

LE VAISSEAU MERCURY

Pour des raisons de mise en page, la Fig.2 et le détail de la cabine du vaisseau Mercury sont insérés en bas de la page 5 de ce descriptif. Les systèmes explicités à partir de la volumineuse documentation qui accompagne l'ADD-ON **MERCURY project v5** sont globalement placés dans l'ordre des thèmes abordés dans le tutoriel.

- 1 : Flèche aérodynamique.
- 2 : Réserve énergétique d'extraction.
- 3 : Tuyère d'évasion.
- 4 : Fusées de séparation de la tour de sauvetage.
- 5 : Tour d'éloignement. (Pare flammes).
- 6 : Parachute primaire. (1,8m de diamètre)
- 7 : Scanners I.R. d'horizon.
- 8 : Gaine aérodynamique.
- 9 : Servomoteurs de LACET.
- 10 : Périscope d'observation.
- 11 : Paroi double sous pression.
- 12 : Servomoteurs de ROULIS.
- 13 : Bouclier thermique.
- 14 : Trois rétrofusées.
- 15 : Fusées de séparation Capsule / Lanceur.
- 16 : Attaches des rétrofusées.
- 17 : Réservoir d'Hydrogène.
- 18 : Couchette personnalisée.
- 19 : Mini-manche de contrôle d'assiette.
- 20 : Tableau de bord principal.
- 21 : Commande d'abandon de la mission.
- 22 : Recouvrement ondulé.
- 23 : Longerons en titane.
- 24 : Parachute principal et de secours. (19,2m de diamètre)
- 25 : Servomoteurs de TANGAGE.
- 26 : Réservoirs d'Hydrogène.

FICHE TECHNIQUE.

Hauteur hors tout : 7,9 m.

(Avec tour de sauvegarde et flèche aérodynamique)

Largeur au bouclier thermique : 1,89 m.

Masse au lancement incluant la tour d'évasion : 1934 Kg.

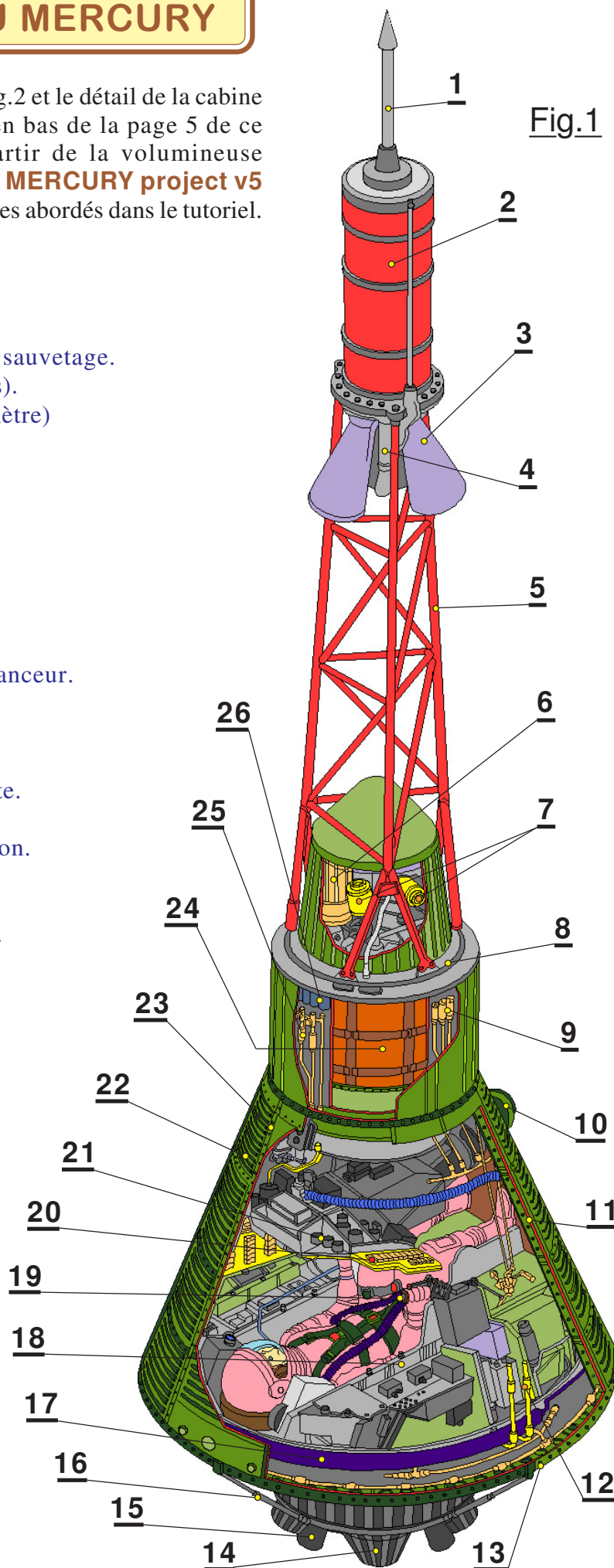
Masse en orbite : 1355 Kg.

Masse à l'atterrissage : 1130 Kg.

Freinage initial obtenu par un parachute primaire. Fin du freinage par un parachute principal doublé d'un parachute de secours.

Coussin d'amerrissage avec jupe en fibre de verre vulcanisée formant coussin pour amortir l'impact final. Capsule assurant sa flottabilité et sa verticalité une fois le parachute principal largué.

Fig.1



LES SYSTEMES ELECTRIQUES.

L'alimentation électrique du vaisseau est composée de trois batteries principales de 3KWh chacune, de deux batteries de secours (STANDBY) de 1,5KWh et d'une batterie isolée de 1,5KWh. Elles fournissent du courant continu (DC) aux différentes lignes d'alimentation électrique (Bus) à une tension nominale de 24 volts. Un voltmètre permet de mesurer la tension disponible sur les diverses batteries.

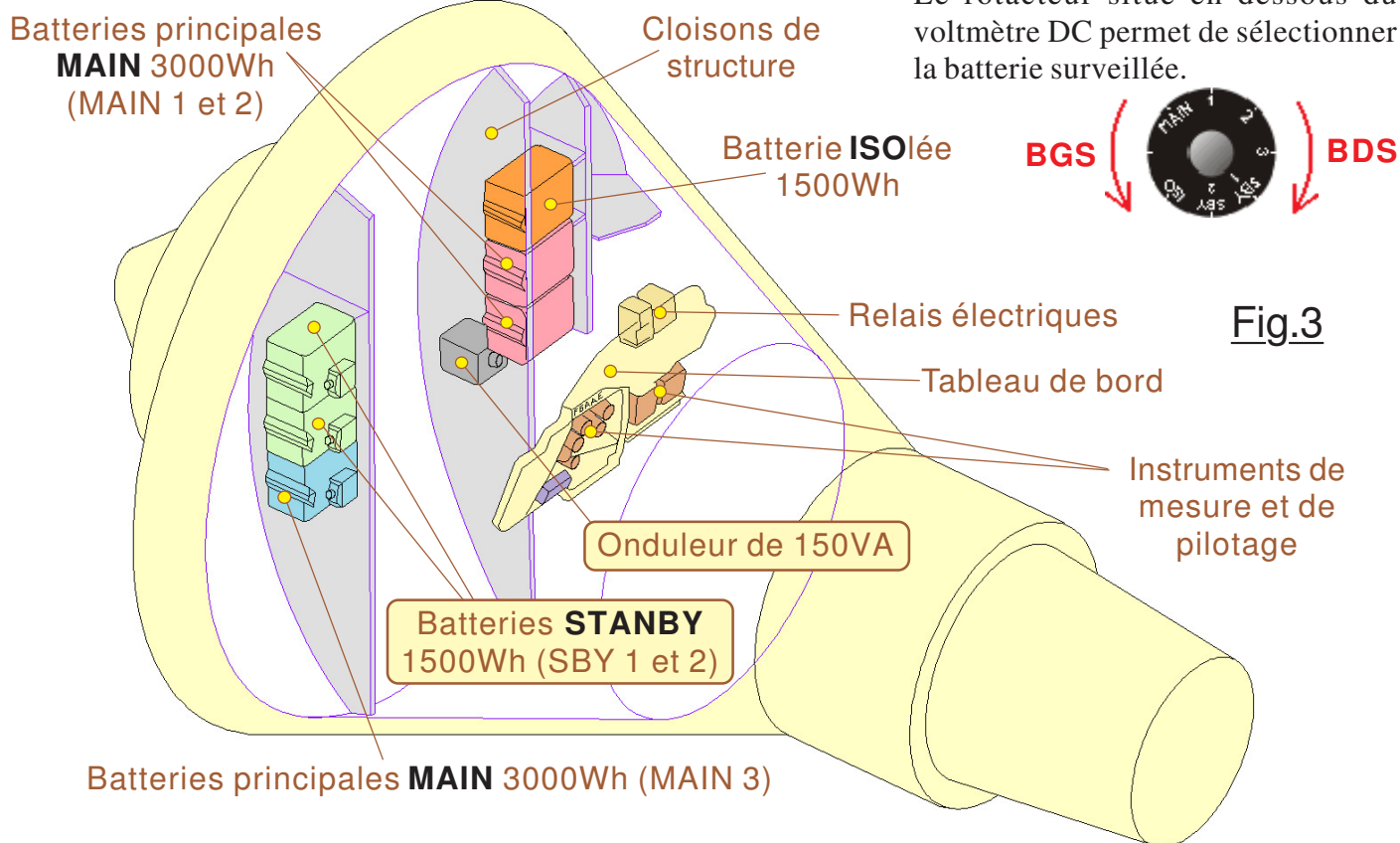
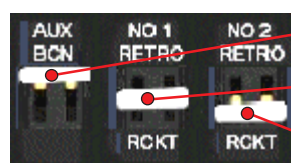


Fig.3

COMMUTATEURS FUSIBLES.

