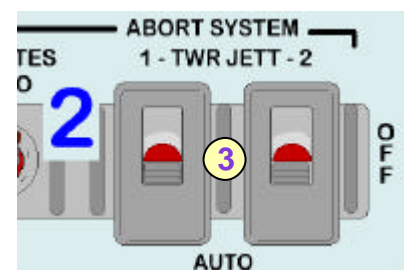
lors de son éjection de la faire dévier latéralement. Pour piloter les premiers aéronefs, les inventeurs avaient pensé à placer à l'avant

de ces "**plus lourd que l'air**" des petites

ailes. Ces ailerons destinés à piloter en cabrage étaient nommés des plans canards, à l'instar des

"moustaches" qui actuellement équipent le RAFALE.

Hors durant le lancement, le plan canard montré en rouge sur la Fig.63 est rétracté contre le corps de la tour d'évasion pour ne pas "dévier" la fusée ou la freiner inutilement. Donc, au



moment d'un abandon, si le CM a bien été éjecté, mais que la tour de sauvegarde reste en place, avant de la chasser avec l'un des inverseurs **3** il faut déployer le plan canard en manuel avec **2**.

Mentalement préparé à tout ce que vous devez prendre en charge, vous allez pouvoir sereinement libérer la PAUSE. Notez au passage que les cinq témoins **LV ENGINES** des moteurs du premier étage sont allumés depuis H moins quatre minutes comme précisé dans la liste de vérifications. Vous constatez sur le "profil de mission" que le pourcentage des ergols restant n'est pas indiqué jusqu'à la mise à feu de l'étage S II. Tout simplement parce qu'il n'y a pas de jauges à bord pour le surveiller. Ha j'oubliais un petit détail que j'ai occulté dans la page précédente pour ne pas vous effrayer :

☞ **PROCÉDURES D'URGENCE** en page centrale en cas d'ABORT mode 1A. (Page 14)

Cette fois on peut y aller : PAUSE relâchée et destin en souffrance ... à nous de ne rien laisser passer.

Dans une première approche, je vous propose de passer en vue extérieure.

Dix, neuf, huit, sept >>> Fin des évaporations de dégazage.

Six, cinq, quatre >>> Allumage des moteurs de la Saturn V qui montent en puissance.

Il est normal de ne pas avoir immédiatement la poussée nominale. À quelques secondes du décollage, les pompes ergols sont mises en fonctionnement et les deux liquides cryogéniques se précipitent dans les canalisations. Ils sont très froids, et pour eux ces canalisations bien qu'étant à température ordinaire sont très chaudes. Il y a évaporation d'une grande partie des liquides. Les pompes mettent alors en pression ce gaz compressible. Puis, progressivement l'ensemble des canalisations se refroidissent. Ce n'est qu'au moment où les deux ergols arrivent entièrement à l'état liquide dans la chambre de combustion que la poussée devient nominale. L'ordinateur de conduite du tir détectant une poussée "positive", c'est à dire supérieure au poids de la fusée, déclenche le lancement. La fusée est débridée, et libre pour son envol elle commence avec une lenteur placide son ascension, car au début la poussée est à peine supérieure au poids. Comme plusieurs tonnes d'ergols sont éjectés par seconde, le monstre s'allège. Le rapport poids/poussée devient de plus en plus favorable et la fusée accélère de plus en plus et termine vers 3 G.

Comme plaisanté en haut de la page 63, la passerelle d'accès ainsi que les bras de servitude ne sont pas dégagés et la fusée majestueusement passe à travers. NON, les programmeurs de NASSP n'ont pas bâclé la beauté du lancement. Si on utilise une scène "propre" pour laquelle on est parti d'au moins une heure avant le lancement et que l'on a respecté la chronologie, le scénario prévoit un dégagement correct de ces éléments. Mais si pour "gagner du temps" vous vous contentez de ne modifier dans la scène que le délai avant décollage, alors une foule de détails vont "diverger". La scène que je vous propose est efficiente pour réaliser les exercices dont elle sert de support, mais elle est "bricolée".

Relancer **17) Apollo 11 à 20 sec du lancement.scn**, cette fois c'est la bonne, et l'on va rester à l'intérieur du module de commande. Fini de descendre de bicyclette pour se voir pédaler.

Basculez immédiatement l'inverseur 2 : **sw MSN TIMER** sur **START** et revenir en face du tableau 1 de façon à voir les deux FDAI ainsi que le **MISSION TIMER** qui compte car il vient d'être déclenché.

Cinq, quatre, trois >>> les moteurs démarrent et la fusée vibre. **Le livret de mission AS506 est "ouvert"**.

Deux, un, zéro >>> Les témoins moteur s'éteignent, le **MISSION TIMER** est remis à zéro, le chronomètre de mission commence à compter, la sphère du FDAI de gauche se positionne, on entend le bruit tonitruant des moteurs qui sont à pleine puissance et du débridage de la fusée. Sur le DSKY **P11 V16 N62** s'anime et commence à afficher les données du lancement ... ça en fait des éléments à superviser en une seconde. Maintenant observez bien le FDAI n°2. Vers **00 : 10** la fusée ayant dégagé la tour de lancement effectue un mouvement de roulis. On constate qu'elle prend un "cap" de 180° qui va conduire à l'azimut de lancement.

Vous pouvez constater au passage que le FDAI n°1 ne change pas d'attitude. C'est anormal puisque l'IMU n'est pas bloquée : Aléas typique d'une scène "bricolée" dans laquelle on a triché avec le temps.

- Quatre secondes plus tard à **00 : 14** vous devez sur **PROCÉDURES D'URGENCE** en bas de la page centrale (Page 14) focaliser sur ABORT mode 1B.
- Sur le tableau 1 l'indicateur **LV α / SPS Pc** s'anime et doit indiquer des angles conformes à ceux de la colonne notée **N73 (R3) AOA °x100** dans le tableau du profil de lancement. Possibilité à tout moment d'utiliser la commande **N73 E** pour faire afficher sa valeur sur R3 du DSKY.
- À **00 : 40** vous devez passer l'inverseur 2 : **[ABORT SYSTEM]sw PRPLNT DUM AUTO** sur **RCS CMD**.
- À **01 : 50** vous devez "préparer" la page centrale **15** pour visualiser la procédure ABORT mode 1C. Et puis ne pas oublier que sur la check-list du vol il y a cinq inverseurs à configurer.
- Mais il importe régulièrement de changer de paramètre pour surveiller l'ensemble des

variables. Par exemple **N62 E** pour comparer l'altitude actuelle sur R3. Mais se tenir en permanence sur nos gardes et revenir régulièrement sur **N44 E** pour avoir sur R3 le chronométrage de retour en atmosphère dense dans le cas d'un abandon de mission toujours possible.

- L'accéléromètre sur le tableau 1 est important à surveiller. Il doit impérativement indiquer une valeur conforme à celle précisée dans la colonne **G** du tableau de profil de lancement. Si on constate une valeur nettement inférieure à celle des prédictions, c'est que l'un au moins des moteurs n'est pas au nominal.
- À **02 : 15** >>> Le témoin **5** du moteur central doit s'allumer.
- À **02 : 20** imposer **N44 E**.
- À **02 : 25** >>> R3 doit passer de **+59 59** à environ **+01 48**.
- Vers **02 : 31** le "copilote" décompte en vocal pour l'arrêt et l'éjection du premier étage.
- Met **02 : 42** >>> Les cinq témoins moteurs s'allument et se produit la séparation. Allumage de **S II SEP**.
- Met **02 : 46** >>> Extinction des cinq témoins moteurs pour confirmer leur poussée nominale.

Vous devez à cet instant sur **PROCÉDURES D'URGENCE** passer en (**Page 16**) pour privilégier la procédure ABORT mode 2.

- À partir d'ici il faut en plus comparer les valeurs des "jauges ergols" avec celles de la colonne **Fuel**.



Naturellement vous avez enlevé **Surface** MFD à gauche et **Orbit** MFD à droite qui n'ont strictement rien à faire sur un tableau de bord Apollo. Grouillez-vous car je crois avoir entendu Popol dans le couloir. De toute façon il y a assez à faire avec tout le reste, alors épurons un peu !

- Continuer régulièrement à permuter votre attention sur l'accéléromètre, sur les jauges carburant, sur l'indicateur **LV α / SPS Pc**, sur **N73 E**, **N62 E**, **N44 E** ...
- Vers **03 : 00** >>> On doit constater sur le FDAI n°2 une correction en lacet d'environ +2°.
- Met **03 : 13** >>> Extinction de **S II SEP**.
- Met **03 : 18** >>> Éjection de la tour d'évasion. Si non effectif s'en séparer en manuel.
- Vers **05 : 00** >>> Placer les quatre **sw 1** : **[SPS GIMBAL MOTORS]** sur **START**. (*Vers le haut*)
- Plus rien de spécifique jusqu'à **07 : 39** >>> Allumage du témoin central **5**.

Continuer à "scanner" toutes les informations et à comparer dans le tableau pages 10/11 du manuel.

- Vers **08 : 58** nouveau début de décomptage vocal de la part du "copilote".
- Met **09 : 08** >>> Les cinq témoins moteurs s'allument.
- Met **09 : 11** >>> Séparation du SII. Notez que si **N44 E** est affiché on vérifie que sur R2 la valeur du périégée est négative. Rien n'est encore en orbite, donc l'étage devenu inutile va tomber et se consumer dans l'atmosphère au dessus de l'océan avec un risque minime pour les populations.
- Met **09 : 13** >>> Allumage du témoin **1**. Les quatre jauges ergols doivent monter à 50.
- Met **09 : 14** >>> Extinction du témoin **1**. Maintenant c'est le S IV-B qui va terminer la mise en orbite. L'accélération est trois fois plus faible qu'avec le S II en fin de poussée. Le délai pour retomber dans l'atmosphère en cas d'un abandon reste encore faible. Un peu moins de 5 minutes. Avec **N73 E** on constate que l'angle d'incidence AOA va se stabiliser entre 4 ° et 5°. Le FDAI n°2 semble indiquer que l'on pointe vers le sol. Il n'en est rien. N'oubliez pas que ce n'est pas un horizon artificiel. Sa référence n'est pas le sol, mais les étoiles. Comme l'on avance sur une orbite circulaire, l'horizontale locale change. Du reste, étant en formation vous êtes autorisé à passer en vue extérieure pour vérifier que l'on n'a pas le nez du CSM vers le bas, mais au contraire légèrement vers le haut.
- Vers **11 : 00** passer en **N44 E** pour avoir la valeur du périégée affichée sur R2.
- Vers **11 : 20** la valeur du périégée est encore négative de 800 km à 1200 km environ. Un retour dans l'atmosphère se fait à peine en un peu plus de 7 minutes. La finalisation de la mise en orbite se fait toujours dans les quelques dernières secondes où la poussée du moteur est réduite pour affiner l'orbite.
- Vers **11 : 22** arrêt du moteur principal et allumage du témoin **1**. Poussée résiduelle sur les moteurs auxiliaires. L'accélération est dérisoire et **DV/RANGE** si on l'active indique une modification de vitesse dérisoire. **P11** passe en **V37-N00**. La commande **V16 N44 E** montre que les paramètres orbitaux sont pratiquement conformes à ceux prévus.
- Met **11 : 32** >>> Extinction du témoin **1** puis **12 : 06** >>> Fin de la poussée résiduelle.

J'imagine que ce petit exercice sur les lancements vous a démontré que si l'on veut tout surveiller et se tenir prêt à intervenir, on n'a pas le temps d'admirer le paysage par les hublots.

EXERCICES SUR L'USAGE DES TÉLESCOPES :

Le nez dans les étoiles, tel pourrait être le titre de ce chapitre, car nous allons faire un peu d'astronomie. Pas beaucoup rassurez-vous. Nous sommes ici dans une phase de formation pour laquelle nous avons actuellement une parfaite maîtrise des RCS et une bonne habitude d'utilisation du DSKY. Comme vous êtes incollables sur les systèmes de navigation du bord ainsi que sur les centrales à inertie, vous savez que lentement l'IMU perd ses références. Son orientation par rapport à l'Univers dérive progressivement, et comme la mission dure plusieurs jours, l'erreur d'orientation deviendrait telle qu'il ne nous serait plus possible de naviguer avec précision. Il est donc prévu plusieurs fois au cours d'une mission de réaligner la centrale inertielle, autrement dit, replacer finement les angles des cardans par rapport à l'Univers qui nous entoure, donc ... en utilisant les étoiles. Le "DSKY" a appris la position de 49 étoiles disséminées dans toutes les directions pour en avoir toujours deux de bien positionnées quelle que soit l'orientation présente du vaisseau.

Houououou lalala, nom d'un
Trunnion sextant pas facile du tout ce
SHAFT télescopicotruc !



Le fondement du recalage Inertiel consiste à demander à l'IMU de nous pointer une étoile connue par lui avec un télescope situé à bord. Puis, plaçant notre mirette dans l'oculaire de ce télescope, on va imposer un déplacement correctif pour amener l'étoile ciblée exactement à la croisée du réticule central. À cet instant précis on dira à l'IMU : "Elle est exactement ici". Comme durant le décalage manuel le système mesure la rotation du télescope, il peut alors replacer le plateau de la centrale inertielle exactement comme il faut. Concrètement, pour aligner dans l'espace, une étoile ne suffit pas, il faut recommencer sur une autre suffisamment éloignée de la première avec une procédure totalement analogue.

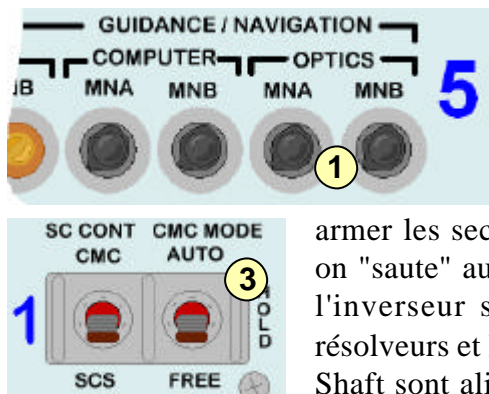
Naturellement, vous avez déjà lu tout ce qui concerne le chapitre sur les optiques d'Apollo dans le document **TECHNOLOGIE 2.pdf** en page 40. Nous allons dans ce chapitre apprendre à utiliser le dispositif qui associe intimement l'ordinateur de bord, la centrale à inertie, les systèmes de guidage et les optiques du CM. **OUPS ... Un changement de dernière minute :**

👉 Commencer par traiter l'exercice tardif ajouté en page 210. 👉

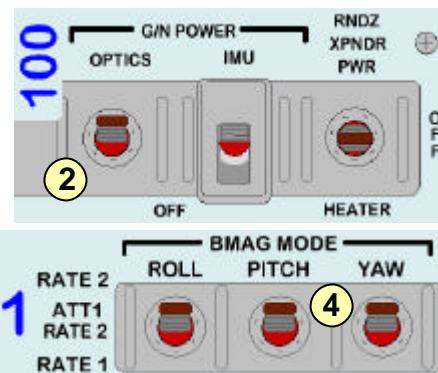
Chargez la situation **22) Apollo 7 pour tester P52.scn** qui va nous permettre une familiarisation avec tous ces systèmes. Normalement, une telle vérification est effectuée durant l'orbite d'attente pour s'assurer que l'ensemble des dispositifs ont résisté au traumatisme du lancement, et tout particulièrement la centrale inertielle sans quoi un départ vers la Lune serait une hérésie. Pour nous simplifier la vie, dans un premier temps on va tricher, c'est à dire bloquer toutes les rotations avec le **KILL ROT** spécifique à NASSP. (*On va réviser cette possibilité*) Sur le MFD de gauche **Project Apollo** est déjà sélectionné. Cliquez si nécessaire sur **GNC** puis sur le bouton **KLR**. Le texte qui s'affiche en rouge se passe de commentaire. À partir d'ici notre train spatial ne tourne strictement plus dans l'espace. C'est impératif, car l'optique nommée **SEXTANT** grossit 28 fois et multiplie dans son oculaire dans des proportions identiques toute rotation par rapport aux étoiles. Notez que contrairement au comportement standard du **KILL ROT** d'Orbiter qui s'annule automatiquement une fois la tâche accomplie, avec **Project Apollo** il reste en fonction. En standard il ne faut pas oublier de l'annuler en cliquant une deuxième fois sur la touche **KLR**, mais pour cette expérience le laisser actif. Comme c'est le programme P52 d'alignement de l'IMU qui détermine lui-même les étoiles qu'il veut utiliser, durant la procédure il nous les indiquera en précisant leur ordre dans la liste. Elles sont numérotées et bien entendu nous avons le document à bord. Par exemple la n°27 est Alkaid, la n°33 est Antarès, la n°44 est Enif, ainsi de suite. Donc, dans la formation des astronautes est prévu un apprentissage pour se montrer capable de les retrouver dans le ciel sans hésitation.