L'énergie est distribuée aux différents circuits électriques à travers des fusibles de protection. Certains de ces fusibles sont doublés pour des raisons de sécurité. Inverseur placé au centre la ligne est sur OFF.

Vers le haut en position **1** avec le **BGS** on est en alimentation normale. Vers le bas en position **2** avec le **BDS** on met en service le fusible de secours.



Position normale.
Système coupé.
Fusible d'urgence.

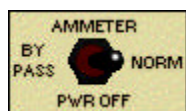
COURANT CONTINU. (DC)

Le rotacteur permet de visualiser la tension et le courant présents sur les différentes sections électriques. **MAIN** mesure les bus principaux d'alimentation en DC, **1, 2 et 3** commute sur les trois batteries principales. **SBY 1** et **SBY 2** passe sur les batterie de secours, et **ISO** sur la batterie isolée.

La **batterie isolée** nommée **ISO** est utilisée pour alimenter le bus des dispositifs pyrotechniques de la capsule Mercury, l'allumage des rétrofusées, et sur certains problèmes, en urgence l'ensemble des radios. Un ampèremètre est utilisé pour indiquer le courant véhiculé par les divers bus quand la capsule Mercury est sous tension. L'ampère sur position **MAIN** indique le courant total de décharge de la batteries sur les divers bus. *Quand il faudra gérer l'énergie durant les missions de longues durées, il conviendra de couper les systèmes non utiles pour préserver la longévité des batteries en observant l'intensité du courant consommé.*



REMARQUE : La tension (VOLTS DC) précise si une ligne est en énergie, elle est significative de l'état de charge de la batterie. Le courant (AMPS DC) représente la consommation. Plus elle est importante, plus la batterie se décharge rapidement.



L'ampèremètre consomme une petite quantité d'énergie pour fonctionner. On peut le désactiver en plaçant son commutateur sur **BY PASS**. On peut couper entièrement l'ensemble du circuit principal DC en le plaçant sur **PWR OFF**.



Quand **STBY BTRY** est placé sur **ON**, le bus principal DC est commuté sur les batteries de secours SBY.



En cas de problème sur la batterie isolée, on peut basculer les circuits qu'elle alimente en plaçant **ISOL BTRY** sur la position **STBY**.



Les circuits AUDIO en cas de problèmes d'énergie peuvent être réunis à la batterie isolée en configurant **AUDIO BUS** sur **EMER**.



Dans Mercury, un inverseur **WARN LIGHTS** permet de doser l'intensité lumineuse des témoins d'alerte et d'état de la séquence de tir. L'inverseur est modélisé mais n'a aucun effet dans Project Mercury v5.



Une caméra est disposée derrière l'astronaute et filme le tableau de bord pour enregistrer le vol. L'inverseur **PHOTO LIGHT** modifie l'éclairage pour la prise de vue. Seule la consommation électrique est émulée dans Project Mercury v5.



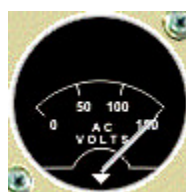
L'inverseur **CABIN LIGHTS** contrôle deux sources d'éclairage pour la cabine du vaisseau Mercury. Seule la consommation d'énergie est programmée dans l'ADD-ON.

COURANT ALTERNATIF. (AC)

Le courant électrique alternatif (AC) est généré par deux des trois onduleurs disponibles. Deux onduleurs principaux en utilisation normale et un onduleur de secours (STANDBY). Il n'y a pas de fusible pour les onduleurs car ils sont auto-protégés. Le premier onduleur principal fournit le courant alternatif impératif au système de stabilisation automatique ASCS. Le deuxième onduleur fournit l'énergie aux ventilateurs du dispositif de contrôle de l'environnement. En cas de défaillance de l'un ou des deux onduleurs principaux, on utilise l'onduleur de secours.

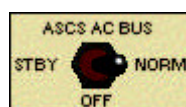
N.D.T : Les batteries fournissent du courant continu. C'est pratiquement le seul type d'énergie électrique que l'on sait emmagasiner. Des systèmes techniques comme les moteurs synchrones, asynchrones des gyroscopes, de la ventilation, les "SELSIN" de capture de valeur angulaire imposent une alimentation en courant électrique alternatif généralement sinusoïdal. Il faut donc à partir du courant continu DC, générer du courant alternatif AC. Il y a plusieurs techniques possibles, actuellement on fait appel à des systèmes entièrement électroniques nommés génériquement **ONDULEURS**.

Méga dur ce truc !

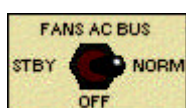


Un voltmètre permet de lire les tensions disponibles sur les différentes sections alimentées en courant alternatif en fonction de la position du rotacteur associé. **FANS** est l'onduleur de 150VA dédié à la ventilation. **STBY** mesure la tension sur l'onduleur de secours 250 VA. Sur position **ASCS** on teste l'onduleur de

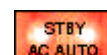
250 VA qui se charge du système de stabilisation automatique ASCS. Les deux positions **150 VA** et **250 VA** mesurent la tension présente (Donc après les fusibles) sur les bus "Fan AC" et "ASCS AC". En vérifiant sur le bus et sur l'onduleur, on peut en cas de problème en déterminer l'origine et décider de passer sur l'onduleur STANDBY ou sur le fusible de secours.



L'inverseur provoque la commutation du bus ASCS entre l'onduleur principal et l'onduleur de secours. Placé sur **OFF** on coupe l'alimentation du système de stabilisation automatique.

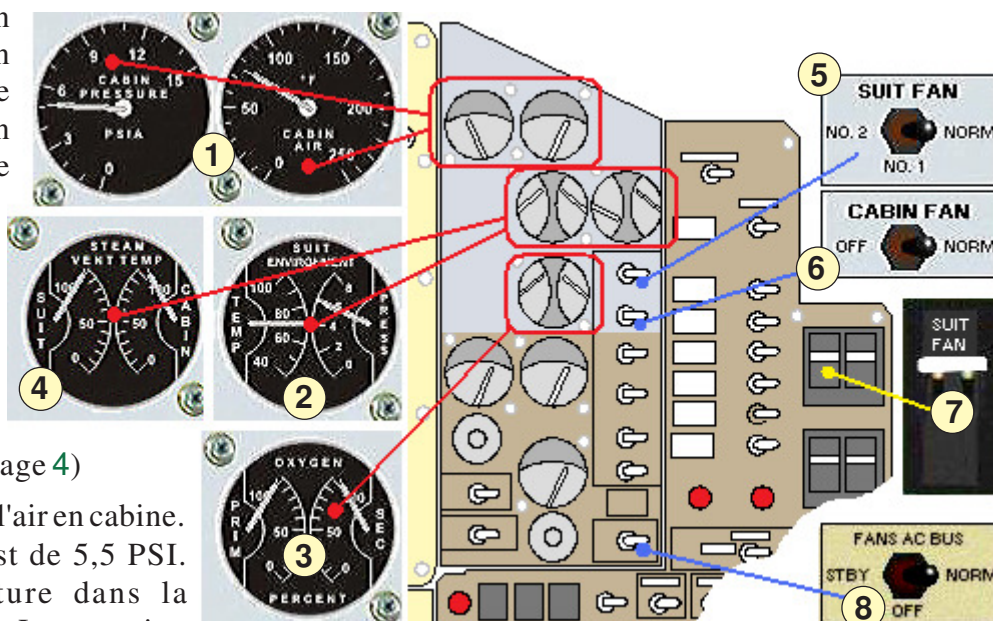


Également présenté dans la section **ENVIRONNEMENT** l'inverseur **FANS AC BUS** permet d'alimenter la ventilation sur l'onduleur principal ou sur celui de secours. Sur **OFF** on coupe l'alimentation du système. Sur défaillance de l'un des onduleurs principaux, le voyant d'alerte s'allume. Il faut alors passer l'inverseur concerné sur **STBY**.



CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT.