Vous avez parfaitement "intuité" qu'il va falloir se munir d'une carte céleste et de faire pareil ! Liste des 49 cibles potentielles en main, vous allez passer en vue extérieure dans Orbiter et apprendre à les retrouver avec certitude. Heueueueueueueueueueue, c'est pas très facile, d'autant plus que sur un écran vidéo il est bien plus délicat de reconnaître des constellations et des étoiles, car la visualisation n'a rien à voir avec la réalité, sans pour autant en ternir la crédibilité des cieux d'Orbiter il va sans dire. C'est la raison pour laquelle les programmeurs de NASSP nous ont concocté un tour de magie supplémentaire :

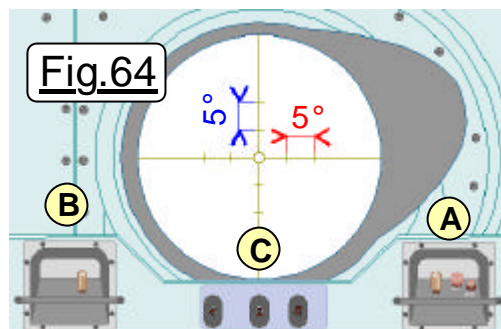
[F4] > **Visual helpers ...** > **Planetarium** > dans cet onglet ne cochez que ☒ **Planetarium mode (F9)** et ☒ **Celestial** > Cliquez ensuite sur **Config** pour ouvrir la fenêtre contextuelle **Configure celestial markers** et pour finir cliquez sur l'option **Apollo AGC navigation stars**. Passez en vue extérieure, vous devenez par magie les champions de repérage stellaire et en plus vous avez en "mémoire" la totalité des 49 étoiles candidates associées à leur numéro. Trop fort ça ! **Note :** **Apollo AGC navigation stars** est une bascule de type OUI/NON. **Page 77**



Nous sommes prêts pour réaligner l'IMU. Il faut commencer par activer les mécanismes trunnioniques des optiques. On débute par



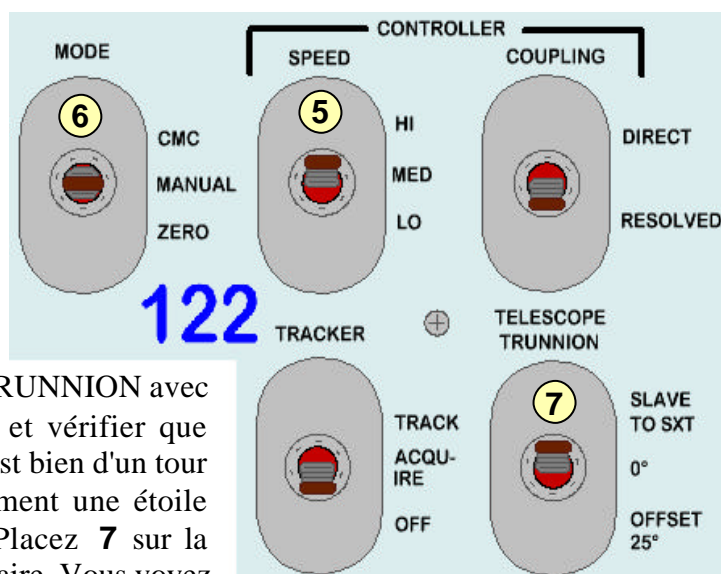
armer les sectionneurs de protection **1**. Puis on "saute" au tableau 100 et en **2** on bascule l'inverseur sur la position **OPTICS**. Les résolveurs et la motorisation du Trunnion et du Shaft sont alimentés en énergie. Passer sur le tableau 1 et placer l'inverseur **3** sur la position **FREE**. Toujours sur le tableau 1 placez les trois inverseurs **4** en position **RATE 2**. Enfin, placez l'optique du télescope dans son manchon de centrage sur le tableau 121, ce qui revient dans Orbiter à utiliser la vue inférieure représentée sur la Fig.64 dont le mini manche **A** permet de déplacer le pointage, et celui de gauche **B** est inactif sur cette vue. En **C** on retrouve un clone des inverseurs de pilotage du système ce qui nous évitera bien des alternats entre les divers tableaux 2D relatifs aux optiques d'Apollo. Personnellement pour mouvoir le pointage des optiques je préfère utiliser les touches **Z**, **S**, **Q** et **D** du clavier au lieu du mini-manche sur l'écran. À vous de voir ce qui vous semblera le plus commode à l'usage. Placer **5** sur **HI** donnera la vitesse de motorisation maximale alors qu'en position **LO** nous aurons la finesse indispensable quand on observera par le sextant. La vitesse intermédiaire **MED** est bien utile pour affiner un pointage quand on observe sur le télescope. Quand l'inverseur **6** est sur **MANUAL** on valide les déplacements manuels.



- REMARQUE :** L'ouverture et les angles indiqués sur la Fig.64 ne seront respectés que si la focalisation **FoV** est bien de 60°. (*De 2° pour le SEXTANT*) Quand on regarde dans l'optique, les touches **W** et **X** permettent de modifier à convenance la valeur de l'angle d'ouverture en temps réel. Mais chaque fois que l'on quitte l'oculaire la valeur de **FoV** pour le visuel initial est rétablie, et **FoV** est forcée à 60° ou 2° quand on revient sur les oculaires.

COMPORTEMENT DES OPTIQUES.

A vant de chercher à mettre en œuvre le programme P52, on va effectuer quelques manipulations pour mieux cerner le comportement des ces appareils. Placer **5** sur **HI**, et **7** sur **SLAVE TO SXT**. Si vous avez bien compris la documentation, vous devinez facilement que l'inverseur **7** étant nommé **TELESCOPE** influence l'optique de droite, et que l'effet sera sur l'axe **TRUNNION** c'est à dire celui qui à l'oculaire provoque un déplacement vertical de l'image. **SLAVE TO SXT** signifie qu'il y aura couplage entre les deux instruments. Ce qui sera au centre de l'un se verra au centre de l'autre et réciproquement. Testez cette propriété en provoquant des déplacements manuels sur les deux optiques. Vous allez immédiatement comprendre l'utilité de la vitesse **LO**. Par contre cette "lenteur" peut faire croire dans le télescope que l'instrument ne bouge pas d'où **MED** et **HI**. Profitez de cette manipulation pour faire tourner **TRUNNION** avec **Q** et **D** de façon à aller d'une butée sur l'autre et vérifier que conformément à la documentation le débattement est bien d'un tour et demi. Puis, nouvelle expérience, pointez finement une étoile remarquable. La centrer sur les deux optiques. Placez **7** sur la position centrale **0°** et immédiatement allez à l'oculaire. Vous voyez défiler le ciel, le télescope descend en élévation nulle et y reste figé. Vérifiez que sur le sextant l'étoile qui



inertes sur le télescope, mais pas pour le sextant, car n'oublions pas que l'inverseur **7** ne concerne que l'optique de droite. Sur le sextant vérifier sa vélocité en hauteur ainsi que l'immobilisme du télescope pour cet axe. Par contre, c'est l'axe "de hauteur trunnion" qui est figé en position basse. Les deux optiques peuvent bouger librement "en torsion". Recentrez une étoile bien repérable dans le sextant. Repassez en mode **SLAVE TO SXT**. Vous constatez que le télescope se resynchronise dans la direction du sextant. Enfin, toujours avec une étoile plein centre dans le sextant, basculer **7** sur **OFFSET 25°**. Vous constatez alors que le télescope pointe en permanence 25° plus "haut" que le sextant. *(En fait la moitié dans NASSP)* Comme précisé dans le document **SYSTÈMES APOLLO.pdf** en Page 19, l'articulation du sextant peut pivoter de 90° degrés mais seulement 50° d'ouverture sont visibles à partir de la butée zéro. Avec ce décalage constant par rapport au télescope, les "60 degrés FOV" du télescope sont désormais couverts par le sextant. Pour finir ce petit tour d'horizon, pointez une étoile assez haute en mode **SLAVE TO SXT**, faire tourner SHAFT d'un angle respectable et placez **7** sur **ZERO**. Vous constaterez que le pointage des deux optiques est ramené en position inférieure, l'angle SHAFT étant placé à mi-course entre les deux butées angulaires. C'est l'orientation en pointage qui ramène les divers résolveurs à zéro. On peut enfin commencer à manger le gros morceau de ce repas indigeste : "absorber" le réaligement de l'IMU. Rechargez **22) Apollo 7 pour tester P52.scn** pour partir d'une configuration identique à celle du tutoriel. Reconfigurer rapidement les sectionneurs et les inverseurs comme vu dans le paragraphe précédent. Commencez en **MODE MANUAL** par décaler franchement l'optique sans oublier **KILL ROT**.


RECALER LA CENTRALE INERTIELLE :

Sil y a un phénomène qui stresse les ingénieurs, c'est bien le POGO. C'est un processus de fréquences de résonnance qui engendre des vibrations contenant des énergies considérables. Il survient pendant la phase de lancement de la Saturn V. Tout l'ensemble de la fusée tremble violemment sur son axe longitudinal, causant parfois des dommages importants. Les techniciens ont réussi à juguler ce problème, mais un lancement n'est jamais une partie de plaisir. L'équipage et l'instrumentation est aussi confortable que s'ils se trouvaient dans une machine à laver en train d'essorer. C'est la raison pour laquelle un recalage de la plate-forme inertielle s'impose durant l'orbite de parking. *(Orbite d'attente en bon Français)* Sur le tableau **122 : V37 E 00 E P00** : Le calculateur est disponible et en attente d'instructions.

V16 N91 E P00 V16 N91

+33928 (R1 : SHAFT l'axe de "torsion centrale" en degrés x100)

+16155 (R2 : TRUNNION l'axe de décalage en hauteur en degrés x1000)

La commande ci-avant fait visualiser les angles de SHAFT et de TRUNNION sur R1 et R2 du DSKY. Naturellement vous devez avoir des valeurs bien différentes ayant décalé d'un angle quelconque. En préambule à P52, l'inverseur **MODE** étant passé sur la position **ZERO**, on va attendre que les résolveurs des axes de TRUNNION et de SHAFT soient tous les deux à zéro confirmant l'initialisation de l'optique. Quand vous observer le défilement du ciel durant cette phase de remise à zéro, dès qu'il ne bouge plus frappez **[CTRL]**  pour voir le DSKY. Vous constaterez qu'il faut encore 15 secondes avant que les valeurs nulles soient affichées sur R1 et R2. On peut invoquer P52 mais avant il faut passer l'inverseur **MODE** sur la position **CMC** pour donner le contrôle des optiques à l'ordinateur de bord.

V37 E 52 E P52 ~~V04 N06~~

00001

00002

P52 a plusieurs options d'alignement, l'option 2 "nominale" est l'option par défaut. Utiliser l'option 3 pour vérifier la REFSMMAT actuelle.

~~V04~~ : Affiche R1 et R2 en octal **~~N06~~** : Code d'options. *(Comme il y a clignotement le DSKY attend éventuellement que l'on modifie l'une ou les deux données)*



Chaque fois qu'un tel commentaire est proposé, ouvrir le manuel relatif au DSKY et allez y retrouver les informations détaillées. Comparer la signification du verbe, du NOUN ainsi que du contenu des registres R1 à R3. Ouvrez systématiquement le manuel de vol pour établir le lien et la conformité entre les check-list et les manipulations que je vous suggère.

V22 E 00003 E P P52 ~~V50 N25~~ *(Attention : pas de signe + pour cette saisie en OCTAL de l'option)*
00015

P : L'ordinateur analyse les données et fonction de la position et de l'orientation actuelle du vaisseau il recherche une étoile pertinente dans celles qui sont accessibles par l'optique de bord. Les registres sont effacés, mais **COMP ACTY** reste allumé. Attendre qu'il réaffiche des données sur le DSKY.

(Vous avez pensé à réafficher les étoiles de référence ? Ce mode d'affichage n'est pas sauvegardé)

Suite à **P** : **P52** ~~V01 N70~~ *Attention à ne pas traîner pour ces manipulation de façon à ce que P52 choisisse les mêmes étoiles que celle du tutoriel.*
00032

~~V01~~ : Affiche la valeur d'une cellule mémoire vive. ~~N70~~ : Étoile de référence que P52 désire utiliser. (*L'étoile n°32 est Alphecca*) Mais il y a clignotement, donc si on le désire on peut en changer. Comme ce n'est pas spécialement logique d'aller imaginer choisir plus pertinent que ce qu'à déterminé le programme "optimisé", on va lui laisser l'initiative. Cliquez sur **PRO** :

Durant la modification de pointage, le DSKY affiche :

P52 **V06 N92**
+17737
+36793

} Si ces valeurs ne s'affichent pas c'est que l'on a oublié de donner la main au CMC avec **MODE**.

Dans l'optique le "ciel bouge". Penser à l'option **HI** de l'inverseur **SPEED** si le mouvement est trop lent. (*ATTENTION, si dans le sextant le centrage "sautille", c'est que le vaisseau n'est pas parfaitement immobile, le recalage de l'IMU ne sera pas réalisable*)

En **SPEED** option **LO** et **MODE** sur **MANUAL** centrez parfaitement la cible dans le sextant avec **Z**, **S**, **Q** et **D**. À ce moment là les registres s'effacent et ~~V54~~ se met à clignoter nous demandant de valider le centrage de la cible avec le bouton **MARK**. Quand Alphecca est parfaitement centrée, passer en vue extérieure. Vous constaterez que le CMC a choisi une étoile tout en bas le plus loin possible mais restant disponible dans la zone de capture des optiques. En fait, plus les deux étoiles utilisées seront éloignées l'une de l'autre, plus la "triangulation" sera précise. Bon, un petit clic sur **MARK** ou touche **A** au clavier.

Suite à **MARK** : **P52** ~~V50 N25~~
00016

~~V50~~ : L'ordinateur demande de réaliser une action avec ~~N25~~. R1 précise l'action à exécuter. En fait il nous confirme qu'il a accepté la donnée. Cliquez sur **PRO** pour continuer la procédure.

Suite à **P** : **P52** ~~V01 N74~~
00032

Simple vérification il nous rappelle quelle étoile il pense avoir centré dans l'optique. On continue :

P **P52** ~~V01 N70~~
00040

On recommence avec l'étoile n°40, la belle Altair. **MODE** sur **CMC** cliquez sur **PRO**.

Durant le deuxième pointage, le DSKY affiche :

P52 **V06 N92**
+03265
+28447

Quand l'étoile sélectionnée est centrée, parfaire la collimation en manuel et valider :

MARK **P52** ~~V50 N25~~
00016

P **P52** ~~V01 N74~~ (*Rappel de l'étoile qu'il pense avoir centré dans l'optique*)
00040

P **P52** ~~V06 N05~~
+00001

Différence "d'angle Star" (° x100) La différence d'angle entre les 2 étoiles et l'angle entre les deux marques permet de vérifier la qualité du marquage. Les limites admissibles sont +00011 pour le télescope à balayage et +00003 pour le sextant. **PRO** pour accepter. Si la différence est importante (Par exemple on a passé beaucoup de temps entre le marquage des deux étoiles) **V 32 E** pour annuler et ignorer l'étape suivante :

P **P52** ~~V06 N93~~
+00004
+00010
+00012

} Angles de correction
(OG, IG, MG en degrésx100)

P **P52** ~~V50 N25~~ (*S'arrête provisoirement à 14 pour signaler que l'IMU est réalignée*)
+00014

P **P52** ~~V50 N25~~
+00015

V37 E 00 E P00 : Le calculateur est disponible et en attente d'instructions. L'IMU est correctement réalignée et peut fournir des données fiables pour la navigation.

PROBLÈME CLASSIQUE AU RECALAGE DE L'IMU :

Pour tout observateur, qu'il soit humain ou cybernétique, si face à lui se trouve un mur ... il ne voit "rien". Les systèmes optiques automatisés d'Apollo n'échappent pas à cette évidence. Que va t'il se passer si au moment du réalignement de la plateforme inertielle la Lune ou la Terre masque entièrement l'avant du vaisseau et qu'aucune étoile de référence ne soit visible ? (1) C'est l'objet de ce petit intermède. Chargez la situation **23) CSM avec la Terre en face.scn** qui nous place en orbite terrestre. On commence à entreprendre une procédure P52 pour réaligner la plateforme inertielle sans oublier au préalable d'éjecter les caches protecteurs (Page 210) et de repositionner **MODE** sur **ZERO** puis sur **CMC** :

V37 E 00 E P00 suivi de **V16 N91 E P00 V16 N91**

+00000 } N91 pour vérifier la
+00000 } RAZ des deux axes.

(1) On comprend fort bien que compte tenu de la puissance relative du CMC de l'époque, s'il était capable de "filtrer" l'horizon pour se rendre compte de son obstruction, pour gagner de la place dans la mémoire des programmes on a laissé aux humains la contrainte d'avoir à réorienter le vaisseau.

V37 E 52 E P52 ~~V04 N06~~

00001

00002

V22 E 00003 E P ~~P52 V50 N25~~

00015

P : L'ordinateur analyse les données et recherche une étoile de référence. Les registres sont effacés, mais **COMP ACTY** reste allumé. Suite aux conditions présentes il arrive à la conclusion qu'aucune étoile de sa liste n'est visible. Le témoin **PROG** s'allume, et si vous avez la dernière version de NASSP **PGN5** s'illumine avec **MASTER ALARM** qui nous vrille les tympans : Le CMC nous renseigne sur son problème :

~~P52 V05 N09~~

00405

~~V05~~ : Affiche R1, R2 et R3 en octal. ~~N09~~ : Trois valeurs de code d'alarme exprimés en octal.
Error Code **00405** : Étoiles non visibles pour P52.

RSET pour éteindre les témoins **PROG** et **PGN5**. Pour **MASTER ALARM** vous pouvez laisser, si vous aimez bien cette petite mélodie. Puis orienter le vaisseau aux RCS pour pointer l'espace étoilé dans une zone bien dégagée. Immobiliser toute rotation et informer le CMC qu'on peut continuer la procédure en cours :

P ~~P52 V04 N70~~

00000 ("Planet" dans la liste n'est pas une étoile, il faut imposer une référence)

Dans le ciel on choisit une étoile bien visible faisant partie de la liste, par exemple **Menkar (07)** à proximité de Saturne et de Jupiter. **Ne pas pointer directement vers la cible, mais plus haut** pour rester dans l'amplitude d'orientation des 90° pour TRUNNION :

V21 E 00007 E suivi de **PP52 V06 N92**

Le CMC centre l'étoile dont les coordonnées numérisées se modifient. Quand elles se stabilisent, parfaire le centrage en mode manuel, valider avec **MARK** et repasser sur **CMC**.

Suite à **MARK** : ~~P52 V50 N25~~ 00016

P ~~P52 V04 N71~~

00007 (Rappel de l'étoile qu'il pense avoir centré dans l'optique)

P ~~P52 V04 N70~~ 00000

(L'étoile de référence 00000 est encore "Planet", il faut imposer une nouvelle référence)

Dans le ciel on choisit une autre étoile assez écartée, par exemple **Dabih (41)** :

V21 E 00041 E

P : L'ordinateur analyse les données ... **PROG** s'allume et il nous renseigne du nouveau problème :

~~P52 V05 N09~~

00404

En consultant la liste des problèmes on voit que l'on a choisi une étoile trop éloignée.

STOP ! Commence à me gaver ce P52 !!!

Finalement, quand on se trouve face à une erreur de type **00405** le mieux consiste à sortir du programme P 52 avec V 34 E, reprendre la main avec V 37 E 00 E, orienter le vaisseau vers une région libre du ciel et reprendre entièrement la procédure P 52 depuis le début. Ainsi c'est l'ordinateur qui choisira les étoiles qui lui conviennent. Le mieux du mieux ... c'est d'orienter correctement le vaisseau AVANT d'entreprendre une procédure de réalignement et surtout durant cette manœuvre ne pas bloquer l'IMU !!!