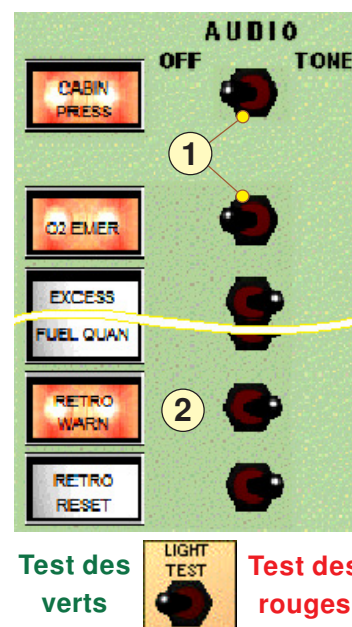
Deux circuits indépendants assurent le conditionnement de l'atmosphère. Un circuit pour la cabine et un circuit pour la combinaison pressurisée en cas de défaillance sur le vaisseau. Outre l'approvisionnement en Oxygène et l'élimination du CO₂ et de l'eau, un compresseur assure une pression de 5,5 PSI et un ventilateur brasse l'atmosphère interne. La cabine n'est pas totalement étanche et se trouve affectée de petites fuites. La gestion de la température n'est pas modélisée. (Voir l'onglet **ENVIRONNEMENT** du petit manuel de pilotage en page 4)



- 1 : Pression et température de l'air en cabine.
La pression nominale est de 5,5 PSI.
- 2 : Pression et température dans la combinaison de survie. La pression nominale doit être de 5,5 PSI. C'est le circuit de conditionnement PRIMAIRE. Tout écart par rapport à la valeur nominale impose un retour inconditionnel dès la première opportunité qui se présente.
- 3 : L'oxygène est emmagasiné dans un réservoir primaire et dans un réservoir secondaire à une pression initiale de 7500 psi et prévu pour une autonomie supérieure à 24 h. Le système est conçu de sorte que lorsque la pression en oxygène passe en dessous de 10 psi l'approvisionnement en oxygène sera réalisé à partir des deux circuits.
- 4 : Les échangeurs de chaleur qui permettent de modérer la température de la cabine ne sont pas actuellement modélisés dans ce complément pour Orbiter.
- 5 : Deux circuits pour situations critiques dans la ventilation de la combinaison pressurisée sont prévus. En situation nominale l'inverseur est sur position **NORM**, mais en cas de problème on peut commuter sur le circuit critique **NO. 1** ou sur le circuit critique **NO. 2**.
- 6 : Le ventilateur de cabine brasse l'air du vaisseau. Il n'est pas essentiel à la survie. S'il faut économiser de l'énergie en batterie électrique, le couper en passant l'inverseur sur **OFF** et fermer la visière du casque.
- 7 : Si les batteries fonctionnent normalement et que vous avez de la difficulté à alimenter l'un des ventilateurs de la combinaison pressurisée, passer le commutateur **SUIT FAN** de la position centrale en position haute. Pour le décollage il est en position centrale et coupe l'alimentation. Le positionner en configuration basse permet d'utiliser le fusible de secours n°2.
- 8 : Deux ventilateurs sont utilisés, l'un vers la combinaison pressurisée, l'autre pour la cabine. Tous deux sont mis en service ou coupés par l'inverseur commun sur le circuit électrique "AC BUS". Si vous avez des problèmes avec les onduleurs qui fournissent ce courant alternatif sur "AC Bus", il faut commuter sur **STBY**. Dans le cas de problèmes ou de feu sur les ventilateurs, il faut placer l'inverseur sur **OFF**.

LA SIGNALISATION DES ALERTES.

Les divers témoins lumineux sont réunis sur la zone des alertes située sur le "Panel de droite". Chaque événement critique possède un témoin spécifique. L'allumage d'un témoin s'accompagne de l'activation d'une alerte sonore individuelle. Les alertes sonores peuvent être coupées séparément les unes des autres, une fois la situation de crise prise en compte par le pilote. En 1 le pilote a coupé l'alerte sonore, en 2 l'alerte n'est pas encore prise en compte. En plaçant l'inverseur **LIGHT TEST** en position gauche, tous les témoins verts s'illuminent. En le basculant à droite tous les témoins rouges s'allument.



PRESSURISATION de la cabine.

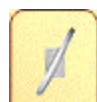
Dans le cas d'un incendie ou présence de gaz nocifs, il est possible de dépressuriser la cabine en tirant sur le levier rouge avec le **BDS**. **Pour pressuriser la cabine il faut commencer par fermer la vanne de dépressurisation en repoussant le levier rouge** avec le **BGS**. Puis ouvrir la valve d'oxygène en tirant avec le **BDS** le levier blanc, attendre que la pression soit rétablie (Le témoin s'éteint) et le remettre en position normale en le repoussant avec le **BGS**. La quantité d'oxygène en 3 de p5 diminue.



Si la pression en cabine est inférieure à 5,0 PSI le témoin s'allume et un signal sonore s'active.

Vanne de purge extérieure.

Valve d'alimentation en oxygène.



SNORKEL

Le **SNORKEL** est utilisé pour ouvrir la soupape d'admission d'air extérieur pour établir l'équilibre de pression intérieur/extérieur. Il faut l'ouvrir vers 20000 pieds juste après le déploiement du parachute primaire. Cette action déclenche

l'alarme de faible pression O2 et de température basse. C'est normal, se contenter de couper l'avertisseur sonore.

O2 EMER

PRESSION SANGUINE.

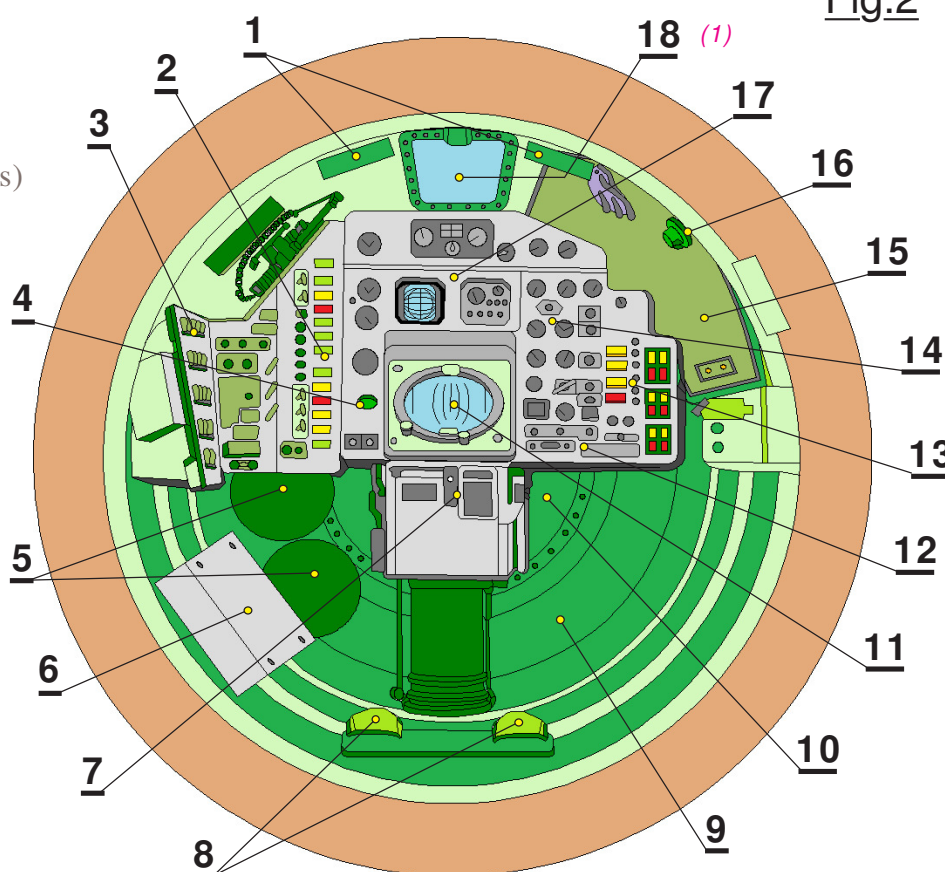
Les accélérations provoquent des difficultés pour le corps humain à stabiliser la pression sanguine dans les diverses régions irriguées. Entre autre pour le cerveau le pilote étant soumis à trop de "G" peut subir le phénomène de voile Noir ou de voile rouge et aller jusqu'à la perte de connaissance. Les combinaisons anti-G permettent de retarder ces inconvénients. BLOOD PRESS permet de simuler un tel dispositif.



INTÉRIEUR DE LA CABINE MERCURY.

Fig.2

- 1 : Éclairage de bord.
- 2 : Séquenceur automatique.
- 3 : Tableau de fusibles.
- 4 : Caméra d'observation.
(Photographies extérieures)
- 5 : Réservoirs d'azote.
- 6 : Enregistreur.
- 7 : Cartes, plans et livrets.
- 8 : Repose-pieds.
- 9 : Cloison basse pression.
- 10 : Issue de secours.
- 11 : Écran du périscope.
- 12 : Radios de bord.
- 13 : Tableau des alertes.
- 14 : Gestion environnement.
- 15 : Écoutille.
- 16 : Dispositif d'ouverture.
- 17 : Gestion du pilotage.
- 18 : Hublot. (1)



(1) Fonction des versions du vaisseau Mercury le hublot n'est pas le même.

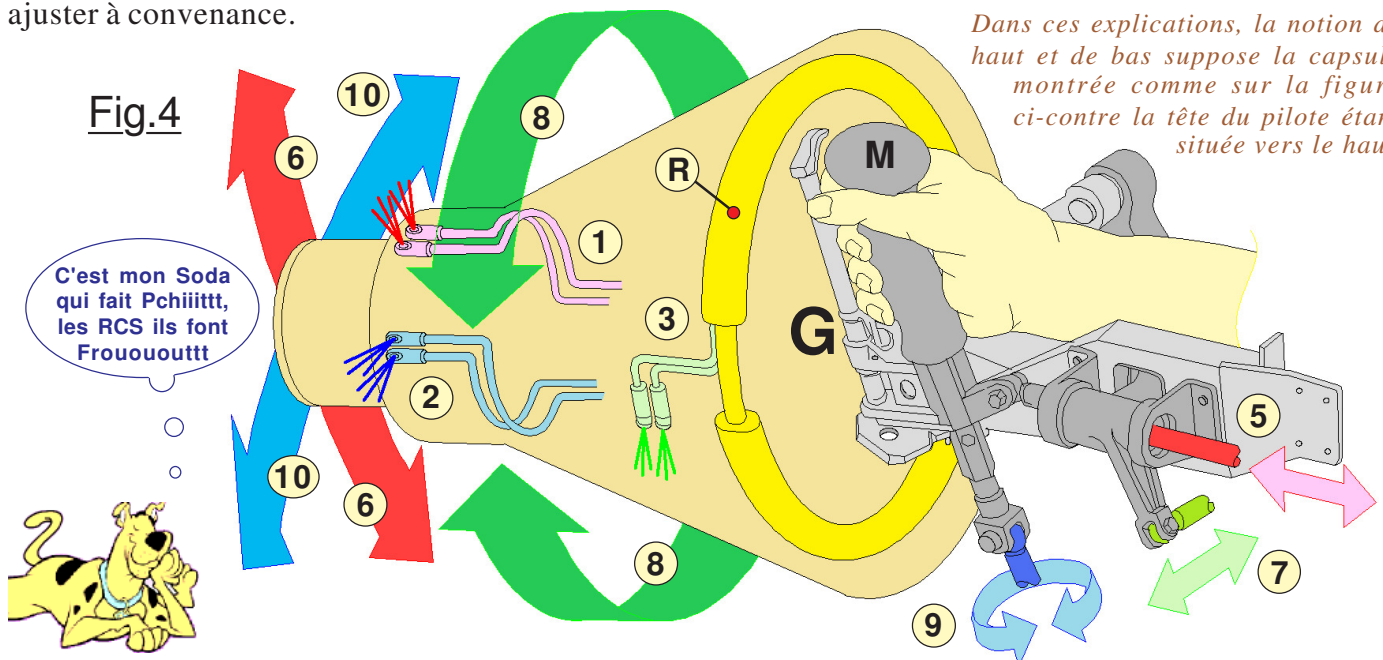
Excepté la poussée de freinage de désorbitation, (Façon d'exprimer la rentrée du premier vol de FREEDOM 7 qui n'a effectué qu'une trajectoire balistique sub-orbitale) le pilotage d'une capsule Mercury se limite au contrôle de l'attitude. Pour orienter un vaisseau, il faut le faire tourner autour du centre de résistance qui est nommé Centre de Gravité puisque ce mobile est non guidé. Dans ce but, il faut exercer sur l'engin une force (Action mécanique pour les "spécialistes") qui engendrera la rotation. Cette force est obtenue sur FREEDOM 7 au moyen d'un gaz éjecté par des buses. Pour projeter le gaz dans le vide (Ou dans l'atmosphère) le vaisseau pousse sur lui. Réciproquement, le gaz pousse en sens inverse sur le mobile. L'effet de cette action mécanique en rotation sera d'autant plus important :

- A) Que le gaz est éjecté à grande vitesse. (D'où une recherche d'éjection la plus rapide possible)
- B) Que la masse de gaz lancé dans le vide est importante. (Masse à lancer avec le vaisseau)
- C) Que la poussée est réalisée loin du centre de gravité **G** et correctement orientée.
- D) Que la durée de l'effort est importante. (Attention, les réservoirs ont une capacité limitée)
- E) Dans une moindre mesure, que le jet de gaz diverge le moins possible. C'est ce facteur qui impose la

présence de tuyères d'autant plus longues sur les vaisseaux récents que le vaisseau est dans le vide. Pour satisfaire la condition A, les ingénieurs cherchent à donner au gaz éjecté la plus forte pression compatible avec la résistance des systèmes, et l'éjectent à travers des buses de faible diamètre. Le dispositif sur Mercury n'est pas optimisé, et ne comporte pas de tuyère, ce qui favorise l'éclatement du jet et diminue le rendement. Pour tenir compte du critère B, on utilise des fluides relativement lourds, mais faciles à mettre en oeuvre. Pour optimiser C, les buses sont placées le plus loin possible de **G**. Donc, vers l'avant de FREEDOM 7 en **1** pour le tangage et en **2** pour le lacet, et à la périphérie de la base du cône en **3** pour le roulis. Le critère D relève des économies en pilotage, c'est l'astronaute qui procédera par impulsions et dosera ses consignes. Par contre, les ingénieurs pour augmenter autant que possible l'autonomie, ont cherché à insérer dans le peu de place disponible, le réservoir le plus volumineux possible qui se présente alors comme montré en **R** sous la forme d'un tore annulaire.

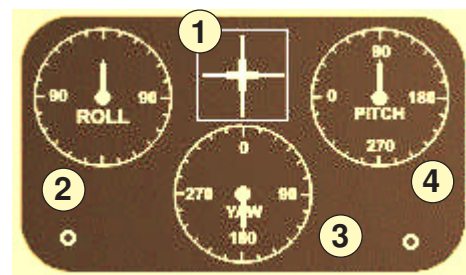
Contrairement aux petits avions dans lesquels c'est le pilote qui fournit musculairement les efforts sur les commandes de vol, et qui imposent un bras de levier important, (Manche long) sur les vaisseaux spatiaux l'astronaute ne fait que donner des consignes au système de manoeuvre. On peut donc utiliser un mini-manche **M** compatible avec l'exiguïté des lieux. Nos joystick ne sont pas autre chose que des copies du dispositif utilisé dans Mercury. Quand le pilote déplace la poignée d'avant en arrière, il fait coulisser longitudinalement la tige rouge **5** qui va agir sur des clapets mécaniques. Le gaz est alors éjecté vers le haut ou vers le bas par les buses **1** situées sur le dessus et le dessous de la capsule, et un mouvement en tangage **6** est initié ou annulé. Un déplacement latéral vers la gauche ou la droite déplace la tige verte **7** qui pour son compte ouvrira des clapets mécaniques. Le gaz étant libéré vers les buses **3** engendrera ou annulera du roulis **8**. Enfin, une torsion autour d'un axe "vertical" du manche fait tourner en **9** la tige qui active les clapets d'alimentation des éjecteurs **2**. Il en résulte des rotations en lacet **10** que le pilote peut ajuster à convenance.

Dans ces explications, la notion de haut et de bas suppose la capsule montrée comme sur la figure ci-contre la tête du pilote étant située vers le haut.

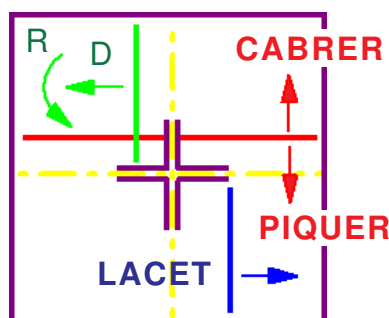


ASSISTANCE AU PILOTAGE.