EXERCICES SUR LE BLOCAGE DE L'IMU : (Exercice de révisions)

Durant toute une mission Apollo, c'est une épée de Damoclès suspendue dans le vide sidéral au dessus de la tête de l'équipage. Vous avez relu dans le détail le document **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** en page 31 et avez maintenant une idée précise de ce problème dont se seraient bien passé les astronautes. Nous allons effectuer une manipulation pour nous amener une fois encore dans cette situation et mieux en comprendre les implications. On va en quelques sortes se frapper sur les doigts avec un marteau pour voir comment ça fait mal ! Reprendre la situation **06) Tester P30 allumage SPS.scn**, les RCS du SM étant opérationnels pour pouvoir nous orienter à convenance. L'exercice consiste à faire tourner le CSM de façon à amener vers le centre du réticule la zone rouge de la sphère du FDAI n°1. Comme l'instrument représente l'orientation de la plateforme inertielle, nous savons que le centre de cette zone rouge correspond à l'alignement des axes de deux articulations et que l'asservissement sera figé. Affichons au préalable les trois angles OG, MG et IG de la plateforme inertielle.

V16 N20 E P00 V16 N20

+13679 (R1 : OG Roulis en degrés en ° x 100)

+11480 (R2 : IG Cabrage en degrés en ° x 100)

+35982 (R3 : MG Lacet en degrés en ° x 100)

Commencer par orienter en roulis à 90°, puis cabrer en annulant les autres rotations parasites. Quand on approche de la zone, sans y avoir encore pénétré, le témoin **GIMBAL LOCK** s'allume accompagné de **MASTER ALARM** nous prévenant du danger. Il y a encore de la marge, l'équipage dispose de tout le temps nécessaire pour intervenir : **P00 V16 N20**

+09012

+11238

+07117

Il serait possible à ce stade de stopper la convergence. Puis, éloignant à nouveau la zone rouge le témoin d'alerte s'éteindrait dès que l'écart de sécurité serait franchi. Laissons toutefois la situation se dégrader. Continuons à orienter pour que le "pôle" fatidique vienne bien au centre du FDAI.

P00 V16 N20 +09123

+10716

+08518



On est encore loin du centre absolu, et pourtant la lampe **NO ATT** s'allume. Ce n'est pas bon du tout. La plateforme inertielle est figée dans une attitude immobile par rapport au vaisseau, c'est à dire qu'elle perd ses références externes. Si vous laissez le vaisseau tourner franchement sur ses trois axes, le FDAI "gyroscopique" n°2 tourne normalement, mais l'affichage sur le DSKY n'évolue plus et la sphère de gauche reste immobile. Le système de navigation a jeté l'éponge, il est dans une situation de détresse et nous le fait savoir en allumant simultanément les deux témoins. Le bouton **RSET** est sans effet.

Pour sortir de cette situation, qui a menacé sérieusement l'équipage d'Apollo 13 quand le vaisseau est devenu fou au moment de l'explosion, il faut commencer par débloquer la plateforme inertielle en la replaçant à zéro sur ses axes au moyen d'**IMU CAGE**, inverseur sécurisé disponible sur le tableau 1. Quand on referme la sécurité sur ce bouton il est forcé en position basse, l'affichage des angles de l'IMU est mis à jour et les deux témoins s'éteignent. Notez au passage qu'il ne faut jamais utiliser cet inverseur sauf dans un cas critique comme celui-ci.

L'IMU est débloquée et se met à nouveau en rotation par rapport au vaisseau, redevenue immobile par rapport à l'Univers. Mais le système de guidage est perdu, il faut réaligner la centrale inertielle.

Si on invoque P 52 pour recalibrer l'IMU on se retrouve avec un **PROG** et une erreur n°220. (*Orientation IMU indéterminée*) À bord c'est la galère. Il faut alors invoquer la procédure d'alignement P 53 qui s'avère aussi laborieuse que sa copine P52, sortir les optiques du coffre, prendre la posture acrobatique montrée en Fig.61 proposée sur le document **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** en page 41. Bref, une galère sans nom dont se passeraient bien l'équipage qui lui ne titille pas le bouton d'une souris confortablement assis dans un fauteuil. **CONCLUSION : Avant toute manœuvre s'assurer qu'il n'y aura pas franchissement dans la zone interdite rouge.** Si le risque est avéré, procéder à une pré-orientation en manuel, et ne passer la main aux automatismes qu'une fois le risque écarté. Deuxième option, changer de

RÉALIGNEMENT DES SYSTÈMES DE NAVIGATION :

Exercice à pratiquer dans une situation quelconque. Naturellement les angles de l'IMU seront totalement différents de ceux proposés ici. Quand on procède au réalignement de la plate-forme inertielle, il est recommandé de procéder également au recalibrage du GDC. (*Gyro Display Coupler : L'électronique des gyroscopes*) Dans la mesure où le FDAI n°2 est disponible, lui imposer l'orientation de l'IMU **permet une surveillance permanente croisée entre l'IMU et les deux gyroscopes BMAG**.

V16 N20 E P00 V16 N20

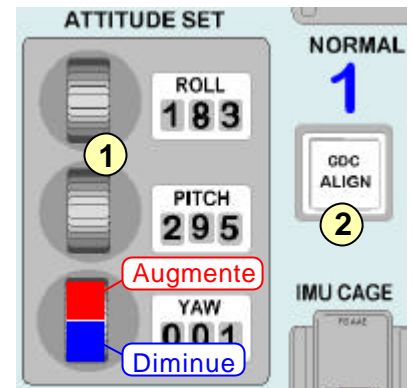
+18350 (R1 : OG Roulis en degrés x100)

+29540 (R2 : IG Cabrage en degrés x 100)

+00181 (R3 : MG Lacet en degrés x 100)

On a déjà imposé des angles aux gyroscopes à l'aide des molettes du sous panneau **ATTITUDE SET** sur le tableau 1. C'est de la routine.

Tableau de configuration de la stabilisation. (ASCP).



Le groupe de contrôle d'attitude ASCP prévoit la possibilité d'adopter une attitude particulière en programmant les molettes. Cette attitude peut être utilisée soit pour aligner le système GDC (*Gyro Display Coupler*) ou à fournir des indications sur les aiguilles de tendance d'erreur d'attitude du FDAI. L'ASCP peut être utilisée pour déterminer le Cabrage, le Roulis et le Lacet actuel du vaisseau en fonction soit de l'IMU (*Inertial Measurement Unit*) ou du GDC. Un clic avec le **BGS** sur le haut de chaque molette de la zone 1 fait augmenter l'attitude affichée d'un degré. En cliquant sur le bas de la molette l'attitude diminue d'autant. **Le BDS agit en dixième de degré**. Si le bouton de la souris reste activé il y aura défilement continu. Par exemple pour **ROLL** on désire dans cet exemple imposer 183,5° ce que l'on obtient en cliquant avec le **BGS** sur le haut ou sur le bas de la molette jusqu'à ce que 183 soit visible dans la petite lucarne. Puis, on centre parfaitement le groupe de chiffres par usage du **BDS**. Comme on veut 183 et **cinq dixièmes**, on clique ensuite **cinq fois** en haut de la molette avec le **BDS**. Pour les dixièmes de degré, de façon analogue on cliquera **quatre fois** pour le **PITCH** et **huit fois** pour **YAW**. Il ne reste plus qu'à valider ces angles avec **2**. La sphère du FDAI n°2 prend alors l'attitude imposée et va la conserver au cours du temps.

RÉFÉRENCES EXTÉRIEURES / Réaliser un KILL ROT avec NASSP :

Totalement incontournable à tout pilotage spatial, tout astronaute doit être capable d'interpréter le défilement des étoiles dans les hublots du vaisseau pour savoir effectuer les manœuvres de base et palier le cas toujours possible où les instruments de bord seraient en panne. Pour cet exercice qui du reste n'est pas spécifique à NASSP on va partir de la situation **24) Travail sur les références externes.scn** qui pour changer un peu nous place en orbite autour de la Lune. (*Avec Apollo 7 !!!*)

Les RCS sont opérationnel et l'on peut librement orienter en manuel. Pour repérer facilement les rotations du vaisseau par rapport au "ciel profond" on va faire afficher les coordonnées célestes : **[F4] >**

[Visual helpers ...] > [Planetarium] > Dans cet onglet cochez ☒ **Celestial grid** mais pas ☐ **Target Equator**. C'est parti pour un tour de manège sachant naturellement qu'il n'est pas question d'utiliser les MFD d'Orbiter, seul le tableau de bord du CM nous sera autorisé. Touche **[1] num** jusqu'à ce que l'index du taux de lacet arrive en limite gauche de l'échelle sur le FDAI. Observez par les hublots latéraux. Comme le vaisseau fait tourner son museau vers la gauche, on observe un déplacement relatif des étoiles (*Donc des grilles de coordonnées*) de la gauche vers la droite. Retenez qu'une rotation en lacet provoque un déplacement parfaitement "horizontal" par rapport aux hublots. Puis, avec **[3] num** par petites actions progressive annulez ce défilement. Revenir alors sur le tableau de bord, vous avez recentré l'aiguille de taux de variation sans avoir besoin des instruments de bord. C'est précisément cette manière de faire que l'on nomme "se fier aux références externes". **C'est un moyen important de corroborer les informations des instruments de pilotage ou de navigation** quand on a un doute. Refaire une expérience analogue, mais par utilisation de **[8] num** pour du cabrage. Cette fois le défilement est parfaitement vertical quand on regarde à l'extérieur. Avec **[2] num** vous pouvez tout aussi facilement recentrer l'index de cabrage sur le FDAI. On constate que si le vaisseau évolue sur un seul axe, l'interprétation du défilement des étoiles est extrêmement facile. C'est trop beau pour durer, sûr que le Nulentout va vous faire encore des anicroches. (*Voui voui voui*)

Ne commencez pas à rouspéter ou je vous fais le coup de la toupie folle !

Bon, on va provoquer à la fois du lacet et du cabrage. Lacet avec son index en butée en utilisant **1 num** et tangage à moitié déviation de l'index avec **8 num**. Observation par les hublots triangulaires : Fastoche, tout compte fait. Il y a déplacement en biais, mais moins en "hauteur" qu'en "largeur". Plus le déplacement est horizontal, plus c'est le Lacet qui prédomine. Plus le déplacement est vertical, plus c'est le Tangage qui l'emporte. Du reste si vous amener aussi l'index du tangage en limite d'échelle, les deux rotations sont équivalentes et le défilement se fait à 45°. Tout compte fait c'est élémentaire. Notez surtout que la grille défile, mais en translation, c'est à dire sans tourner. Quand vous avez l'équité, c'est à dire autant de Tangage que de Lacet, passez en vue d'un hublot et stabilisez le vaisseau. Par exemple atténuez le déplacement horizontal avec **1 num** et **3 num**, puis le déplacement vertical avec **2 num** et **8 num**. Avouez que ce n'est pas la mer à boire. Par contre, si le sol lunaire vient dans le champ visuel, son défilement dû à notre déplacement orbital *fiche toute cette simplicité en l'air*. **Dans ce cas on ne regarde que le ciel** ou l'on réutilise les instruments de bord. J'imagine que vous avez tous noté au passage que lorsque l'on impulse une rotation sur un axe, on est victime de rotations parasites sur les autres. Ce n'est pas nouveau et nous savons qu'il faut immédiatement les annuler. Étoiles et grilles sagement immobiles derrière le hublot, on repasse sur le tableau de bord et l'on amène l'index de roulis en butée droite avec **6 num**. Si vous avez correctement annulé les mouvements parasites, vous observez alors un ciel qui ne défile plus en translation, mais en rotation. Pour parfaire notre formation, on laisse le Roulis et maintenant on superpose aussi du Tangage et du Lacet pour que les trois index soient en limite des échelles du FDAI et l'on retourne regarder par la fenêtre. On constate que la translation domine comme mouvement apparent, mais qu'il y a bien un "résidu" de rotation. Pour immobiliser le vaisseau on commence par annuler les translations. Puis la rotation. On affine cette manœuvre jusqu'à ce que plus rien ne bouge dans le hublot. Quand on revient sur les instruments, les index ont regagné leur position centrale. Vous savez maintenant réaliser un KILL ROT uniquement en regardant par les hublots. Un vrai KILL ROT, c'est quand le vaisseau ne tourne strictement plus par rapport aux étoiles. On peut le réaliser sans autre forme de procès en passant cette fois sur le Sextant des optiques de bord. Vérifier que les instruments sont bien sur **ZERO**. L'immobilité qui semblait parfaite se montre approximative quand on multiplie par 28x le déplacement apparent. Par quelques touches "courte", on arrive assez facilement à une quasi immobilité. On peut "tourner la page" et passer à la suite, et surtout définitivement oublier le KILL ROT du MFD de NASSP, nous n'en avons plus besoin.



Tournicoti, tournicoton Môamôa
je dis que les références externes ...
c'est une affaire qui Roulis !

DÉSORIENTATION AU PILOTAGE PAR LES OPTIQUES DE BORD.

Compte tenu de la position de l'axe central du télescope, sous certaines conditions on peut perdre nos repères, surtout par ces défilements relatifs que nous avons bien intégré. Le but de cet exercice est de nous préparer à cette éventualité pour ne pas subir ce petit inconvénient quand on utilisera les optiques de bord pour orienter le vaisseau et tout particulièrement quand vous chercherez à le placer "ailes à plat" en PROGRADE ou en RÉTROGRADE. On recharge la situation précédente. Reprenez l'observation à l'oculaire du Télescope. Première étape : consignes optiques avec **MODE** sur **ZERO** et **SPEED** en option **HI**. Attendre dix secondes puis repassez l'inverseur **MODE** sur **MANUAL** et avec la touche **Q** effectuez environ un quart de tour en SHAFT. Puis, en utilisant les informations du FDAI imposez une rotation pure en Lacet en amenant l'index en limite d'échelle et en annulant les autres rotations induites. Comme le vaisseau dérape horizontalement, on s'attend dans l'oculaire à observer un tel mouvement relatif. Quand on regarde dans l'oculaire, c'est la surprise. Le mouvement relatif est presque vertical avec un peu de rotation. **Pour tout décalage des axes optiques il en sera ainsi**. Orienter le vaisseau en utilisant ces lorgnettes risque fort de tourner au cauchemar. Stopper les mouvements au FDAI et y aller progressivement par petites touches, mais au préalable il est fortement recommandé de ramener les optiques au neutre.

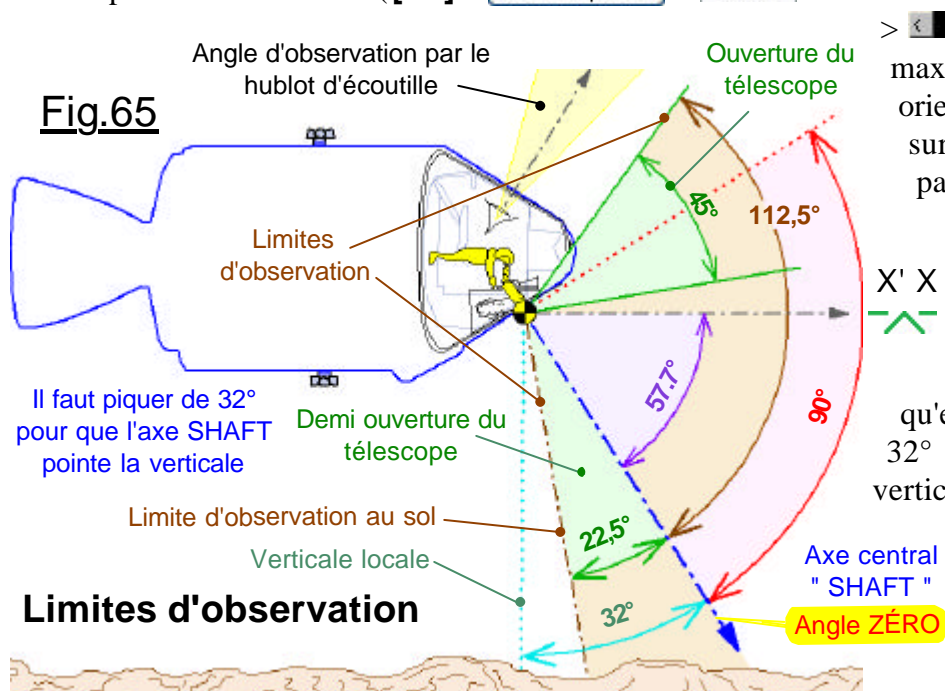
LA THÉORIE DE LA NASA et les réalités dans NASSP.

Probablement pour nous simplifier la vie, comme on va le constater chapitre suivant, les optiques dans NASSP n'ont pas un comportement 100% conforme aux spécifications techniques annoncées dans les documents de la NASA. Si vous comparez les informations en page 41 de **TECHNOLOGIE APOLLO.pdf** et en page 19 de **SYSTÈMES APOLLO.pdf** avec les spécifications officielles de la NASA, vous constaterez des contradictions manifestes dans les caractéristiques. C'est parce-que je me

étant de nature ludique, je me devais de respecter au mieux le comportement de notre simulateur au détriment de la vérité technique absolue. Lors de très nombreuses expériences, j'ai été amené à constater que dans NASSP il y avait des différences notables. Qu'elles soient volontaires de la part des programmeurs (*Ce qui est fortement probable*) ou involontaires, dans les deux cas ... c'est notre réalité. Hors, quand on va chercher à utiliser les documents de bord et notamment **SYSTÈMES APOLLO.pdf** ou que nous chercherons à tirer parti des optiques du vaisseau, ce qui fait loi sera sans contestation possible le comportement du simulateur. En conclusion, nos informations vitales quand nous serons en mission lunaire seront celles relatives au vaisseau virtuel. Le chapitre qui suit est destiné à nous faire appréhender les caractéristiques virtuelles des optiques de bord et surtout à profiter au maximum de leurs possibilités admirables nous ouvrant un éventail merveilleux d'expérimentations.