Situés vers le haut du tableau central, des indicateurs d'attitude précisent la valeur du **TANGAGE** en 4, du **ROULIS** en 2 et du **LACET** en 3 ainsi que le taux de variation autour des différents axes de rotation en 1. L'indicateur de taux de variation est certainement l'instrument le plus utile pour la maîtrise du pilotage. Entre autre il permet d'annuler les mouvements sur les divers axes avec visualisation individuelle de la variation de ces derniers. Avec cet indicateur on peut à convenance doser la manœuvre de la capsule en orientation. Quand les trois barres de variation sont centrées (Axes jaunes sur la figure ci-dessous) le vaisseau est immobile en



ROULIS



orientation par rapport à l'espace. La barre de **TANGAGE** (PITCH) se déplace vers le haut quand le vaisseau cabre, et vers le bas quand il pique. Sur l'exemple présenté le vaisseau est en train de "lever le nez". La barre verticale du **LACET** (YAW) se déplace à gauche si l'avant du vaisseau est en train de se déplacer vers cette direction, et à droite dans le cas contraire. Dans l'exemple le vaisseau est en train de "déraper" vers la droite, direction dans laquelle le pilote veut orienter l'avant de la capsule. Quand la barre de **ROULIS** (ROLL) se décale à gauche, le vaisseau tourne autour de son axe longitudinal dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. (Observateur regardant vers l'avant) Dans ce cas on voit l'horizon monter à gauche et

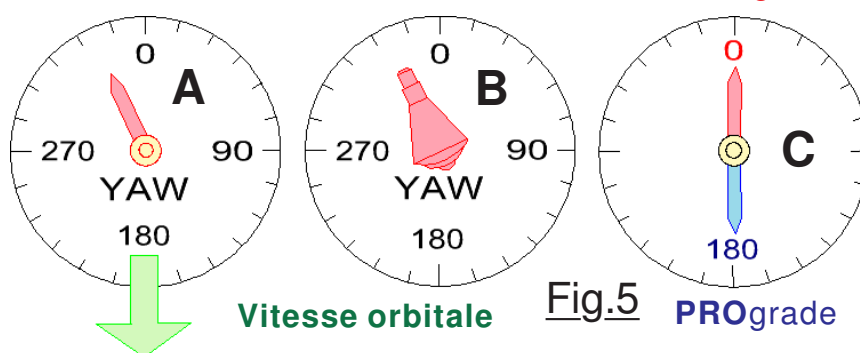
descendre à droite. Notez au passage que les couleurs adoptées pour ces trois rotations sont les mêmes que celle utilisées sur le dessin de la Figure 4 proposée en page 6.

Jauges d'attitude :

Bien que d'un fonctionnement logique, leur interprétation n'est pas forcément évidente, tout particulièrement quand le pilote n'a pas de références extérieures et que le vaisseau se trouve dans une orientation quelconque. On peut noter que les informations fournies par ces appareils prennent pour référence le plan horizontal local, l'orientation du vaisseau pouvant conduire à des comportements en apparence étrange qu'il faudra savoir interpréter. (La leçon sur le pilotage en attitude nous permettra d'observer, de comprendre et d'apprendre à gérer les rotations sur une capsule Mercury) Commençons par interpréter les informations données par le système d'aide au pilotage du vaisseau Mercury :

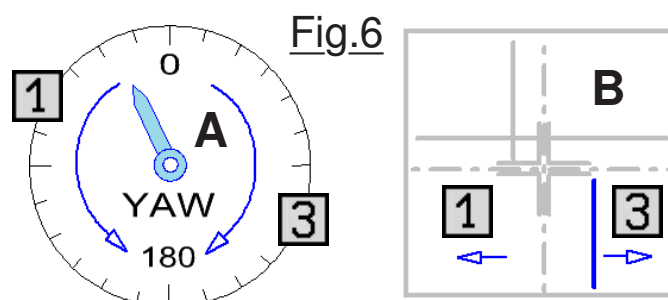
Jauge YAW pour le LACET.

Cet indicateur n'est d'une interprétation immédiate que dans la mesure où le vaisseau est orienté "à plat" sur le plan horizontal local de l'orbite. (Orbite ou trajectoire sub-orbitale) Le 180° correspond à la direction et au sens du vecteur vitesse. L'aiguille matérialise l'orientation du vaisseau par rapport à ce vecteur vitesse représenté en vert sur le dessin A de la figure 5. Sur le croquis B l'aiguille est remplacée par un symbole montrant l'attitude du vaisseau supposé avec un roulis nul et vu de dessus. On peut donc noter comme précisé sur le schéma C que l'angle zéro correspond à l'orientation **RETROgrade** qui permet la poussée de désorbitation, 180° correspondant au sens **PROgrade** qui sert à accélérer le vaisseau pour circulariser l'orbite durant la phase de lancement.



Pilotage en LACET.

La figure 6 dessin A montre comment les touches "1" et "3" font tourner l'aiguille de l'indicateur de lacet. La figure 6 dessin B précise comment ces deux touches font décaler les aiguilles de tendance sur l'afficheur des taux de rotation.



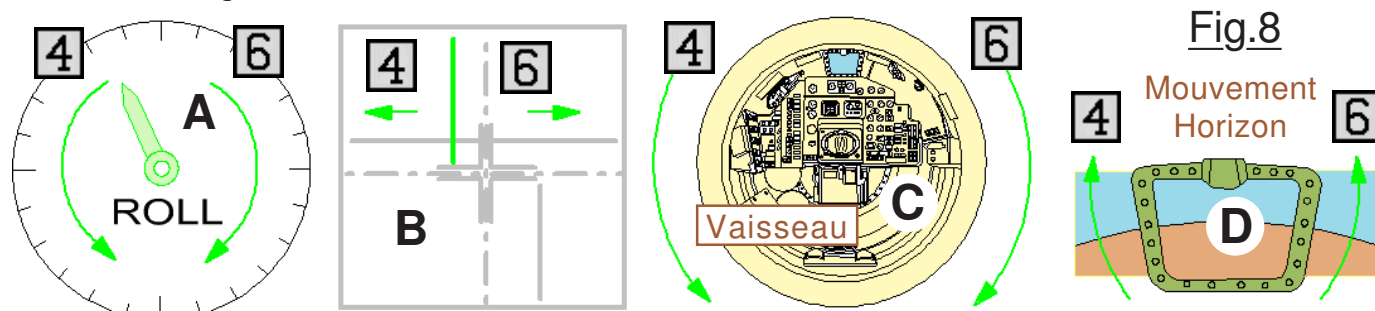
Jauge **ROLL** pour le **ROULIS**.

A l'instar du lacet, cet indicateur n'est d'une interprétation immédiate que dans la mesure où le vaisseau présente un angle de cabrage relativement faible. Par exemple, avec un angle de cabrage de 180° pour **PITCH**, le vaisseau pointe l'avant vers la Terre, l'interprétation du roulis est alors plus "fantaisiste".

Sur le dessin de la Fig.7 l'horizon local est représenté par la ligne pointillée marron. L'aiguille représentée en rouge sur le dessin **A** représente le haut du vaisseau vu de derrière. Sur le croquis **B** l'aiguille est remplacée par un symbole montrant l'attitude du vaisseau supposé avec un cabrage nul et vu de derrière.

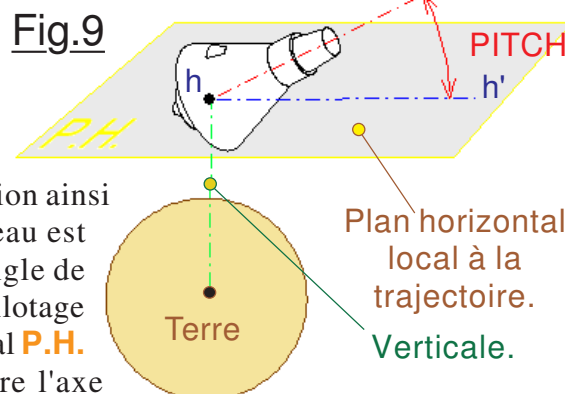
Pilotage en **ROULIS**.

La figure 8 sur de dessin **A** précise le sens dans lequel les touches "4" et "6" font tourner l'aiguille de l'indicateur de roulis. La figure 5 sur le dessin **B** donne le sens de décalage des aiguilles de tendance sur l'afficheur des taux de rotation. En **C** on rappelle le comportement du vaisseau en fonction des touches "4" et "6", alors que sur **D** on montre comment l'observateur voit s'incliner l'horizon dans le hublot.



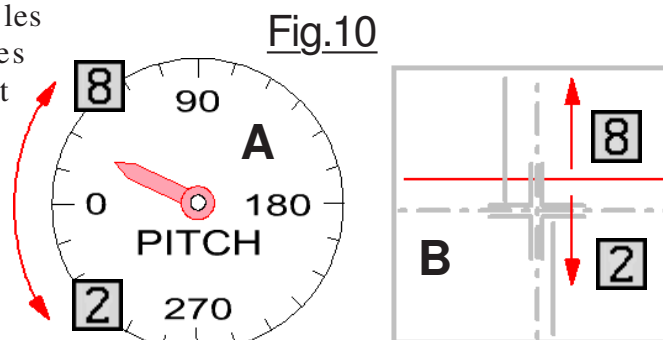
Jauge **PITCH** pour le **CABRAGE**.

Cet indicateur donne la valeur de l'angle qui est mesuré entre l'axe longitudinal du vaisseau et le plan horizontal local à l'orbite et non l'angle d'incidence AOA. C'est assez normal dans la mesure où les senseurs ne sont sensibles qu'au rayonnement infrarouge de la Terre et non au vecteur vitesse. L'interprétation ainsi que la correction en pilotage ne sont aisées que si le vaisseau est correctement orienté, avec un roulis nul. Dans le cas où l'angle de roulis est important, l'interprétation est moins évidente et le pilotage moins intuitif. La Fig.9 présente en gris le plan horizontal local **P.H.** à la trajectoire. **PITCH** est le plus petit angle mesuré entre l'axe longitudinal du vaisseau tracé en rouge et le plan P.H.



Pilotage en **CABRAGE**.

La figure 10 sur de dessin **A** précise le sens dans lequel les touches "2" et "8" font tourner l'aiguille de l'indicateur de Cabrage. La figure 10 sur le dessin **B** donne le sens de décalage des aiguilles de tendance sur l'afficheur des taux de rotation. Insistons sur le fait que ces informations ne sont directement interprétables que si le roulis est nul. Par exemple, si le roulis est de 90° , (Le vaisseau est alors "sur la tranche") c'est une commande en Lacet qui modifiera la valeur de **PITCH**. La leçon de pilotage va nous aider à comprendre les diverses interactions qui existent entre les trois axes d'orientation principaux du vaisseau, les informations de l'indicateur d'attitude et les procédures pour effectuer de façon efficace les manoeuvres sur la capsule Mercury. La maîtrise de cet aspect de la mission est d'autant plus fondamentale que les références extérieures ne sont pas forcément évidentes, et particulièrement quand la capsule pointe le nez vers la Terre ou vers les étoiles. N'oublions pas non plus que le hublot est loin d'être panoramique, le pilotage aux instruments est un incontournable.



CONTRÔLE DE LA STABILISATION. (Automatic Stabilization Control System)

La stabilisation de la capsule dans l'espace est réalisée par le système de contrôle automatique de stabilisation. C'est le dispositif ASCS qui travaille en liaison étroite avec deux sous-ensembles :

- Le scanner d'Horizon,
- Les modules de contrôle de réaction.

Cet ensemble permet de maintenir une orientation stable et propose quatre modes automatiques de base : Amortisseur, Orientation, Maintien d'attitude et Ré-entrée. Au mode automatique s'ajoute une option de contrôle direct de poussée. Deux systèmes redondants de secours sont prévus, un pour le Système de Contrôle du Taux de Stabilisation (RSCS) et un pour le mode Manuel proportionnel. Ils permettent en cas de situation d'urgence un contrôle possible de la capsule avec le mini-manche dans le cas d'un échec des systèmes ASCS. En outre, des jauges qui indiquent l'angle de tangage, de roulis, de lacet et les taux de variations constituent une aide importante au pilotage. (*Voir les explications en page 7*)

Système de contrôle automatique de stabilisation.

L'ASCS est composé de plusieurs éléments qui travaillent en coordination pour stabiliser l'attitude automatiquement. Pour chaque phase de la mission l'ASCS fonctionne dans un mode différent afin d'assurer la stabilisation requise. Pour assurer la stabilisation automatique les deux inverseurs du mode ASCS doivent être et mis sur **NORM** et sur **AUTO**.



Vol Sub-Orbital :

Durant 5 secondes après BECO. (1)	Amortir les oscillations issues de la séparation.
Après les 5 secondes suivant le BECO.	Tourner de 180 degrés dans l'axe de LACET.
Après retournement complet de la capsule.	Orientation TANGAGE à -14,5°, ROULIS et LACET à 0°.
À 5 secondes avant la Rétro Séquence.	Orientation TANGAGE à -34°, ROULIS et LACET à 0°.
Après largage Rétrofusées.	Orientation CABRAGE +40° sub orbital. (AOC)
Après 0,5g d'accélération.	Rotation en roulis de 10° / sec.

Vol Orbital :

Durant 5 secondes après BECO. (1)	Amortir les oscillations issues de la séparation.
Après les 5 secondes suivant le BECO.	Tourner de 180 degrés dans l'axe de LACET.
Après retournement complet de la capsule.	Orientation TANGAGE à -34°, ROULIS et LACET à 0°.
Après largage Rétrofusées.	Orientation CABRAGE +1,5° orbital. (AOC)
Après 0,5g d'accélération.	Rotation en roulis de 10° / sec.

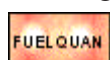
(1) **Booster Engine Cut Off** : Fin de la propulsion et séparation de la capsule avec le lanceur.

Jauges de carburant.

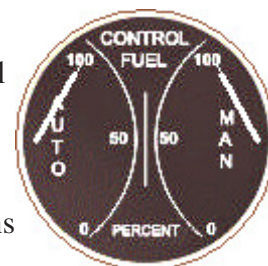
La jauge de carburant utilise deux indicateurs, l'un pour le réservoir de pilotage manuel (Cadran de droite) et l'autre pour le réservoir du pilotage automatique. (Cadran de gauche) Pour les deux appareils, l'aiguille dirigée vers le bas de la jauge annonce un réservoir vide. Aiguilles vers le haut, les réservoirs sont pleins.

Il importe de surveiller l'utilisation du carburant en particulier lors des longues missions orbitales. (Penser à couper les systèmes automatiques)

La capacité est de 35 lbs pour le réservoir des automatismes, et 25 lbs pour celui dédié au pilotage manuel. Tous les systèmes automatiques utilisent les propulseurs alimentés à partir du réservoir de 35 lbs. Si le réservoir des systèmes automatiques est épuisé, il faut passer en manuel pour orienter le vaisseau en "Rétrograde" et durant toute la phase de retour atmosphérique.





Si l'un quelconque des réservoirs voit sa quantité de carburant descendre en dessous de 25%, le témoin s'allume, accompagné de l'avertisseur sonore dédié.



SYSTÈME DE CONTRÔLE DE RÉACTION. (Réaction Control System)

La capsule Mercury dispose de deux systèmes de contrôle d'attitude. Le premier pour une utilisation automatique des RCS, et le deuxième pour le pilotage manuel. Chacun est alimenté par des réservoirs séparés de carburant remplis de peroxyde d'hydrogène (HO). Le HO est libéré dans une chambre de propulsion pour interagir avec un catalyseur. Cette réaction engendre de la vapeur chaude pour la poussée. Le réservoir du ASCS contient 35 livres de HO, celui de l'OMS (Pilotage manuel) en contient 25 livres.

Il existe plusieurs commandes pour contrôler le système RCS. En configurant des commutateurs on peut imposer au RCS plusieurs modes de fonctionnement. Le tableau ci-dessous résume les différents modes de fonctionnement en fonction de la combinatoire de ces commandes.

MODE			Tirette MANUAL
ASCS AUTO	NORM	AUTO	Poussée (DIRECT)
Amortisseur	AUX ON	AUTO	Poussée (DIRECT)
FLY BY WIRE	FLY BY WIRE	AUTO	Poussée (DIRECT)
RSCS	NORM ou AUX ON	RATE COMD	Poussée (DIRECT)
Manuel PROP	NORM ou AUX ON	RATE COMD	Tirée (RATE COM)
M.P. & ASCS	NORM	AUTO	Tirée (RATE COM)
Désactiver un ou plusieurs axes de l'automatique pour les commander manuellement.			
M.P. & F.B.W.	FLY BY WIRE	AUTO ou R.C.	Tirée (RATE COM)
Double autorité : gaspillage de carburant.			
RSCS & ASCS	FLY BY WIRE	RATE COMD	Poussée (DIRECT)
Combinaison favorable pour maintenir l'attitude lors du rétro-freinage.			



Choix entre **NORM** (ASCS), **AUX ON** (Amortisseur), et **FLY BY WIRE**.



AUTO relie l'ASCS aux poussées d'attitude automatiques. **RATE COMD** configure l'ASCS en commande manuelle des poussées. **AUTO** permet l'utilisation de l'ASCS et de l'amortisseur **AUX ON**. **RATE COMD** permet l'utilisation du mode RSC.



Locket d'alimentation en carburant des moteurs RCS à travers les dispositifs du mode manuel. Tirer avec le **BGS** cette manette valide le mode manuel de commande des RCS. Si **AUTO** et **FLY BY WIRE** sont activés simultanément on possède la double autorité sur les trois axes. Utilise le carburant à la fois sur le réservoir des systèmes automatiques et celui du pilotage manuel.



Lockets de coupure sélective d'alimentation en carburant du système de pilotage automatique des moteurs RCS. Tirer avec le **BGS** l'un de ces leviers annulera la fourniture de carburant aux RCS de l'axe concerné. C'est utile lorsque on désire que l'ASCS contrôle un ou deux axes alors que les autres sont en manœuvre manuelle proportionnelle.