CARACTÉRISTIQUES DES TÉLESCOPES VIRTUELS :

C hapitre reposant et sans piège à la Nulentout puisque l'on va se contenter de constater de visu les caractéristiques des systèmes optiques dans NASSP et vérifier que les documents "virtuels" sont conforme à ces dernières. Rechargez la situation **25) Caractéristiques des optiques de bord.scn** et cochez l'option ☒ Bodies dans l'onglet du menu **[F4]**. Les grilles de coordonnées équatoriales sont encore de mise, elles vont nous permettre de mesurer facilement certains angles pertinents. Le **MODE** sur **ZERO** ayant réinitialisé les axes, passer en **MANUAL** et **SPEED** en option **HI**. Avec la touche **Z** faire monter le pointage jusqu'en butée haute. Déjà on observe que l'on peut monter largement au-dessus de l'horizon ce qui sera à l'usage un gros avantage. Comme entre deux lignes on a 15° , que ce soit en longitude ou en latitude, les zones sont des carrés de $15^\circ \times 15^\circ$. L'ouverture du télescope faisant trois carreaux, (*En diagonale ce qui n'est pas important du tout*) on en déduit que le champ est de 45° et non 60° comme annoncé par la NASA. Il serait possible d'utiliser les touches **W** et **X** pour avoir exactement quatre carreaux, mais ce n'est pas vraiment utile, d'autant plus que chaque fois que l'on revient à l'oculaire, **FoV** est forcé à la valeur de 60. Ce qui change le plus par rapport aux caractéristiques réelles, c'est l'orientation **ZERO** qui en virtuel correspond à l'axe Shaft alors que dans les documents NASA elle est annoncée - 50° . La Fig.65 résume les étalonnages obtenus par expérience, mais qui me semblent tout à fait crédibles. Sur ce dessin on croirait que la limite d'observation au sol arriverait jusque sous le vaisseau. C'est faux, elle sera toujours située en avant, car le CSM n'orbitera jamais aussi bas que caricaturé sur le dessin pour gagner de la place sur le papier. Comme représenté sur ce dessin qui respecte parfaitement les divers angles pertinents, en position haute maximale on voit pratiquement aussi "haut" qu'à travers le hublot d'écouille comme vous pouvez le vérifier dans Orbiter. (**[F1]** deux fois pour regarder en face et non vers le couloir du CM) C'est magique, l'optique peut voir à travers le vaisseau ! En rechargeant la situation pour vous retrouver bien à l'horizontale, piquez rapidement de 32° en utilisant la sphère du FDAI n°2 et passez en PAUSE. Puis, en vue extérieure regardez rigoureusement du haut vers le bas. Pour matérialiser la verticale locale vous pouvez afficher le vecteur du poids et faire tourner la caméra pour le voir en bout. (**[F4]** > > Forces > ☒ Body force vectors > ☒ Weight > Scale ☒ Linear



> > Forces > ☒ Body force vectors > ☒ Weight > Scale ☒ Linear > ☒ pour avoir la longueur maximale du vecteur. Quand vous aurez orienté la caméra pour "minimiser" la surface du vecteur poids, regardant parfaitement vers le bas, éloignez-vous du vaisseau pour observer sous ce dernier des détails au sol. En passant en vue intérieure sur le télescope dont les axes sont à **ZERO** vous constaterez qu'effectivement, Cabrage négatif de 32° l'axe TRUNNION pointe bien la verticale. Poursuivons nos investigations pour corroborer la valeur angulaire de 5° annoncée sur mes dessins entre deux graduations sur le réticule du télescope. Dans ce **Page 85**

but, changer l'orientation du CSM aux RCS jusqu'à obtenir une vue dans l'oculaire qui ressemble à celle de la Fig.66 pour laquelle nous avons placé la grille de coordonnées dans une orientation "propre" et centré la croisée de deux lignes violettes. Nous savons que l'angle entre deux ligne fait 15°. En comparant aussi bien en "largeur" qu'en hauteur, la distance entre deux graduations fait environ le tiers. On constate bien que l'ouverture entre deux graduations fait un "angle solide" de 5°. On ne va pas se contenter de cette vérification mais en réaliser une autre bien plus pertinente.

AFFICHAGE DES ANGLES DE POINTAGE OPTIQUE SUR LE DSKY.

Incontestablement, pouvoir visualiser la valeur des angles mesurés par les résolveurs de SHAFT et de TRUNNION sera d'une très grande utilité quand on voudra orienter le vaisseau avec précision en utilisant les optiques du bord, procédure que l'on va détailler dans le chapitre suivant. Il suffit tout simplement de demander au DSKY d'afficher la variable n°91 : Rechargez **24) Travail sur les références externes.scn**, le calculateur de bord est en veille. Positionner **8 : [INTERIOR LIGHTS] NUMERICS** vers le haut pour allumer le DSKY puis **RSET** pour éteindre **PROG**. Passer **122 : [CONTROLLER] SPEED** sur **HI**.


V16 N91 E P00 V16 N91 (Comme déjà rencontré il faut au préalable avoir éjecté les protecteurs)
+00000 (R1 : SHAFT l'axe de "torsion centrale" en degrés x100)
+00000 (R2 : TRUNNION l'axe de décalage en hauteur en degrés x 1000)

Si les valeurs indiquées ne sont pas nulles, c'est normal. Le CMC repasse les variables à zéro dix secondes après que les axes soient arrivés sur les références nulles. Revenir en **MODE** sur **MANUAL** et faites tourner avec la touche **D** d'environ 45° en observant le ciel. Décaler vers le haut en faisant bouger le ciel de **deux graduations**. Passer sur le tableau 122 et observez l'écran du DSKY vous avez des valeurs du genre :

P00 V16 N91
+05213 (R1 : L'axe de "torsion centrale" a tourné d'environ 52°)
+10544 (R2 : L'axe en hauteur a tourné d'un peu plus de 11°)

Vous pouvez constater au passage que **deux graduations** correspondent bien à 10° sur les codeurs, soit 5° par graduation ce que nous voulions vérifier. Nous sommes donc capables de placer les axes exactement aux valeurs angulaires désirées. Entre autre, on va avec cette possibilité voir comment :

POINTER DANS L'UNIVERS AVEC PRÉCISION :

Comme on va le voir, cette procédure séduisante est de plus très facile à mettre en œuvre. Concrètement on se contente de diriger l'axe SHAFT exactement vers l'avant du vaisseau, puis aux RCS on oriente le CSM pour centrer avec précision le SEXTANT sur l'objet de référence. On pourra appliquer cette technique quand pas trop loin du LM on cherchera à le rejoindre pour le récupérer par exemple. On note dans **SYSTÈMES APOLLO.pdf** en **Page 19** que pour pointer l'avant du vaisseau (Symbole  sur le HUD que nous n'avons pas le droit de visualiser, mais vous pouvez conclure aisément qu'on peut le remplacer par un "centrage collimateur hublot d'accostage") il faut obtenir sur le DSKY :

V16 N91 E P00 V16 N91


+35964

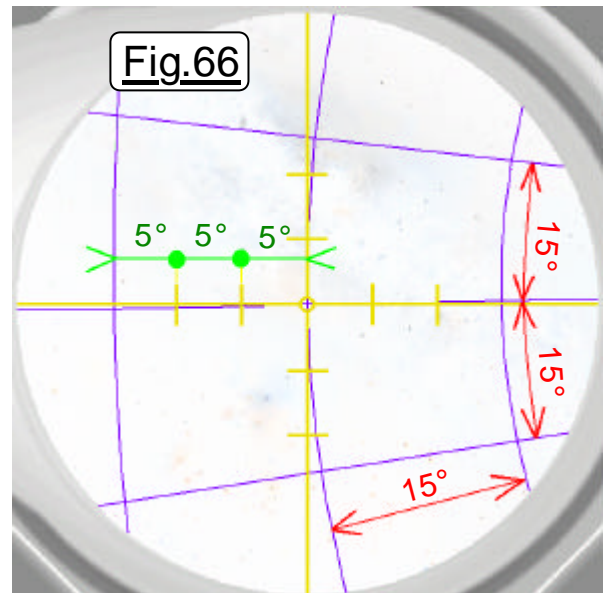
+57362

Quand vous avez titillé les touches **Q**, **S**, **Z** et **D** en vitesse rapide puis lente, pour ajuster ces valeurs, orientez le vaisseau vers un amer facilement

repérable dans le ciel. Par exemple l'un des pôles lunaires. Éventuellement pour dégrossir l'orientation facilitez-vous la vie en passant en vue extérieure et placez la caméra derrière le vaisseau. Une fois que le CSM pointe globalement le pôle, affinez avec le télescope puis avec le SEXTANT. Quand la convergence méridienne est plein centre du réticule, allez voir à travers le hublot d'accostage.

Exactement en face notre cible et avec la précision apportée par l'amplification de 28x du SEXTANT.

Cette procédure est bien plus précise que si nous avions utilisé le symbole  du HUD. Fabuleux non ?



Ben môamôa quand je cavale à donf sans regarder à 00011/57717 SHAFT ... je me TRUNNION la truffe contre les lampadaires !

ORIENTER AVEC PRÉCISION DANS LA REFSMMAT:

L'ensembles des exercices qui précèdent nous ont un peu familiarisé avec les systèmes de navigation d'Apollo. Nous avons également consolidé notre aptitude à nous débrouiller avec des références externes. Cette faculté à faire beaucoup avec "pas grand chose" a sauvé l'équipage d'Apollo 13 quand il a fallu effectuer des corrections de trajectoire en regardant par les hublots. Mais pour des projets d'une telle envergure, on se doute bien que des machines aussi performantes que les CSM et autre LM pouvaient s'orienter automatiquement disposant de tous les éléments pour une telle finalité. Une IMU pour connaître l'orientation actuelle dans l'univers ramené à une matrice de coordonnées REFSMMAT, des capteurs d'orientation en doublons avec les gyroscopes qui asservissent les FDAI, un calculateur pour coordonner le tout à travers des programmes spécifiques. Outre pouvoir orienter le vaisseau avec précision, condition impérative pour gérer les corrections de trajectoire et les insertions en orbites terrestre et lunaire, le programme V49 permet naturellement de maintenir l'attitude de consigne aussi longtemps qu'il sera en service. Les ingrédients sont réunis, les ingénieurs du simulateur ont chargé le protocole de formation **26) Tester V49.scn** et avant même qu'on vous le suggère vous avez ouvert le manuel de pilotage **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES** à la check-list de la **Page 46** qui traite de cette procédure.

Configurer le programme V49 et le mettre en service.

Comme vous avez soudoyé un tantinet les techniciens du simu hier soir en les invitant à partager un apéro bien tassé, ce jour ils se montrent coopératifs. Il n'y a pas cet encombrant étage S IV-B dans les parages pour vous casser les pieds, et surtout les RCS du CSM sont déjà activés. La première ligne de la liste va juste nous imposer de vérifier que tout est conforme. Vous observerez également que les inverseurs de préchauffage A, B, C et D sont basculés sur **PRIM**. Vérifiez avec **/ num** que les moteurs sont en mode ROTATION. Titillez un peu les touches d'orientation pour entendre les bruits caractéristiques des échappements gazeux. C'est bon, coté RCS tout "roule". L'étape suivante consiste à activer la procédure V48. Dans la configuration actuelle ce programme est déjà réveillé, mais nous allons y faire appel car les paramètres qui lui sont imposés ne sont pas optimisés. Par ailleurs, à plusieurs reprises au cours de la mission Apollo 7 (*Et les suivantes*) il faudra faire appel à ce programme. Il importe-donc de bien en comprendre les paramètres. C'est parti :

V48 E P00 ~~V04-N46~~

11102 (R1 : La valeur **00000** désactive le DAP)

01111 (R2 : Quads utilisés par la manœuvre)

On va commencer par commenter le contenu du registre R2. Il permet d'imposer avec le premier bit de ce registre codé en Octal les lignes d'alimentation des valves RCS. Les quatre bits de poids faible permettent d'interdire par des "0" l'utilisation de certains Quads. Logiquement on les utilise tous dans des conditions nominales. Mais si l'un d'eux s'avérait déficient il conviendrait de l'isoler. Il est également possible d'en neutraliser deux si on veut effectuer des orientations de type "MIN IMP", mais nous savons que cette méthode génère des perturbations de la trajectoire. En résumé trouver **01111** dans R2 sera la norme. Notez au passage que ce sont des options codées en Octal. Il ne faut pas donner de signe à la saisie si on désire les changer. Le codage de R1 est plus important de par les conséquences si on se trompe. En particulier le premier bit précise au programme la configuration structurelle du vaisseau. Avec **"1"** vous annoncez que le CSM est libre, isolé de tout autre module. En partance vers la Lune, si le LM est accouplé il faudra coder **"2"**, alors que si seul l'étage de remontée du LM est arrimé c'est le chiffre **"6"** qui informera le calculateur. Pour le bit relatif à **ERR DEAD BAND** il est préférable d'utiliser **"0"** qui oblige l'automatisme à corriger l'orientation dès que l'erreur dépasse un demi-degré. Avec **"1"** le système tolérera 5° de déviation avant d'agir. C'est l'option à privilégier quand une orientation approximative est suffisante et que l'on ne veut pas subir le vacarme incessants des RCS. Enfin le dernier bit est crucial pour les "nerveux" qui ne peuvent pas attendre deux heures avant que le vaisseau ne soit correctement orienté. Avec **"3"** les taux de variation seront maxima, alors qu'avec **"0"** on a l'impression que rien ne fonctionne. Le vaisseau va alors mettre un temps considérable pour adopter l'attitude programmée. Allez, codez rapides :

V21 E 11103 E P (Pas de signe en saisie d'options codées en Octal)

Dès que vous cliquez sur **P** le DSKY affiche :

P00 ~~V06-N47~~

+32170 (R1 : Masse du CSM en livres)

+00000 (R2 : Masse du LM en livres)

Dans R1 on trouve une information de masse qui a été mémorisée à un moment donné quelconque de la mission. Mais rien ne nous prouve qu'entre temps rien n'a changé. Une quelconque manœuvre a certainement diminué la masse des ergols, on a purgé des urines ou de l'eau polluée. Bref, il faut vérifier la validité de ce paramètre. Nous savons qu'historiquement le bilan était effectué en temps réel sur Terre et l'information était téléchargée vers la mission. Concrètement nous utilisons dans Orbiter la procédure de la page 55 :

- **[CTRL] I** > dans le champ à gauche cliquer sur Vessel >
- Dans le champ à droite indexer AS-205 >
- **Mass:** indique la masse soit **14576 kg**.

On convertit en livres : 14576 multiplié par **2,2046** = 32134 livres.

V21 E +32134 E (R1 et R2 affichent les nouvelles valeurs de masse)

P **P00 ~~V06~~ N48**

+NNN.NN (R1 : Angle d'ajustement "PITCH gimbal")

+NNN.NN (R2 : Angle d'ajustement "YAW gimbal")

Laisser les deux angles des cardans à **00000**, de toute façon nous n'allons pas utiliser le SPS.

P (Effacement du DSKY sauf **P00**)

- 1 : sw **SC CONT** sur **CMC** puis 1 : sw **CMC MODE** sur **AUTO**.

V46 E

Cette dernière commande active le DAP, mais curieusement nous n'en avons aucun accusé de réception ... il faut faire avec et faire confiance. Vérifions conformément à la suite de la check-list sur le tableau de bord principal que les divers inverseurs qui conditionnent V49 sont tous correctement positionnés et engageons la manœuvre. On va imposer une orientation particulière facile à vérifier sur le FDAI :

V49 E P00 ~~V06~~ N22

+NNN.NN (R1 : Roulis en degrés x 100)

+NNN.NN (R2 : Cabrage en degrés x 100)

+NNN.NN (R3 : Lacet en degrés x 100)

Orientation souhaitée par rapport à REFSMMAT.

V21, V22, V23, V25 pour changer les valeurs à convenance. Par exemple codez :

V25 E +04500 E +06000 E +03000 E

P **P00 ~~V50~~ N18** (Ne rien modifier à ce stade)

(Le DSKY réaffiche les angles pris en compte)

P **P00 V06 N18** et **COMP ACTY**.

(Parfois il faut "doubler **P**") L'automatisme procède à l'orientation du vaisseau. La référence pour l'attitude sera le repère de l'IMU visualisée sur le FDAI n°1. La Fig.67 montre ce qu'affiche le FDAI en cours de manœuvre. On va profiter de cet exercice pour détailler les informations qui y figurent. (*Rappels plus compléments*) En **1** on a imposé que

les aiguilles de tendance orange soient représentatives de l'erreur d'ATTitude. On voit sur la sphère qu'en **2** l'index d'information de roulis repéré en vert est sur 65°, il n'est pas encore correct.

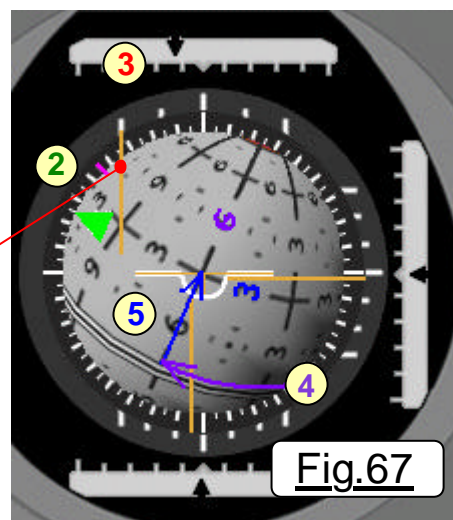
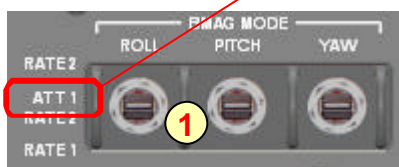


Fig.67

C'est la raison pour laquelle l'aiguille est décalée vers la gauche et qu'en **3** le curseur montre que la vitesse en roulis n'est pas annulée. L'orientation en roulis sera la dernière à se stabiliser avec plusieurs dépassements en "surcompensation". Il faut du temps pour orienter le vaisseau, et encore il n'y a pas la masse du LEM à bouger. C'est la raison pour laquelle il faudra toujours bien anticiper une manœuvre automatique devant être réalisée à une heure précise. Par contre, sur l'exemple de la Fig.67 on observe qu'en **4** le cabrage repéré en violet est bien de 60° et en **5** le lacet repéré en bleu fait 30°. Ces deux angles correspondant à ceux de la consigne, les curseurs de taux de variations sont ramenés à zéro et les aiguilles d'erreur oranges sont centrées. Attendre que le pilote automatique finisse de stabiliser au roulis désiré. Quand nous allons conforter notre expérience au chapitre **EXERCICES SUR LE CONTRÔLE D'ATTITUDE** en page 131 nous constaterons encore que l'automatisme présente une tendance à la surcompensation. En réalité c'est plus exactement un retard à la correction, ou à l'anticipation. Peu importe la raison. Tout système matériel présente "une personnalité". C'est une caractéristique que l'on doit simplement prendre en considération

consister à modifier les consignes alors que le DAP est en action.

Changer la consigne d'attitude alors que le DAP est en fonctionnement.

C'est une possibilité bien commode soit pour affiner un pointage pour une petite correction, soit pour changer carrément d'orientation. Vous avez certainement déjà remarqué que la procédure est précisée dans le cadre grisé en bas de la **Page 46** du manuel, il suffit de l'appliquer avec méthode. Je vous propose dans cet exercice des angles également faciles à interpréter sur la sphère du FDAI :

V25E -02000 E +03000 E +06000 E nouvelles valeurs puis **V49 E**

Notez qu'au moment où l'on clique sur **ENTER** la valeur affichée pour R1 se change en **+34000**. Tout simplement parce que nous avons imposé un roulis négatif, donc à droite, et que le DSKY affiche le même angle mais dans la plage d'un tour complet sur 360°. ($+360^\circ - 20^\circ = +340^\circ$) Rien de bien étrange dans ce comportement, cependant il m'a semblé toutefois utile de vous le faire remarquer une fois de plus. Du reste si j'ai choisi une valeur négative pour la valeur du roulis ce n'était pas innocent du tout.

P




Le DSKY affiche ~~V50 N18~~ affichant les trois angles de consigne. Le clignotement nous laisse la possibilité de modifier à ce stade l'une ou plusieurs des trois valeurs si on le désire.


P pour entériner la consigne. La machinerie se remet à cracher du gaz de tous les cotés et notre vaisseau va docilement chercher sa nouvelle orientation. Pour le cabrage et le lacet les consignes seront rapidement respectées, mais pour le roulis l'automatisme galère un peu. **Rien n'interdit de "souquer sur les écoutes" en obligeant les RCS à pousser "plus fort" par utilisation en manuel des touches du pavé numérique. Si on donne un petit coup de pouce au DAP il arrive plus rapidement à stabiliser l'attitude.**

La sphère du FDAI va se fâcher tout rouge !

Dans les deux exercices précédents j'ai volontairement choisi des attitudes bien gentilles qui ne risquaient pas d'amener le vaisseau dans une configuration de blocage de la centrale inertielle par alignement des cardans. Pour clore ce chapitre dont la maîtrise n'est finalement pas du tout délicate, nous allons volontairement programmer une manœuvre qui va engendrer, comme on l'a déjà vu à deux reprises, l'un des incidents les plus redoutés de l'équipage qui pour le corriger impose de s'adonner à des exhibitions pas du tout conviviales dans le volume si spartiate de la cabine Apollo. On va demander au DAP d'orienter le vaisseau dans une attitude qui lors de la transition va engendrer l'alignement tant redouté des cardans de la centrale inertielle. Mais avant commencez par effectuer un **[F4] > QuickSave**, ainsi on pourra reprendre cette scène et voir comment contourner ce type de difficulté. Tournicoti, tournicotons :

V23E - 08000 E pour vous montrer que l'on peut ne changer qu'une seule variable si on le désire. Je vous refais ici le coup de l'angle négatif que le DSKY transforme immédiatement en **+2800** ce qui naturellement est totalement équivalent.

V49 E P P pour remettre notre petit monde au travail. Pchittt, pchittt, pchittt et c'est reparti pour une valse, sauf que maintenant cabrage et roulis sont figés. Seul un déplacement "équatorial" est observable sur la sphère de l'appareil de mesure. Quand on approche de la zone critique,  et  s'illuminent nous incitant à réagir immédiatement. Il suffirait à ce stade de couper immédiatement l'automatisme avec **1 : SMC MODE** sur **FREE** et de se précipiter sur les touches du pavé numérique pour stopper la rotation en lacet. Ceci dit, nous savons que les zones rouges se situent dans des angles de cabrage nul et de lacet 90° et 180°. Alors avant d'engager une orientation automatique pensez à vérifier ce petit détail. Vous avez aussi constaté que dès que le témoin  s'est allumé, le DAP a abandonné. Les RCS sont devenus muets et le vaisseau continue à tourner sur "sa lancée" comme le confirme le FDAI n°2. Quand au FDAI n°1, il restera inerte jusqu'à ce que nous le réinitialisons avec l'inverseur **IMU CAGE**, et il faudra ensuite se refaire une procédure d'alignement de la plate-forme inertielle. Quelle galère !

La situation sauvée dans **QuickSave** vous permettra de recommencer l'aventure, mais cette fois le but va consister à stopper la rotation avant l'allumage du témoin fatidique  et même avant l'avertissement



car le vaisseau tourne rapidement, il faut anticiper. Stoppez en annulant le lacet en priorité.

Et si l'on désirait vraiment pointer cette direction ?



La solution consiste alors à changer de matrice de référence REFSMMAT. Puis, dans ces nouvelles coordonnées transposer les angles de l'attitude désirée. On obtiendrait alors des valeurs angulaires hors zone rouge. C'est une procédure pas vraiment complexe et il faudra bien l'explorer à un moment ou à un autre. Pour le moment c'est bien trop prématuré.

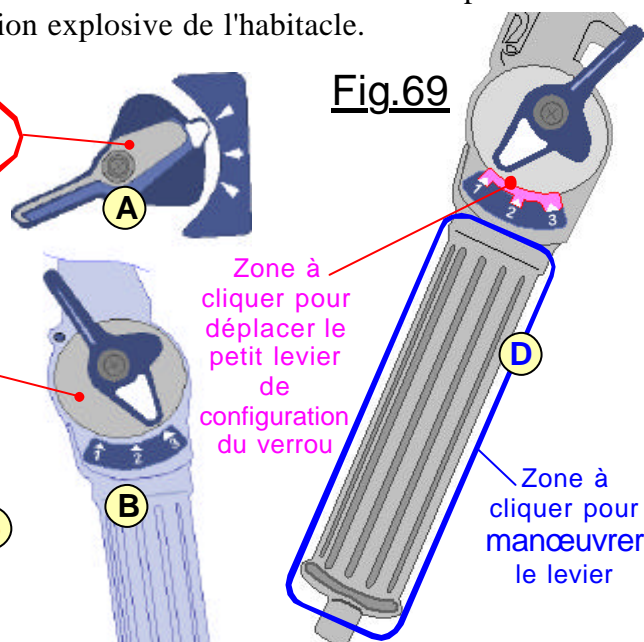
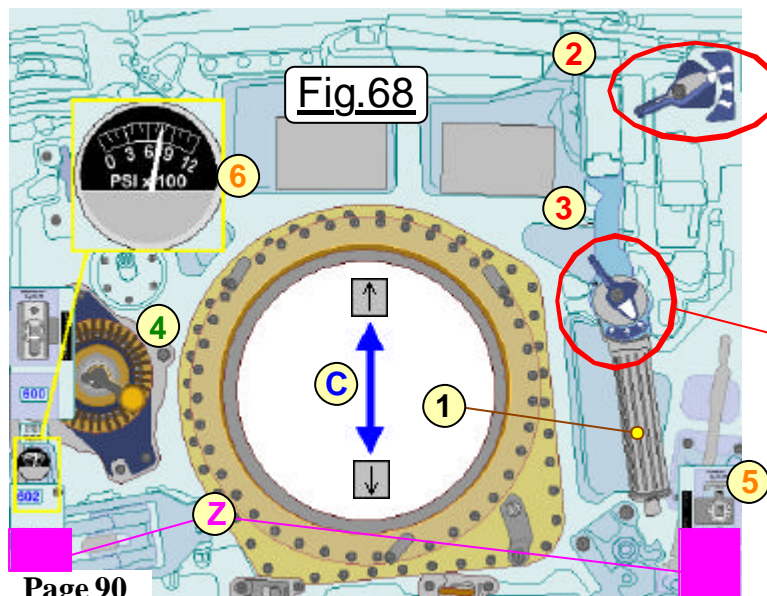
LES SORTIES EXTRAVÉHICULAIRES (E.V.A.) :

Soufflons un peu des chapitres précédents et varions le menu. On va se faire une petite sortie dans le vide sidéral. Concrètement c'est l'une des phases les plus risquées lors d'une mission spatiale. Elle impose une préparation sans faille du scaphandre et du vaisseau ainsi qu'un respect absolu des procédures. Le moindre oubli peut conduire à la catastrophe. Libérer les verrous de l'écouille alors que la cabine est en pression conduit à une dépressurisation explosive. Le sas s'arrache de ses ancrage ou va buter contre le vaisseau en faussant définitivement les articulations. Plus moyen de le refermer et la rentrée atmosphérique est impossible avec comme conclusion la perte de l'équipage. (*NASSP ne prend pas en compte les décompressions explosives, mais nous allons faire comme si c'était le cas, rigueur de formation oblige.*) Si durant la sortie ceux qui restent à bord ne surveillent pas les paramètres vitaux, l'équipier peut perdre conscience alors qu'il est à l'extérieur. Aller le chercher est pratiquement exclus. Bref, une E.V.A. sera abordée avec le plus grand sérieux. Les procédures sont entièrement décrites dans le manuel de vol **SERVITUDES OPÉRATIONNELLES.pdf** en **Page 44** et **Page 45**.

Sauf erreur de ma part il n'est pas possible dans NASSP actuel de "passer à l'intérieur d'un scaphandre" et de se déplacer à l'extérieur du vaisseau comme dans AMSO par exemple. Néanmoins, il est par contre prévu de pouvoir réaliser toutes les actions techniques qui permettent de conduire une telle phase pour les missions lunaires. Il importe en conséquence d'être capable de le faire sans hésiter si l'on veut se voir sélectionné dans l'équipage principal en partance pour la prochaine mission. Téléchargeons la scène **27) Apollo 7 à 136 h de vol.scn** qui nous place en orbite presque six journées terrestres après le décollage. On va point par point effectuer "notre sortie" en ayant à portée le manuel de vol pour suivre les check-list, cet exercice va nous permettre de réaliser l'E.V.A. accompagnée des commentaires utiles.

Mécanisme de fonctionnement de l'écouille.

Normalement, c'est au moment de la pénétration de l'équipage titulaire vers H - **02 : 40 : 00** que l'écouille est refermée et que la capsule est pressurisée durant la phase de Pré-lancement. Cet exercice en orbite va donc nous former à l'utilisation du mécanisme du sas. Quand nous déroulerons la check-list pour le décollage, nous pourrons alors facilement procéder à la fermeture hermétique du vaisseau. Considérons la Fig.68 qui montre les éléments essentiels du sas tel qu'il se présente quand il est fermé avant de procéder à une E.V.A. On remarque en premier le levier **1** (Également représenté en Fig.69) de dimension suffisante pour permettre de fournir les efforts nécessaires à l'ouverture ou à la fermeture de l'écouille. Mais compte tenu du danger présenté par le déblocage inopiné de ce levier, on se doute que des sécurités sont prévues. Il faut au préalable positionner les deux verrous **2** et **3** comme montré en **A** et **B**, ces dispositifs présentant trois positions dont les deux extrêmes sont utilisées dans NASSP. Notez au passage, repéré en rose sur la Fig.69, que les zones à cliquer pour déplacer les leviers des verrous sont de faible surface. Comme rappelé en **C** sur la Fig.68 n'oublions pas que l'écouille n'est pas entièrement visible sur l'écran. Il faut utiliser les touches  et  du clavier pour faire descendre ou monter la vue et ainsi accéder au verrou **2**. Mais avant de désengager ces verrous et ouvrir le sas il faut impérativement configurer le vaisseau si l'on veut éviter une décompression explosive de l'habitacle.



Couper l'alimentation en air de l'habitable.

(RAPPEL : Le tableau 380 n'est pas repéré dans NASSP : Voir la planche n°1 en haut à gauche)

Conformément à la check-list du manuel de pilotage on commence par supprimer tout débit d'air dans l'habitable en coupant les deux ventilateurs [CABIN FAN]. Mais avant de couper l'oxygène et surtout faire le vide dans notre minuscule capsule de survie, il faut au préalable vérifier que les scaphandres sont fiables. On regarde en premier leur étanchéité confirmé par l'item :

• 2 : [PRESS] ind SUIT ≈ 5 PSIA légèrement > à ind CABIN.

Le fait que la pression dans le scaphandre soit légèrement plus élevée que celle de la cabine (*Fonctionnement nominal*) atteste que la combinaison E.V.A. est bien étanche. On peut couper l'arrivée d'oxygène en plaçant sur OFF les trois valves de la Fig.70 comme montré ci-contre.

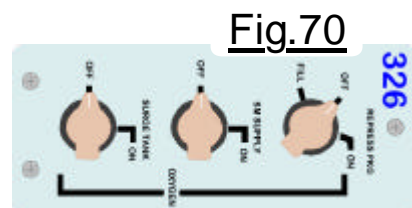


Fig.70

Les deux lignes 380 : **SVT SUIT CIRCUIT RETURN VALVE** sur **RELEASE** et 380 : **DEMAND REG SVT SUIT TEST** sur **BOTH** ne constituent qu'une précaution car en principe la tirette et le levier sont dans ces positions si on a convenablement suivi les procédures depuis le décollage. Par contre la vérification de :

• 2 : ind O2 FLOW débit nul est primordiale car elle nous assure que le débit d'air vers la cabine est bien coupé.


Équilibrer les pressions INTÉRIEUR/EXTÉRIEUR.

Nous y sommes, on va faire le vide dans le vaisseau. En plaçant le levier de la valve d'égalisation des pressions 4 en position A comme montré en P35 du manuel de vol on ouvre la purge qui relie la cabine au vide sidéral. Mais comme la buse est de faible dimension, c'est une fuite contrôlée qui va nécessiter un certain laps de temps, raison pour laquelle on commence par cette étape. Puis en basculant en position OPEN l'inverseur 5 du tableau 601 on vide le réservoir tampon de son oxygène. On vérifie cette vidange totale sur l'indicateur montré en grand dans l'encadré 6. Comme mentionné dans le manuel de vol, il faut cliquer dans les petites zones Z en bas de la fenêtre d'écran pour montrer ou masquer les tableaux 600, 601 et 602. Quand la pression est nulle en 6 on passe sur le tableau central pour observer la lente baisse de pression en cabine. • 2 : [TEMP] et [PRESS] ind CABIN en butée inférieure précise un équilibrage des pressions, mais c'est surtout • 2 : [TEMP] ind CABIN en butée inférieure qui nous confirme le vide dans l'habitable. En effet, c'est l'agitation de l'air (*Des molécules plus généralement*) qui constitue la chaleur. Plus d'air ... température absolue égale à 0°. On peut ouvrir le sas.

Ouvrir l'écouille.

C'est enfantin une fois les pressions équilibrées. On place les deux verrous A et B conformément aux instructions du manuel de pilotage ou comme sur la Fig.68 puis l'on clique sur le levier dans la zone D encadrée en bleu sur le dessin. C'est immédiatement la vue imprenable ... sur le néant et nous n'entendons plus que le bruit de notre respiration dans le scaphandre. (*NASSP ne tient pas compte non plus de cette propriété des sons et l'on continue à entendre les petits bruits familiers dans le cockpit*) L'espace sera d'autant plus dégagé que l'on peut cacher les tableaux 600, 601 et 602 en cliquant dans les zones Z. Pour le plaisir on peut passer en 3D avec [F8] puis en position centrale avec la touche 7. En regardant vers le haut on peut admirer le ciel profond et ses myriades d'étoiles. Nous sommes sensés sortir du CM et aller effectuer à l'extérieur divers travaux, bien que toutes les missions lunaires ne le prévoyaient pas, seules certaines ont intégré durant la mission une ou plusieurs E.V.A.

Fermer l'écouille / Pressuriser le vaisseau.

Maîtrisant le mécanisme de l'écouille il devient enfantin de la refermer. Puis, en cliquant éventuellement dans l'une des zones Z pour faire réapparaître les tableaux 600, 601 et 602 on peut facilement rétablir l'environnement normal dans l'habitable. Il suffit de suivre pas à pas la procédure Page 36 donnée dans le livret des servitudes. Quand on referme le sas, la fenêtre de visualisation est décalée vers le bas. Il faut la faire monter avec  pour avoir la présence des zones Z en bas de l'écran.

ATTENTION : Quand les tableaux 600, 601 et 602 sont cachés, les zones de l'écran délimitées pour l'influence des boutons de la souris ne changent pas. Du coup, si en voulant faire apparaître les tableaux masqués on clique dans les zones d'actions sur le clapet de sécurité et sur l'inverseur, on change la configuration sans le voir. On entend le bruit des basculements mais l'on ne sait plus du tout quelle est la configuration. Il est dans ce cas préférable d'utiliser la zone Z de gauche car elle est plus grande et déjà cliquable après avoir refermé le sas.

Utilisation des télescopes pour observer le sol :

Rien n'est plus facile que d'observer des détails au sol en utilisant les optiques du bord, **à conditions au préalable d'avoir placé le vaisseau en PROGRADE**. On va se faire un peu de tourisme histoire de se reposer un peu de toutes ces expériences informaticolunofdaïennes. Bien que les situations autour de la Lune nous placent en mode PROGRADE, il ne faudra pas toujours compter sur les copains pour avoir cette attitude privilégiée. Savoir placer son vaisseau en prograde ou rétrograde est un impératif. On peut parfaitement revenir vers la Terre sans les secours du système de navigation. On oriente, on attend de se trouver exactement au bon endroit. La NASA nous aura donné le MET qui y correspond et le BT idoine. (Voir exercices P181 et P182) Ou pousse alors avec le SPS avec une durée calibrée et l'on maintient l'attitude soit avec le FDAI soit avec les optiques. Encore faut-il savoir se placer en prograde.

Se placer ailes à plat en utilisant les optiques d'Apollo.