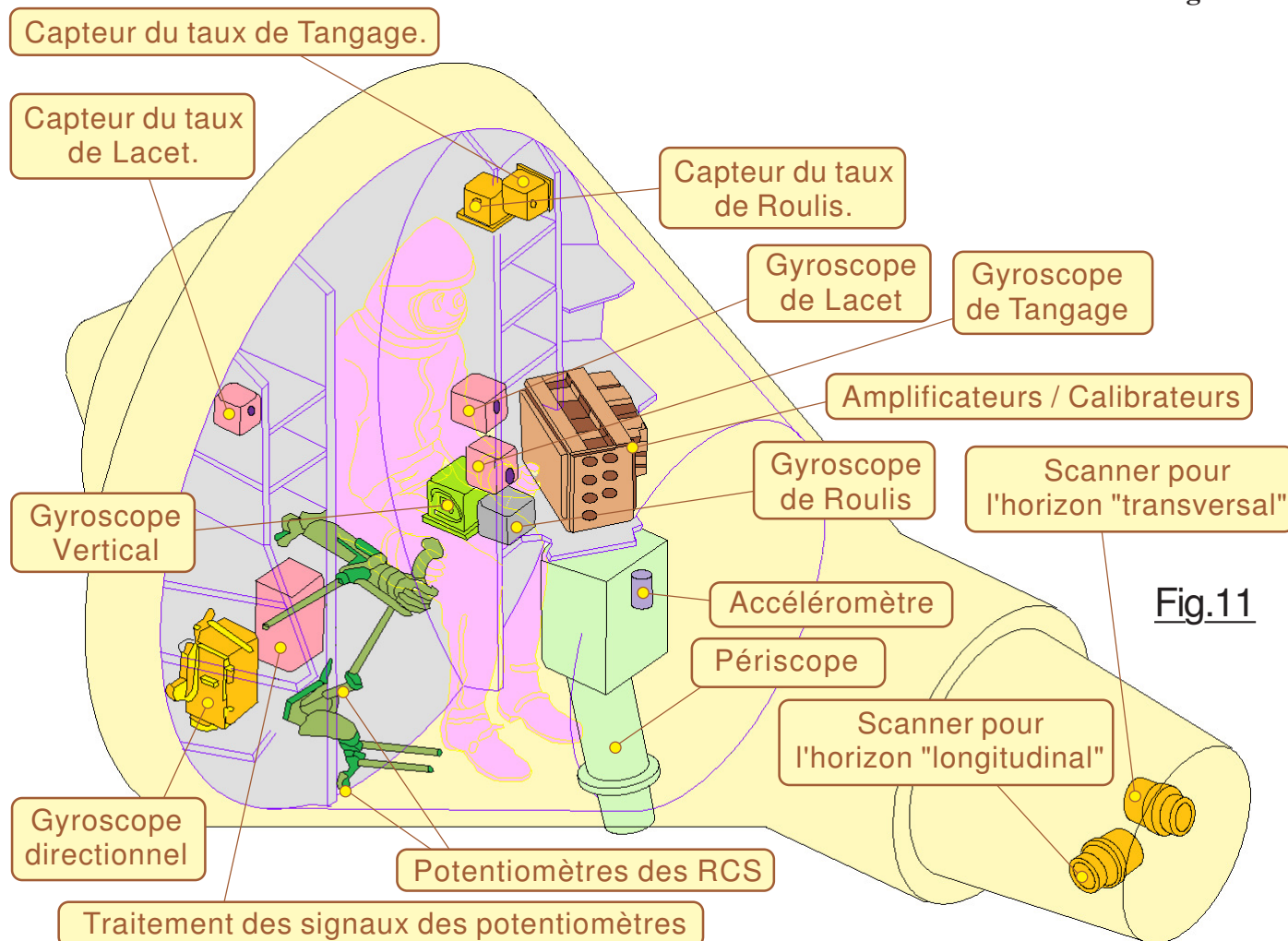


Fig.11

MINI-MANCHE.

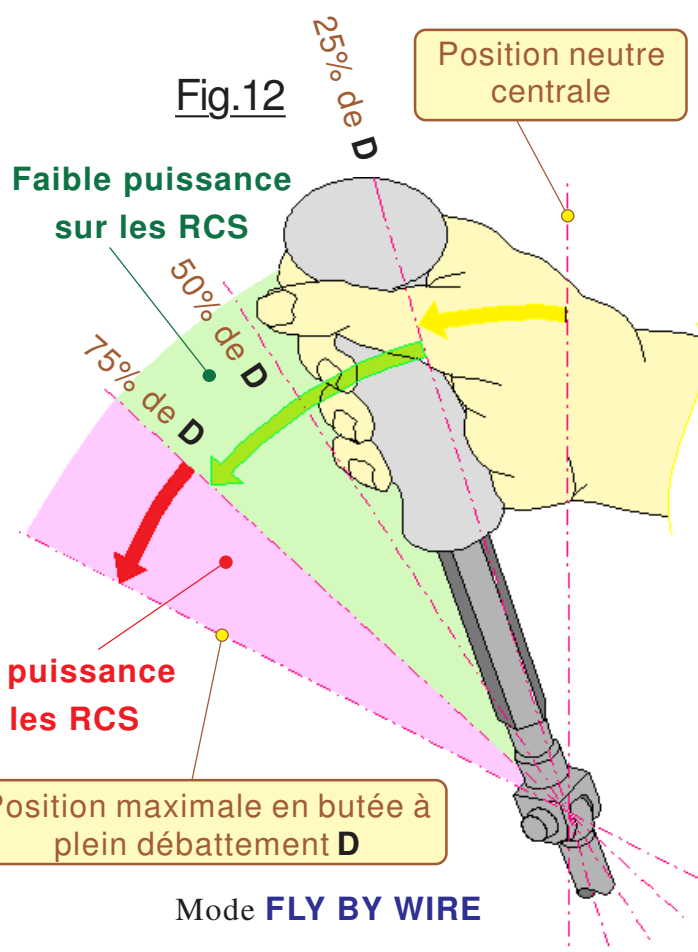
L'utilisation de la manette de pilotage actionne les RCS qui réagissent en fonction du mode sélectionné.

Manuel PROPORTIONAL : La poussée des RCS va de zéro en position neutre (Centrale) jusqu'à la pleine puissance, manette en butée avec extension maximale.

RSCS : Le vaisseau tourne autour de l'axe commandé à un taux donné, en fonction de la position de la manette. En pleine extension une rotation de 10° sera réalisée.

FLY BY WIRE : De 25% à 75% de l'extension une faible puissance sera gérée par les automatismes sur les propulseurs. (Voir Fig.12) Au-delà 75% de débattement, une puissance élevée des propulseurs sera activée.

Fig.12



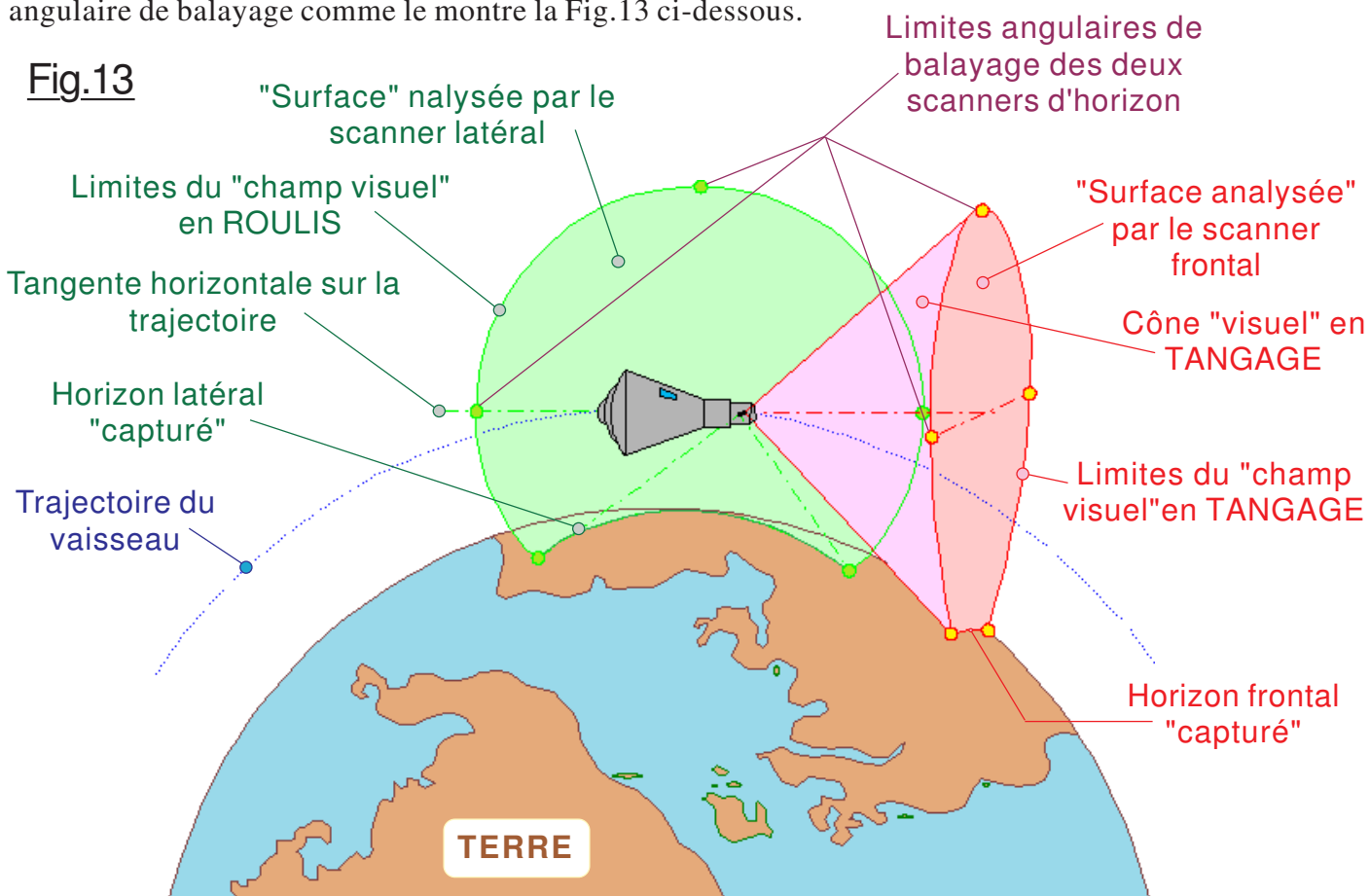
Mode **FLY BY WIRE**

Ma niche est méga plus confortable que cette caspule Merstone truc !