Cette attitude sera un préalable pour ensuite gérer du PROGRADE ou du RETROGRADE uniquement par utilisation des références extérieures. Fondamentalement le principe est assez simple et la Fig.71 va nous aider à comprendre comment nous allons procéder. On va imposer à TRUNNION un angle **a** de façon à ce que pointant dans le télescope l'horizon local en **C** l'axe **X'X** du vaisseau soit horizontal par rapport à la verticale locale. Un petit problème se présente à nous : déterminer la valeur de l'angle **a** à imposer à TRUNNION en fonction de l'astre survolé et de notre altitude. Un tout chtipieu de trigonométrie va apporter une réponse simple. Compte tenu des "angles alternes/Internes" on retrouve la valeur de **a** dans le triangle **ABC** qui de plus est rectangle en **C**. On peut donc en déduire sans se prendre une méga migraine carabinée que $\cos a = AC / AB = R / (R + H)$, équation dans laquelle **R** est le rayon de l'astre survolé et **H** la hauteur actuelle.

$$a = \arccos (R / (R + H)).$$

Fastoche non ? Allez, un petit exemple :

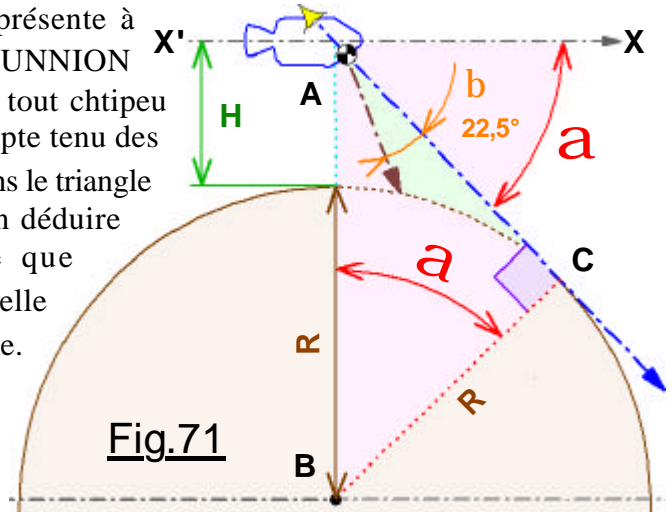
On survole la Lune (*Bigre ... c'est nouveau ça !*) à une altitude de 150 km :

$$a = \arccos (1737,4 / (1737,4 + 150)) = \arccos (0,92) \approx 22,99^\circ.$$

OK, d'accord, j'ai bien compris que tout ce fatras vous gave un peu, c'est la raison pour laquelle dans le document **SYSTÈMES APOLLO.pdf** en Page 20 vous trouverez un tableau qui vous donne toutes les valeurs utiles aussi-bien autour de la Lune qu'autour de la Terre. Mais il me semble judicieux de justifier toutes les valeurs qu'il contient. (**SLAVE** étant l'angle quand le TÉLESCOPE est synchronisé sur le SEXTANT) Nous savons que pour pointer exactement vers l'avant dans la direction **X'X** il faut imposer à TRUNNION un angle de $57,7^\circ$. Par conséquent, il suffira en utilisant **V16 N91** d'imposer un angle de $57,7^\circ - a$ pour avoir le pointage idoine. Dans notre cas $57,7 - 22,99 \approx 34,71^\circ$. Le tableau intègre naturellement ces valeurs. Maissss, on va finalement trunionner un chouilla de plus. Comme certainement on va vouloir se placer les ailes à plat, mais dans l'axe du déplacement, c'est à dire chercher cette Arlésienne d'attitude PROGRADE ou RETROGRADE, on complétera par une observation la plus verticale possible. L'idée consiste alors à utiliser le TÉLESCOPE pour maintenir le vaisseau à plat, et le SEXTANT pour annuler tout dérapage. La visée avec le SEXTANT sera d'autant plus pertinente dans ce cas de figure qu'il est braqué vers le bas. En conclusion, on passera L'inverseur **TELESCOPE TRUNNION** sur la position **OFFSET 25°** c'est à dire avec le décalage **b**. (L'angle de décalage fait $12,5^\circ$ en réalité dans Orbiter)

On doit donc imposer un angle **a** de : $a = \arccos (R / (R + H)) - 12,5^\circ$ soit dans notre exemple : Angle **OFFSET** $\approx 34,71^\circ - 12,5^\circ \approx 22,21^\circ$.

Le dossier **<Diverses Altitudes Lunaires>** contient un assortiment de scènes avec le CSM d'Apollo 7 en orbite circulaire autour de la Moumoune. Ce n'est pas très historique, mais n'oubliez pas que vous vous trouvez dans le simulateur de la NASA. Prenez une quelconque de ces situations, forcez le FDAI n°2 à trois axes nuls pour "mémoriser" une attitude "ailes à plat". Ensuite décalez d'un angle quelconque, puis retrouver une position bien horizontale ... détails dans le chapitre suivant.



Se placer en rétrograde ou en prograde en utilisant les outils d'Apollo.

Fondamentalement le principe est enfantin, un certain Youri a déjà expérimenté cette technique il y a bien longtemps ...

On commence par placer le vaisseau "ailes à plat". Puis, Roulis nul on fait pointer le nez de l'astronef vers le vecteur vitesse ou à son opposé.

Dans ce but on observe le sens de dérapage du sol qui défile dans le champ des optiques. Si le défilement est transversal, on est plein travers.

Défilement en biais comme en **A** sur la Fig.72 on recule "en crabe".

Défilement parfaitement "vertical" du bas vers le haut comme en **B**, on est en **RETROGRADE**, mouvement du "haut vers le bas" montré en **C** on a retrouvé **PROGRADE**.

La vraie difficulté réside dans la perte des repères, abordé en bas de la page 84, et des rotations parasites qui affectent les orientations individuelles aux RSC. Le défilement du sol sera d'autant plus facile à

interpréter que SHAFT pointera vers le bas. En conséquence, on va utiliser le décalage OFFSET entre le TÉLESCOPE et le SEXTANT. Dans le TÉLESCOPE on pointera l'horizon pour mettre le vaisseau à plat", (*Cabrage et Roulis*) dans le SEXTANT on regarde le sol pour effectuer l'orientation en Lacet. Chargez la situation **28) CSM autour de la Lune à 150km.scn** dans laquelle le vaisseau recule en biais comme on peut le vérifier en vue extérieure. Il "regarde" vers le bas. La première étape consiste à le faire pointer globalement vers l'horizon visible et à utiliser ce dernier pour ramener à un roulis pratiquement nul. Puis, recentrer les trois aiguilles de taux de mouvement pour immobiliser toutes les rotations.

[F1] puis **V37 E 00 E P00** : Le calculateur est disponible et en attente d'instructions.

V16 N91 E P00 V16 N91

+00000 (R1 : SHAFT l'axe de "torsion centrale" en degrés x100)

+00000 (R2 : TRUNNION l'axe de décalage en hauteur en degrés x 1000)

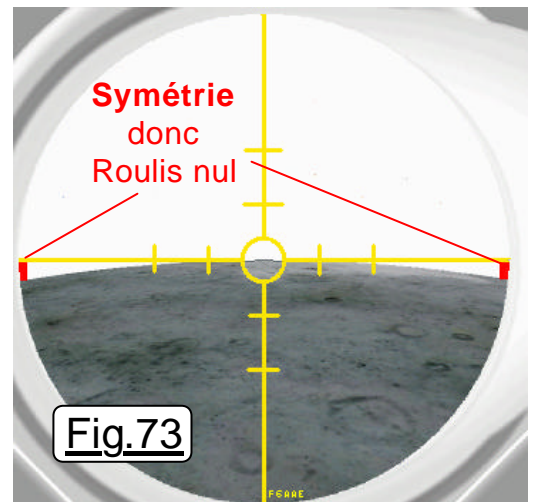
Passer en mode manuel avec **OFFSET 25°** en option et modifier l'axe TRUNNION pour avoir l'affichage :



P00 V16 N91

+00000 (5 num force le KILL ROT)

+22210

À l'aide des RCS cabrer pour amener l'horizon au centre et annulez le Roulis en recherchant la **Symétrie** comme montré sur la Fig.73 de la courbure du sol par rapport au réticule. Bloquez immédiatement toutes les rotations, toujours par recentrage des aiguilles sur le FDAI. Mettre en PAUSE pour figer la situation. En passant en vue extérieure vous pouvez constater que le vaisseau est bien "les ailes à plat". Revenez dans le cockpit, Libérez la PAUSE et ouvrez à titre exceptionnel un MFD en mode **Surface**. Il confirme bien notre attitude. Caler au neutre la sphère du FDAI n°2 en cliquant sur le bouton **GDC ALIGN**. Bien que fixe par rapport aux étoiles et non par rapport au plan horizontal local, le FDAI nous aidera à retrouver une attitude correcte si par précipitation on surcompense et que l'on perde franchement notre assiette. Il va surtout nous aider à mesurer les corrections angulaires en Lacet.



Passer en **PROGRADE** va consister à orienter en **LACET** pour amener le nez du vaisseau vers le vecteur vitesse, c'est à dire s'arranger pour que le défilement du sol dans le **SEXTANT** soit vertical et dirigé du haut vers le bas. Comme on veut conserver notre assiette, il faut impérativement orienter en Lacet en supprimant toute rotation parasite. **La manœuvre consiste à observer dans le SEXTANT le mouvement relatif du sol. En déduire un angle de dérapage. Puis, par observation du FDAI on corrige en LACET dans le bon sens par mesure de la variation angulaire sur la sphère d'attitude.** Il faut y aller progressivement. Recalez le Cabrage par utilisation du **TÉLESCOPE**. **Il est totalement illusoire d'utiliser le TÉLESCOPE ou le SEXTANT pour procéder à l'orientation en Lacet** car le mouvement de giration provoque un déplacement latéral du sol qui empêche totalement d'estimer le mouvement de translation. Par contre, si vous procédez comme mis en évidence en bleu ci-dessus, arriver à orienter le vaisseau en **PROGRADE** (*Ou en RÉTROGRADE*) se fait très facilement en quelques minutes. Mettre à titre exceptionnel en service le HUD pour visualiser  et  et vérifier ainsi la précision de votre pilotage.



C'est certain, je suis au cinéma et pas à la NASA !!!
La lumière va revenir et je vais sortir de la salle obscure comme ils disent.
LE HUD, MAIS VOUS VOUS FOUTEZ DE MOI !!! Des drogués c'est pas possible autrement.
Zavez jamais entendu parler d'un truc du genre DSKY avec du V16 N 73 E ?
C'est vous qui êtes sombres, pas la salle !

Vérifier le cabrage prograde ou rétrograde avec le calculateur de bord.

Depuis le temps que je vous le dis de ne pas utiliser les outils d'Orbiter, vous ne croyez pas que vous le cherchez un peu Popol ? Il a l'air mauvais comme ça "qui vous savez", mais c'est pas un mauvais bougre au fond. Bon, on se reprend et on recommence. Pour conforter votre savoir faire dans le domaine du positionnement du vaisseau en orbite circulaire, je vous invite à refaire l'exercice précédent à diverses altitudes. Nous pourrions utiliser les scènes contenues dans **<Diverses Altitudes Lunaires>**, elles sont très bien pour travailler le PROGRADE et le RETROGRADE à des altitudes variables, et je vous conseille après cet exercice de vous exercer dans toutes les scènes qui y sont proposées et de reprendre ces manipulations jusqu'à ce qu'elles vous deviennent instinctives. Mais ici nous allons commencer avec **15) train spatial en orbite lunaire.scn** pour constater à quel point la présence massive du LM vient rendre poussif le vaisseau en cabrage et en lacet. Il ne faudra pas s'étonner si en maintien d'attitude automatique les RCS crachent presque en permanence. Revenons à nos moutons : Comme l'orbite est circulaire, notre vecteur vitesse tangent à la trajectoire se trouve horizontal. Du coup, la fonction de visualisation V16 N73 qui nous fournit la valeur de l'angle d'incidence AOA sur R3 s'avère parfaite pour contrôler le cabrage avec précision. R1 quand à lui nous informe sur notre altitude. Dès que la scène est chargée, immédiatement effacez Map MFD de l'écran car ... Popol

rode dans les parages ! Ensuite, **RSET** pour faire éteindre le témoin **NO ATT**.

- **V16 N65 E** Pour vérifier que le DSKY est bien réveillé.

GLUPS, Apollo est autour de la Lune à peine après quatre heures du lancement. Ils voyageaient rapidos à cette époque, faut revoir les bouquins d'histoire !

- **V16 N43 E** Histoire d'avoir un affichage dynamique. Je vous laisse deviner le contenu des registres.
- Activez les douze inverseurs des valves de pressurisation des RCS sur le tableau 2.
- Un rapide petit test sur **6 num** puis **4 num** par exemple pour vérifier leur effectivité.
- Si **4 num** ne fonctionne pas et que sur le tableau 8 les seize inverseurs sont positionnés, c'est que vous avez oublié de passer en mode rotation avec **/ num**. C'est un oubli important, car vous avez provoqué des translations qui perturbent l'orbite. Vaut mieux que "Qui vous savez" ne le sache pas et surtout :



**AVANT TOUTE UTILISATION DES RCS UTILISER / num
POUR CHOISIR LE MODE DE FONCTIONNEMENT.**

Certains vont penser que ce n'est pas quelques petites poussées aux RCS qui vont avoir une incidence notable sur la mission. Détrompez-vous. En latéral si on se trouve à l'opposé du site d'atterrissage, le décalage peut engendrer à l'arrivée un écart très pénalisant. Par ailleurs, les techniques de rendez-vous prévues par la NASA imposent au CSM d'avoir une orbite parfaitement circulaire. Si vous poussez par erreur dans la direction X'X vous allez altérer cette circularité, surtout si le LM n'est pas accouplé.

Si vous doutez, faites l'expérience suivante : Vous passez en mode translation. Puis en vue extérieure vous provoquez le désarrimage du LM avec **[CTRL] D**. Avec **6 num** vous annulez totalement la dérive entre les deux modules. Puis plaçant la caméra à l'arrière de CSM vous poussez en latéral avec **3 num** durant environ 5 secondes. Augmentez l'écoulement temporel en 10x. Observez l'éloignement du LM et attendez d'avoir fait un demi tour de la Lune sur l'orbite. L'écart constaté est celui qui résulterait de ce genre d'oubli quand le LM va engager sa descente. *Il ne vous reste plus qu'à reprendre l'exercice en cours :*

- Caler au neutre la sphère du FDAI n°2 en cliquant sur le bouton **GDC ALIGN**.
- **V16 N73 E** Pour visualiser sur R3 notre angle d'incidence AOA.

Vous constatez sur le DSKY que notre AOA actuel fait environ + 8°. Pour le vérifier passer en vue extérieure. **[F4] > Visual helpers ... > Forces > ☒ Body force vectors > ☒ Weight > Scale ☒ Linear >** pour visualiser le vecteur poids qui nous montre la verticale. Quand on sera à incidence nulle, vu de côté l'angle avec l'axe X'X du train spatial sera de 90° et l'assiette sera horizontale.

- Avec les RCS piquer avec **2 num** pour faire diminuer la valeur de R3, la manipulation consistant à annuler exactement cette variable. En vue extérieure on pourra alors vérifier la perpendicularité. N'oubliez pas

J'en peux plus, c'est la fin du programme. Faut absolument trouver d'autres gus un tantinet moins nullards. Mais vous le faites exprès c'est obligé ! Tous ces V16, V16, V16 alors que ce n'est pas utile, pourtant on a insisté non ? Quand vous frappez N00, c'est de vous que vous parlez, comme NOUS sommes 00 !!!



C'est lourd, c'est lent, on a l'impression que plus rien ne fonctionne correctement, sauf le roulis. Pourtant les FDAI sont bien à leur sensibilité maximale avec l'inverseur concerné sur la position 511. C'est que l'inertie longitudinale est considérable quand le LM est arrimé au CM. Par contre, en roulis l'inertie se fait moins sentir, car elle ne fait globalement que doubler de valeur. Quand vous aurez vraiment réussi à dominer l'assiette nulle en utilisant ~~V16~~ N73 E, désarrimez avec la commande interdite [CTRL] D. Ouf, le simulateur n'est pas en défaut, le CSM a retrouvé son aisance sur les trois axes, il n'était pas en panne.

Observer tout en bas pour repérer des zones d'alunissage sélectionnées.

(RAPPEL : Dans la dernière version de NASSP il faut penser à éjecter les caches protecteurs)

Chaque mission Apollo circumlunaire était assortie d'une foule d'observations au sol, soit pour préparer la descente du LM, soit pour des expériences diverses, ou encore pour aider à la détermination des futurs sites d'alunissage. Quand le vaisseau est en attitude quelconque, le défilement relatif de la vue dans les télescopes les rend inutilisables. En revanche, si on a en préambule placé le vaisseau en attitude PROGRADE ou RÉTROGRADE, comme nous allons le vérifier, lui imprimer une rotation en cabrage pour immobiliser l'image dans les télescopes s'avère extrêmement facile. Dans le dossier **<Diverses altitudes Lunaires>** vous disposer de plusieurs situations qui vous permettront d'effectuer tout à votre guise ces expériences concernant l'orientation du vaisseau en utilisant les optiques de bord, et ce à des hauteurs variables. Toutes ces scènes nous livrent le vaisseau en attitude prograde pour nous faciliter le travail et surtout nous faire gagner du temps, car actuellement placer le CSM dans cette orientation est devenu une routine rassurante. Chargez la situation **01) CSM autour de la Lune à 50km.scn** dans laquelle le vaisseau se trouve à l'altitude la plus faible disponible, donc la vitesse de défilement relatif y est la plus grande. Dès que la situation est chargée, dans le TÉLESCOPE visez avec **Z, S, Q** et **D** un point singulier sur le sol lunaire pas trop écarté de l'axe TRUNNION.

Puis, par quelques petites touches sur **[2] num** et **[8] num** impulsez une lente rotation en Cabrage de façon à ce que l'image s'immobilise dans l'oculaire.

UNIQUEMENT du CABRAGE complété par Q et D.

On arrive très rapidement à l'immobilité, y compris quand on passe sur le SEXTAN pour affiner. Comme il grossit trop par rapport à la définition des textures, repasser sur le TÉLESCOPE. Plus rien ne bouge, on peut observer en toute quiétude. Tout juste si l'on constate une "dilatation" ou une réduction de l'image, car si la zone reste centrée, la distance varie comme on peut le vérifier sur la Fig74 dans laquelle on observe bien que **B** est plus faible que **A**, elle même plus courte que **C**, le vaisseau circulant sur une orbite d'altitude constante **H**.

La variation de l'angle de pointage par rapport à la verticale locale n'est pas linéaire, il sera donc nécessaire de corriger par petites impulsions au fur et à mesure que l'on s'approchera ou que l'on s'éloignera du lieu observé. Mais dans tous les cas l'ajustement reste facile ... encore que ! (Voir P97)

Lorsque l'immobilité de l'image est obtenue dans la vision télescopique, par curiosité passez en vue extérieure. Le vaisseau effectivement tourne assez rapidement par rapport aux étoiles, mais pointe constamment le même point au sol. C'est parce qu'au départ nous étions bien en orientation PROGRADE (Ou RÉTROGRADE) qu'une rotation indépendante sur le cabrage est suffisante pour stabiliser le défilement apparent. Naturellement, cette expérience n'est pas spécifique au CSM Apollo, elle restera applicable pour tout autre vaisseau autour de n'importe quel astre. Donc procédure à ne pas oublier. Dans cette expérience, nous avons cherché à obtenir le pointage constant du vaisseau vers un point précis du sol. On obtient facilement cette propriété en donnant à notre astronef une rotation ajustée en cabrage. Dans un ordre d'idée tout à fait analogue, on peut aussi vouloir obtenir une attitude constante lors du déplacement en orbite, c'est à dire un angle de cabrage constant par rapport à la trajectoire du vaisseau. Comme cette éventualité sera très souvent mise à contribution au cours d'une mission, les ingénieurs de la NASA ont prévu le dispositif ORDEAL spécifiquement dédié que l'on expérimentera plus tard.

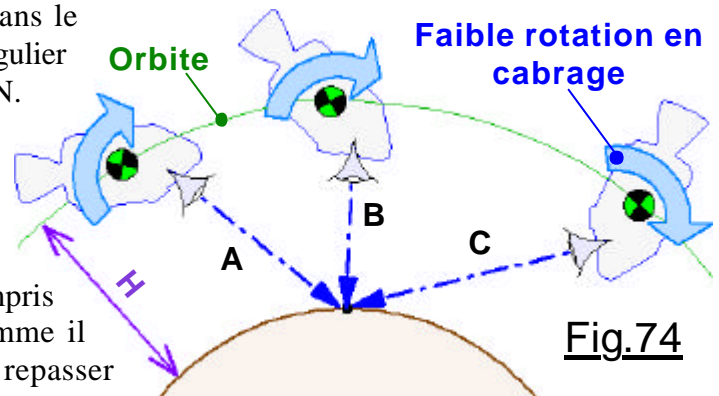


Fig.74

LES TÉLÉCOMMUNICATIONS RADIO :

Histoire de nous aérer un peu les neurones, changeons provisoirement de sujet. Sans des vacations radio permanentes entre la Terre et le train spatial en orbite ou perdu entre la Terre et la Lune, les missions Apollo seraient impossibles. Un flot de données continu est échangé entre les "consoles techniques terrestres" et le CM. Non seulement les ingénieurs ont une vision permanente de ce qui se passe à bord, mais également un suivi strict de la bonne santé des équipages, ce qui conditionne la sécurité de la mission. Les échanges vocaux entre CAP COM et le CM sont pratiquement ininterrompus, mis à part les périodes de repos des astronautes ainsi que les phases de rupture des communications. (*CSM derrière la Lune par exemple*) Dans NASSP tout ce qui relève du vocal est "ignoré" ce qui se comprend parfaitement car il faudrait imiter CAP COM en temps réel. Toutefois certains aspects concernant la télémétrie ont été émulés. Nous allons tester un échange d'informations entre le sol et le vaisseau en partant par exemple de la situation **29bis) Fin du lancement.scn**. Nous allons effectuer un téléchargement de données vitales pour les systèmes de navigation de bord. Le lancement vient de s'achever et les nombreuses stations radar au sol ont permis de déterminer par triangulation dynamique le VECTEUR D'ÉTAT actuel. Par la magie des stations de poursuite, CAP COM nous a informé qu'une transmission est requise et nous donne la consigne d'activer la procédure de transfert. On ouvre donc le manuel **EXPLOITE DSKY.pdf** en Page 41 pour suivre la procédure **P27 >>> Mise à jour automatique du VECTEUR D'ÉTAT**.

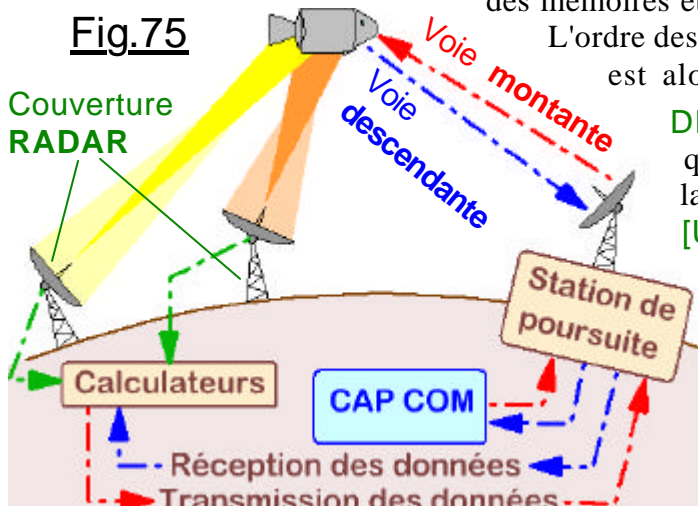
Téléchargement de données numérique par la voie montante.

Dans tout système de télécommunication intégrant un satellite on retrouve les notions de voie **montante** et voie **descendante**. Dans notre cas, comme montré sur la Fig.75 le satellite n'est pas autre chose que le train spatial ou l'un de ses éléments. On va activer le processus automatisé qui va faire transiter les informations des calculateurs de la NASA dans la mémoire vive du calculateur de bord. La première action consiste à rendre disponible le CMC avec la consigne classique **V37 E 00 E**. Puis on ouvre le MFD **Project Apollo** qui va avec le bouton **TEL**, d'une certaine façon remplacer des systèmes de communication. En fait, au lieu de puiser les données dans les mémoires des ordinateurs de la NASA il va s'informer directement "dans Orbiter". Il faut au préalable préciser le module concernée avec le bouton **SRC** si en bas à gauche du MFD ce n'est pas le bon. Dans notre cas la seule "entité pilotable" est **AS-205** 🐦. Cliquer une première fois sur le bouton **SV** fait afficher la **Check-list**. On commence par valider les systèmes de bord pour qu'ils acceptent les données de la voie montante en passant l'inverseur 2 : **[UPTLM] sw CM sur ACCEPT** et 122 : **[UPTLM] sw BLOCK sur ACCEPT**. Le canal radio doit véhiculer des informations numériques : L'inverseur 3 : **[UP TLM] sw UP VOICE BU** est placé sur **DATA**. Enfin, le codage et le débit des données sera fonction du niveau de réception. Si on est dans de bonnes conditions, un débit rapide peut être accepté. Dans le cas contraire on va privilégier une transmission plus lente mais également plus redondante. Dans notre expérience, étant proche de la Terre on peut sans risque privilégier la position **HIGH** de l'inverseur 3 : **sw PCM BIT RATE**. Quand poursuivant les items de la check-list on clique une deuxième fois sur le bouton **SV** du MFD on déclenche le processus de transfert des données. Le MFD le signale par affichage de **CONNECTED** mais surtout le témoin **UPLINK ACTV** du DSKY s'allume pour nous informer d'une occupation du canal radio numérique et que **l'ordinateur reçoit des données depuis le sol**. Sur le DSKY en mode **P27 V24 N04** on voit sur le registre R3 défiler les références des mémoires et sur la ligne de R1 le contenu des valeurs à y logger.

L'ordre des données change depuis 304 jusqu'à 324. Le transfert est alors interrompu confirmé par le MFD qui affiche

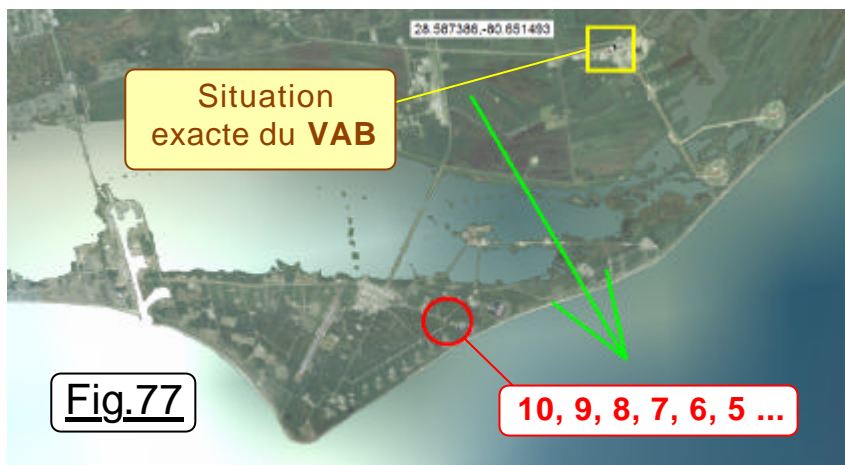
DISCONNECTED. Le témoin **UPLINK ACTV** s'éteint précisant que le calculateur est à nouveau disponible. On termine la check-list en interdisant de nouvelles données sur **[UPTLM]**. On replace également **PCM BIT RATE** sur

LOW pour assurer un maximum de fiabilité dans les transferts si un échange était initié à notre insu. Le programme P27 a été automatiquement invoqué sans intervention spécifique de notre part, procédure en fait activée par la commande **SV** sur **Project Apollo** MFD. En fin de transfert il y a retour à P00.



Retour sur l'utilisation des télescopes pour observer le sol :

Lorsque nous avons abordé cette facette des vols spatiaux en page 95 dans le chapitre *Observer tout en bas pour repérer des zones d'alunissage sélectionnées*, nous avons trouvé assez facilement la technique pour stabiliser la cible observée au sol dans le champ de l'oculaire. En préambule on plaçait le vaisseau en attitude PROGRADE, ce que maintenant nous maîtrisons, puis, par un faible taux de rotation en cabrage on arrivait rapidement à l'immobilité de l'image dans l'optique de bord. En réalité il y a un peu tromperie sur la marchandise, car je vous invitais à pointer quelques "pixels" différents des autres sur le sol lunaire. En revanche, si l'on veut vérifier que Tante Gertrude a bien étendu son linge pour le faire sécher au Soleil, (*Traduisez : Observer un détail précis et de petites dimensions*) l'entreprise s'avère d'une toute autre difficulté comme on va s'en rendre compte dans ce qui suit. Le problème vient du fait que cette fois l'on va tenter d'observer un détail vraiment précis au sol en utilisant le SEXTANT et son pouvoir de résolution. C'est bien plus délicat que de stabiliser un paquet de gros pixels quelconques. Cet exercice au passage va nous permettre d'imaginer la difficulté que présente l'observation de petits détails au sol quand les astronautes sont dans ISS par exemple. Mais il faut s'entraîner à ce type d'expérience, car ces manipulations vont en réalité nous préparer à des manœuvres plus délicates : **L'utilisation de la procédure P22** pour recalibrer la centrale inertielle lors d'un vol orbital à basse altitude.



Quelle Tante Gertrude allons-nous espionner depuis notre perchoir orbital ?

Concrètement, le plus simple sera encore de chercher à repérer au sol une zone dont nous connaissons parfaitement les alentours et que nous avons survolé à maintes reprises et que l'on peut nommer dans *Map MFD* pour y placer un jalon sur la carte défilante standard dans *Orbiter*. Plus précisément, je vous propose de localiser la zone du VAB, (*Vehicle Assembly Building*) l'immense bâtiment dans lequel est assemblée le monstre Saturn V avant d'être déplacé sur le pas de tir. La première étape consiste à bien le situer à *Cape Canaveral* qui sera désigné éventuellement comme *TGT* sur *Map MFD*. Charger une



situation de lancement quelconque. Si vous utilisez Apollo 7 patientez pour que la région soit éclairée encore que ce ne soit pas fondamental. Passez en vue extérieure et en vue plongeante sur la fusée. La Fig.77 nous permet sans problème de situer dans le cercle rouge le pas de tir, et dans le petit carré jaune l'endroit précis où se trouve le VAB. Après avoir réussi à situer cet immense bâtiment qui vu de l'orbite sera tout plein plein petit minuscule, éloigner la caméra comme montré sur la Fig.78 qui est assez représentative de ce qui sera discernable avec le TELESCOPE ou en vue directe par les

hublots. Une différence toutefois va singulièrement compliquer les choses : L'orientation sera différente et surtout l'image défile rapidement dans le visuel. Dans le SEXTANT, c'est presque dramatique. Il ne nous reste plus qu'une solution : Travailler et travailler encore dans le simulateur jusqu'à ce que nous y arrivions presque naturellement. Nous serons alors capables de tenter cette sacrée procédure P22 du CMC.

Pour quelle raison ORDEAL n'est-il pas très pertinent dans ce type d'observation ?

Pilotes déjà confirmés sur matériels Apollo, nous avons bien compris que l'on devra placer le vaisseau en orientation PROGRADE et qu'une simple rotation lente en cabrage va nous permettre de maintenir la cible dans la croisée du réticule. Et bien ce n'est déjà pas suffisant ! En effet, tentez d'observer une cible qui n'est pas directement dans le plan orbital et vous allez constater que sa position latérale

engendre une difficulté supplémentaire pour maintenir son centrage dans les optiques. C'est la raison pour laquelle je vais vous faciliter grandement vos premiers pas en vous proposant une situation qui nous fait passer bien à la verticale de notre cible. (*Sympa Tante Gertrude !*) Le système ORDEAL est conçu pour maintenir le vaisseau dans une attitude constante par rapport à la verticale locale, par exemple le nez toujours pointé vers le sol pour en admirer "le défilement" face aux hublots. Le mot clef dans cette phrase anodine c'est DÉFILEMENT. Hors c'est exactement l'inverse qui nous intéresse, l'immobilité. Donc, on oublie ORDEAL, et à nous de jouer comme des grands en appliquant ce que nous avons appris à faire dans le chapitre *Observer tout en bas pour repérer des zones d'alunissage sélectionnées*.

Pointer n'est pas jouer !

Compte tenu de notre savoir faire en pilotage des rotations et l'usage des télescopes, c'est avec un sourire détendu que l'on fait un petit signe aux ingénieurs qui gèrent le simulateur. Ils gavent l'ordinateur de cette machinerie avec le protocole **30) Tester P22.scn**. Pour le plaisir, passez en vue extérieure et prenez de la hauteur au dessus du CSM. Il est déjà parfaitement ailes à plat en PROGRADE et si vous laissez faire vous allez constater que l'on survole le VAB pratiquement à sa verticale. Pas tout à fait, "notre trace au sol" est représentée sur la Fig.77 par la flèche verte. Sympa les ingés du simu non ? Bon, c'est bien beau le tourisme, mais il faut aussi gagner notre salaire. On recharge la situation **30) Tester P22.scn** et cette fois on reste dans le vaisseau. Immédiatement on passe sur le TÉLESCOPE à balayage et on "monte" rapidement la visée avec la touche **Z** du clavier jusqu'à observer le rivage sur lequel est située notre cible au sol. Deux petites touches sur **I num** pour vérifier que les RCS sont actifs en mode rotation. (*Il vous a mâché le travail le Nulentout cette fois !*) Une ou deux petites impulsions sur **2 num** et **8 num** pour stabiliser la vue dans l'oculaire et il n'y a plus qu'à admirer. Fastoche non ?

Pour achever cette brillante démonstration de notre performance, on passe sur le SEXTANT et ... nom d'une pipe, mais ça défile, ça se faufile, ça file ... quelle galère ! On a voulu stabiliser l'image avec les RCS comme nous l'avons fait pour le TÉLESCOPE, nous avons en fait commis l'erreur connue des copains sous le vocable NOGOODTOUPIE. Immédiatement on a perdu le site, et le temps de le retrouver ce sera trop tard. Interdit de sortir du vaisseau, pour le retrouver, pas de triche les copains. Mince, corne de Gidouille c'est fichu. Loupé de chez Tatouraté. Il n'y a plus qu'à demander aux ingénieurs de nous relancer le protocole. Cette fois on va procéder avec plus de méthode :

- On capture la cible grossièrement avec le TÉLESCOPE à balayage et on stabilise la vue avec les RCS très rapidement sans chercher la perfection. Il ne faut pas y passer trop de temps, on fonce sur l'orbite et "tout fiche le camp ma brave dame". Donc stabilisez globalement et passez immédiatement sur le SEXTANT l'inverseur **SPEED** étant sur **MED**.
- Dans le champ de l'oculaire du SEXTANT **stabilisez l'image verticalement au moyen des RCS** en faisant varier le taux de cabrage et non avec l'axe TRUNNION car il n'évolue pas assez rapidement.
- Ce ne sera pas suffisant, car ne passant pas exactement à sa verticale notre cible va se sauver sur le coté et il faudra conjointement **cadrer latéralement avec l'axe SHAFT** par utilisation des touches **Q** et **D**.

Avez- vous observé à quel point s'avère éphémère la "fenêtre" d'observation d'un détail situé au sol ? La rapidité avec laquelle il faut réagir

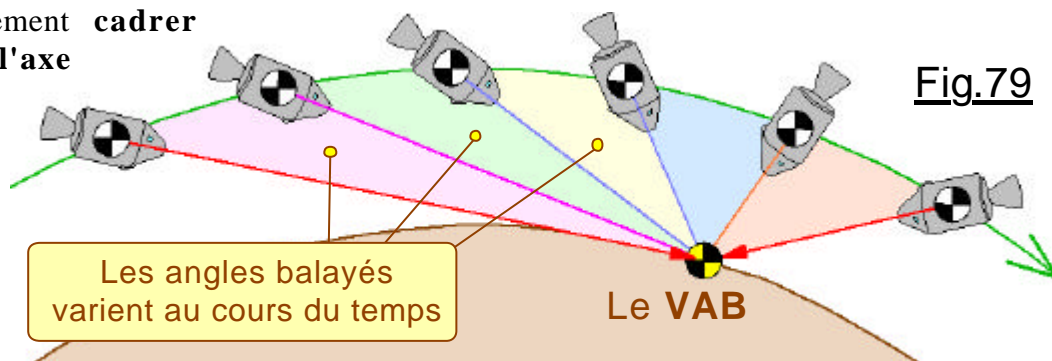
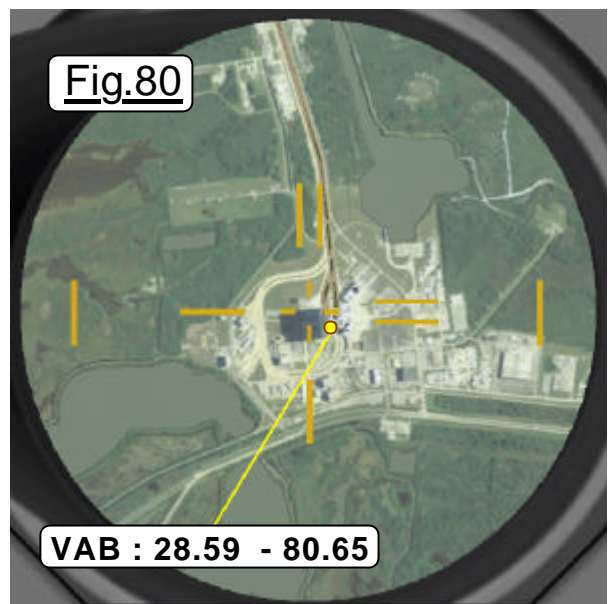


Fig.79

et surtout ne pas croiser les commandes ou se tromper dans leur sens d'action ? Il va falloir s'entraîner un certain nombre de fois avant de pouvoir espérer une forte probabilité de réussite. Ce sera indispensable si l'on veut utiliser plus tard la fonction P22 qui impose cinq centrages à dix secondes d'intervalles. C'est chaud de chez Pafastoche, mais avouez que c'est assez fascinant de pouvoir reconnaître d'aussi haut un lieu qui nous est familier. La Fig.79 ci-dessus nous montre clairement que le vaisseau parcourant des intervalles égaux sur son orbite, l'angle balayé verticalement change en permanence, voilà pourquoi on ne peut stabiliser avec une vitesse constante en "PITCH".

Exercice sur la fonction P22 avec observation d'une cible au sol :

Il n'est pas inutile d'ouvrir la Check-list relative en Page 35 du manuel de vol d'Apollo si nous n'avons pas au préalable saisi le fondement de ce programme du calculateur de bord. Alors on commence par étudier sagement et en détails le chapitre **NAVIGATION PAR OBSERVATION DU SOL** en page 45 du document **TECHNOLOGIE 2.pdf** qui résume de façon très simplifiée le but du programme. Pour illustrer ce propos nous allons choisir comme cible au sol le VAB que nous nous sommes entraînés à collimater dans les télescopes de bord. Ainsi une partie du travail nous sera déjà familière. C'est encore avec la situation **30) Tester P22.scn** que nous allons expérimenter P22. La Fig.80 nous montre qu'effectivement on peut parfaitement arriver à centrer notre jalon à la croisée du réticule du SEXTANT, mais avec pas mal d'entraînement. Tant que la cible est loin vers l'horizon on arrive assez facilement à la conserver dans le champ des optiques, mais plus on s'en approche et plus la



la dérive s'amplifie. Il faut faire varier les options de **SPEED**. Cette fois on doit aussi engager la fonction P22 du CMC, et configurer quelques inverseurs, mais la scène nous place assez loin et nous octroie un délai suffisant. Toutefois, si l'on ne veut pas se faire déborder il serait préférable de parcourir la check-list de P22 dans la Page 35 du manuel de vol **EXPLOITE DSKY.pdf** pour s'imprégner de ce qu'il va falloir enchaîner promptement, et vous allez rapidement constater que ce n'est malgré tout pas gagné d'avance.

Interprétation de la première donnée du programme P22.

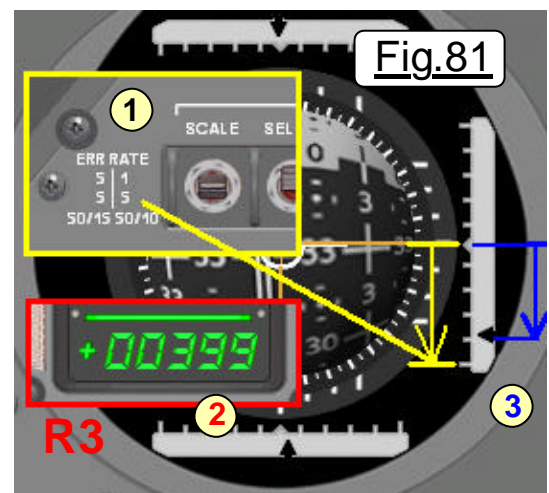
Abstruse est la check-list de P22, c'est le moins que l'on puisse dire. C'est du reste le cas pour une bonne partie des programmes du CMC raison pour laquelle un entraînement à leur utilisation est incontournable. Dès que la situation est validée, en quelques secondes on a configuré le FDAI et activé sur le CMC le programme de vérification de la navigation par observation du sol :

- 1: **[FDAI]** sw **SCALE** sur **515**. (*Ajuste l'échelle des taux de déviation à 5° par seconde sur le FDAI*)
- 122 : sw **MODE** sur **MANUAL**.
- 122 : **[CONTROLLER]** sw **SPEED** sur **MED**.

V37 E 22 E P00 V06 N45
+00399 (R3)

Comment interpréter l'information sur R3 ? Dans ce but nous allons nous livrer à une petite expérience. Pour simplifier, on va rester sur le TÉLESCOPE dont l'ouverture angulaire est plus grande. Avec SHAFT, donc les touches **Q** et **D**, vous maintenez globalement le VAB au centre, et par petites impulsions vous faites piquer progressivement le CSM pour maintenir la stabilité du pointage. Plus la cible grossit dans le champ, plus il faut augmenter le taux de rotation. Puis arrive l'instant critique où le processus s'inverse et où il faudrait agir en cabrage dans l'autre sens. N'en faites rien. Observons alors l'un des deux FDAI qui

indique notre vitesse de rotation actuelle en cabrage, la Fig.81 représentant ce que vous devez constater sur votre écran. Sur l'échelle de PITCH on note que la flèche bleue **3** met en évidence une déviation de presque quatre graduations. En **1** nous avons placé l'inverseur en position centrale donc la déviation totale représentée par la flèche jaune correspond à une vitesse de rotation de 5°/s. On en déduit que le vaisseau actuellement gire aux environs de 3,9°/s. C'est la valeur qui était annoncée comme vitesse maximale sur le registre R3 du DSKY et montré dans l'encadré rouge **2**. La définition trouvée sur Internet pour ce paramètre n'est pas claire du tout. Ce que je propose ici n'est qu'une interprétation personnelle. J'avoue que je ne vois pas trop en quoi cette prédiction peut nous aider à conduire un recalage de navigation avec P22 si ce n'est nous prévenir éventuellement d'une rotation trop rapide. On va maintenant tenter d'utiliser entièrement la procédure, et vous allez voir que sur le plan opérationnel ce n'est pas aisé du tout.



Mise en œuvre du programme P22. (Réaliser le tutoriel en relation avec la Check-list en P35)

Inccontournable préambule, nous rechargeons la scène **30) Tester P22.scn** et reconfigurons le vaisseau comme il se doit, mais cette fois c'est l'ensemble de la procédure que nous allons appliquer. Avant de nous retrouver en orbite, dépassés par les événements, il nous faut préparer les éléments de la saisie quand l'ordinateur va nous demander les coordonnées de notre jalon situé au sol. La Fig.80 (*Sur laquelle en plein centre on reconnaît l'ombre caractéristique portée par le gigantesque bâtiment*) nous rappelle les coordonnées de cette construction. Comme altitude nous indiquerons **+00000** vu qu'elle se trouve sur la sphère sans relief du géoïde terrestre. N'oubliez pas que les valeurs à fournir sont en millièmes de degré ce qui pour la latitude donnera **+28590**. Pour la longitude on doit également multiplier par 1000, **mais surtout diviser par deux** (*Pour rester dans la plage 0 / 90°*) comme imposé dans les protocoles de la NASA. La valeur à fournir sur le DSKY sera donc de $-80,65 \times 1000 / 2 = -40330$. Nous sommes prêts pour l'aventure. Dès que la scène est activée configurez rapidement le vaisseau, puis avec **V16 N91 E** vérifiez que SHAFT et TRUNNION sont à **+00000** tous les deux. Puis positionner 122 : **sw MODE** sur **MANUAL** et **sw SPEED** sur **MED**. Engagez immédiatement le programme P22 avec **V37 E 22 E** et sautez la première information qui ne nous semble pas fondamentale avec **P**. Le programme nous demande alors les coordonnées de la cible en affichant **P22 ~~V06-N89~~**. On les lui fournit immédiatement :

V25 E +28590 E -40330 E +00000 E

MARK pour observer dans le TÉLESCOPE et orienter alors l'axe TRUNNION pour acquérir notre cible le plus rapidement possible, **P** et illico-presto stabiliser avec les RCS en cabrage. Lors des premières expériences vous pouvez tricher et passer en ralentissement temporel x0.1 car tout va aller très (*trop*) vite. N'oubliez pas que vous stabilisez en "hauteur" avec la main droite sur **8 num** et **2 num** et le recentrage latéral avec **Q** et **D** en main gauche. C'est sportif, ceux qui savent jouer du piano-forté seront avantagés ! Vous devez "MARKer" cinq fois en cascade en laissant entre chaque pointage un délai suffisant. Les pointages ne seront pas faits avec le bouton virtuel **MARK**, car vous n'aurez pas le temps de prendre la souris, de cliquer, et de revenir au clavier. C'est donc la touche **A** qui enregistrera les repérages. C'est de loin cette phase des cinq marquages qui va vous donner des tourments. Ne cherchez pas la perfection du centrage, c'est inutile. Il faudra refaire plusieurs fois cet exercice pour y arriver. Mais alors ... quelle satisfaction. Quand on aura effectué les cinq enregistrements, le dernier **A** génère l'affichage de **P22 ~~V50-N25~~** avec la valeur **+00016** dans R1 qui signifie la fin de la séquence de pointages. **P** fait passer à la suite où par défaut le programme utilise l'option **+00014**. Comme on désire imposer l'option qui correspond à une **visée d'un point connu** au sol, on doit la changer par : **V22 E 10000 E** suivi de **P** pour faire passer le programme à la suite. L'affichage de **P22 ~~V06-N89~~** est suivi du rappel des trois coordonnées qu'il va prendre en compte dans les calculs. Il est peut être utile à ce stade de vérifier qu'une erreur de saisie n'a pas été commise. Encore **P** pour valider, qui sera suivi de **COMP ACTY**. Le calculateur triture ses équations. Puis il compare au vecteur d'état actuel et nous informe des différences constatées par **P22 ~~V06-N49~~** suivi des deux informations dans R1 et R2. Si ces valeurs sont presque nulles, tout va bien et l'on peut passer à d'autres activités à bord. Par contre, si on constate une différence significative, il n'y a plus qu'à réaliser une procédure de recalage en invoquant le programme P52. La fin de cette manipulation consiste à replacer le calculateur en attente d'instruction, ou éventuellement de le mettre en veille.

Dans cet exercice nous constatons pour le vecteur position une erreur grossière qui n'est pas vraisemblable dans la réalité. Elle signifierait non plus une dérive normale de l'IMU, mais un dysfonctionnement certainement très sérieux. En fait, cette situation n'est pas issue d'un vol "linéaire" depuis le lancement, mais d'un bricolage dans certaines valeurs du fichier scène pour placer le vaisseau dans des conditions idéales pour expérimenter cette fonction du DSKY. Oubliez-donc ce résultat anormal. Le vocable *Exercice* implique en général "simplicité". Il peut vous sembler que ces manipulations ne sont pas spécifiquement élémentaires. C'est vrai. Elles imposent pour les réaliser une bonne habitude pour orienter le vaisseau avec les RCS, une parfaite maîtrise des optiques de bord et une utilisation quasi naturelle du DSKY. Mais n'oubliez pas qu'ici une bonne partie du travail a déjà été faite à votre place. Le choix d'un jalon repérable au sol, la mise en attitude PROGRADE du vaisseau sans avoir bloqué l'IMU dans la zone rouge etc. Il s'agit donc bien d'un exercice. Ceci dit, tout ce qui était déjà préparé dans la scène utilisée ne relève finalement que d'enchaînement préalablement réussis d'autres exercices. NASSP n'est au fond qu'une succession d'actions élémentaires qui mises bout à bout aboutissent à une mission complète. C'est précisément là que se situe la "routine" des astronautes. S'entraîner, s'entraîner encore et encore et

La base de la Tranquillité :

👉 **Commencer par lire le complément tardif ajouté en page 208.** 👈

C'est pour nous une récompense, la cerise sur le gâteau. Nous avons pas mal transpiré dans le simulateur pour arriver à surmonter les innombrables difficultés auxquelles se confrontent les astronautes en orbite quand ils doivent observer avec précision des détails au sol. Cette facette du vol orbital était de toutes les missions, et tout particulièrement quand l'homme a osé quitter le giron protecteur de notre planète. En chargeant **31) Base de la tranquillité.scn** vous vous retrouvez à bord d'Apollo 11, les premières orbites doivent impérativement conduire à un alignement du plan avec le lieu prévu pour l'alunissage. L'orbite doit obligatoirement être circulaire, condition qui à la remontée du LM va permettre d'effectuer le rendez-vous. La scène chargée respecte ces critères, avec une aide dans cet exercice par l'utilisation autorisée de **Map MFD** sur lequel le site d'alunissage est présent dans les éléments visualisés.

Toutefois, avant de se faire plaisir, il faut remplacer les gros pixels du sol lunaire par des textures plus détaillées, car la surface "native" de la zone dans Orbiter est très grossière. Il se trouve qu'un complément sur <http://www.orbithangar.com/searchid.php?ID=5205> vient combler cette lacune. Merci à son auteur **dmitrr** de nous avoir réalisé ce complément pour la version 2010 de notre simulateur favoris. Comme montré sur la Fig.82 j'ai transformé l'ADD-ON en une MOD pour l'installateur JSGME, mais ce n'est naturellement pas indispensable. Je n'ai surtout installé que la texture structurée dans l'encadré rouge, préservant dans le répertoire **<Non utilisé>** les scènes fournies et les deux sous-dossiers **<Flight>** et **<visosad>**. Une fois installée cette belle texture, les télescopes de bord deviennent justifiés pour arriver à repérer le site d'atterrissage lors du passage à sa verticale qui doit confirmer visuellement le bon alignement des plans, car à cette époque les vérifications de ce type étaient incontournables pour garantir la crédibilité de chaque phase achevée lors de la mission. Le feu vert n'était donné à l'action suivante que si toutes les comparaisons "croisées" avec la Terre étaient concordantes.

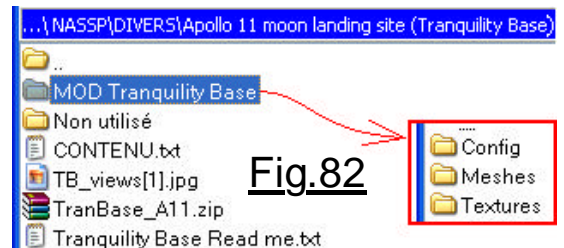



Fig.82

(NOTE : Avec la dernière version de NASSP le LM gêne par sa présence face aux optiques)

Comme pour toute observation au sol avec les télescopes, on va se heurter aux difficultés inhérentes à ce type de procédure. Dans un premier temps nous allons utiliser l'intégralité des facilités apportées par Orbiter. Puis, quand nous aurons la "carte au sol" bien en tête, il faudra alors passer en conditions réalistes et refaire cette expérience sans **Map MFD** et sans les jalons au sol apportés par **Visual helpers ...**. Quand on charge **31) Base de la tranquillité.scn** le train spatial se trouve à une hauteur de 200 km ce qui nous facilite la tâche car nous orbitons avec une célérité relativement faible. On domine le relief, le site est donc visible de très loin. Notez au passage qu'avec la touche  sur tableau 122 on visualise les deux MFD ce qui permet de surveiller **Map MFD** tout en restant à proximité des oculaires.

Pour augmenter nos chances de repérer la zone on va utiliser la "triche" ultime et prohibée :

[F4] > **Visual helpers ...** > **Planetarium** > ☒ **Planetarium mode (F9)** > et ne cocher que ☒ **Surface bases**.

Avec cette aide il sera vraiment élémentaire de repérer notre cible. Avec **Z** cadrez rapidement la région dans le télescope puis immédiatement faire piquer le vaisseau pour stabiliser le défilement. Il ne faut pas

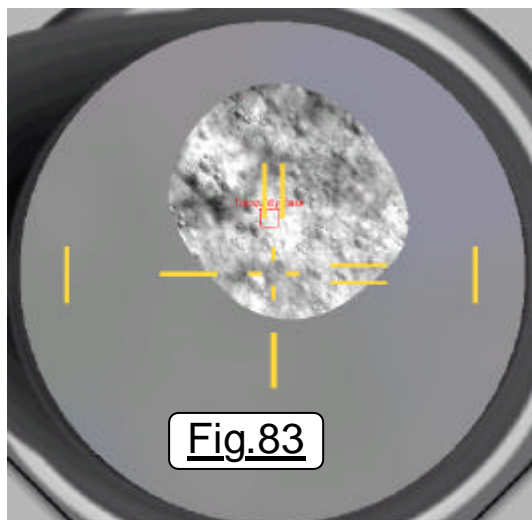


Fig.83

lambiner car l'inertie du train spatial est considérable et l'on a déjà constaté que les RCS se montrent poussifs. Quand on se trouve à une proximité qui commence à permettre des détails dans le sextant, comme montré sur la Fig.83 on remarque aisément la "lentille" rapportée sur les textures standard d'orbiter. C'est une facilité supplémentaire que n'avaient pas l'équipage à l'époque. Avec **8 num** et **2 num**, **Q** et **D** on arrive aisément à stabiliser le lieu dans le sextant. Passez de temps en temps dans le télescope pour bien repérer globalement la position du site. Une fois au point, recommencez cette expérience en supprimant toutes les aides interdites dans NASSP et revivez ces moments intenses pour l'équipage durant lesquels à bord on envisageait avec confiance le premier débarquement humain sur notre satellite. Du pur bonheur pour les douze rares élus que l'on peut compter "sur les doigts des deux mains" ...