Gyroscopes.

Le ROULIS, le TANGAGE, le LACET ainsi que les capteurs de taux de variation sont gérés par des gyroscopes qui fonctionnent en liaison avec les scanners d'horizon. Ces scanners effectuent un balayage des émissions d'infrarouges issues de la Terre, tandis que le rayonnement par l'espace est nul. La transition entre infrarouge et le noir complet peut être utilisée pour orienter le vaisseau par rapport à l'horizon. Il y a deux scanners d'horizon, un qui balaye vers l'avant pour le tangage, l'autre qui analyse latéralement pour le roulis. Le lacet est géré en utilisant la combinaison de ces deux informations. Les taux de variation d'attitude sont gérés par des gyroscopes qui fonctionnent en liaison avec les scanner d'horizon. Les scanners d'horizon présentent un champ visuel de capture invariant par rapport au vaisseau qui résulte de la limitation angulaire de balayage comme le montre la Fig.13 ci-dessous.



Pour palier cette limitation, les gyroscopes présentent plusieurs modes d'utilisation utilisables quand l'horizon se trouve hors du champ d'analyse des scanners :



GYRO NORM : Fonctionnement standard avec horizon en capture. Dans ce mode, l'automatisme gère le Tangage, le Lacet et le Roulis.

FREE : C'est le mode à utiliser quand l'horizon n'est plus capturé. Les scanners sont alors coupés et le Tangage, le Lacet, le Roulis ne seront modifiés que si des consignes RCS sont utilisées. Les valeurs de l'attitude vont alors changer, puisque le vaisseau se déplace en orbite. Ce mode est également utile pour effectuer de grands changements d'attitude.

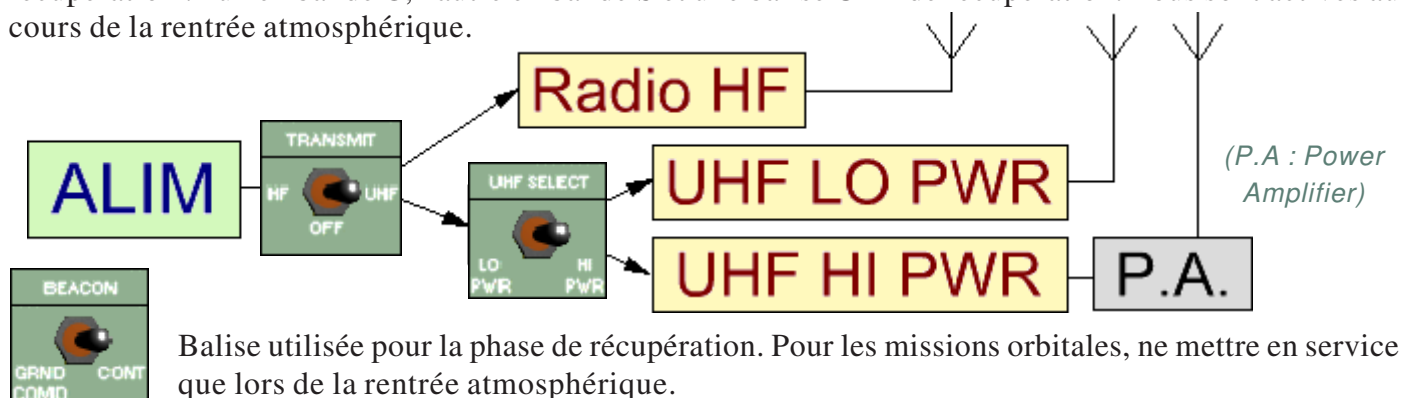
GYRO CAGED : Si un doute subsiste sur la validité des informations données par le système, il faut recalibrer les gyroscopes. Dans ce cas, commencer par placer l'inverseur sur **GYRO CAGED** pour réinitialiser les axes à zéro et bloquer les gyroscopes. Il faut ensuite utiliser le hublot ou le périscope pour manœuvrer la capsule en manuel et la réorienter correctement en visuel. Replacer ensuite l'inverseur sur la position **FREE** ou sur la position **GYRO NORM**.



Si il devient impératif d'économiser l'énergie électrique du bord, il est possible de désactiver le fonctionnement des gyroscopes en positionnant l'inverseur **MANEUVER** sur **OFF**.

L'astronaute est en communication vocale durant toute la mission. Il porte un casque à deux écouteurs assorti d'un microphone gérés par l'intermédiaire des circuits spécifiques aux radios. La section HF peut être utilisée pour les communications durant l'ensemble de la mission depuis le lancement jusqu'en orbite. Mais, normalement les communications HF ne seront utilisées qu'après séparation de la capsule et sur mise en position **HF** de l'inverseur **TRANSMIT**. Cette section HF est désactivée lors de la rentrée quand le carénage d'antenne est largué. Une fois coupé, l'ensemble HF est remplacé par un dispositif HF conçu pour l'atterrissage. Les communications vocales durant la phase de récupération sont alors assurées par un ensemble HF de réception et de transmission.

Des radios communications en bande UHF sont disponibles durant l'ensemble de la mission. Elles sont en service quand l'inverseur **TRANSMIT** est placé sur **UHF**. L'ensemble UHF est doublé, et à tout moment l'astronaute peut utiliser la radio de secours en commutant l'inverseur **UHF SELECT** sur la position **LO PWR**. Les deux ensembles UHF sont identiques, mais **LO PWR** est moins puissant car il n'utilise pas l'amplificateur UHF de puissance. Enfin trois types de balises sont prévues pour les opérations de récupération : l'un en bande C, l'autre en bande S et une balise UHF de récupération. Tous sont activés au cours de la rentrée atmosphérique.



Transmission pour les TélÉMesures. Passer sur **ON** à la demande du CapCOM.



L'enregistrement en local est conseillé en permanence. Transmettre au sol en temps réel consomme de l'énergie et devra être coupé pour les missions longues ou sur problème énergétique.



OBSERVATION / PRISE DE VUE.

Le périscope est l'outil d'observation le plus important pour évaluer des "références externes" et corroborer les informations données par les instruments gyroscopiques d'attitude. Outre la couronne graduée angulaire périphérique orientable, (*Immobile dans cet ADD-ON*) le bouton **ALTITUDE** permet d'anticiper l'ajustement des "index d'évaluation d'altitude" qui permettent de vérifier la hauteur orbitale. Le **BDS** permet d'augmenter la valeur **en Miles marins**, le **BGS** permet de la diminuer. Le champ observé par l'appareil photo de prise de vue est observable dans le puits du périscope. **L'objectif ajusté à grand angle déforme la vue**. Notez que lorsque l'on passe en vue extérieure, la même distorsion sera constatée si en vue intérieure on est resté en "panel" périscope. L'astronaute dans le vaisseau dispose en outre de l'aptitude à prendre des photographies en orbite du ciel et de la Terre à l'aide d'une caméra orientatée latéralement vers la droite. Manoeuvrer la capsule dans la position désirée, puis utilisez les touches **[Ctrl]** **[↓]** pour passer au "panel" caméra qui donne une vue non déformée. La touche **"C"** permet d'enregistrer des images (Dont le nom est un peu aléatoire et pourra être changé à votre guise) dans le répertoire <Images> d'orbiter.

Sur le périscope, l'inverseur **RETICLE** permet d'intercaler un ZOOM, et **FILTER** permet éventuellement de mettre en service un atténuateur de lumière quand on est en orbite.



Notez qu'en réalité les inscriptions **RETICLE** et **FILTER** sont en blanc. Les informations **OFF** et **ON** n'existent pas. C'est pour des raisons pédagogique que j'ai changé ces attributs sur le dessin ci-avant.

SEQUENCE SYSTEM. (Automatismes d'une mission Mercury)

Tant que tout se passe bien à bord, une mission Mercury peut se dérouler entièrement en automatique sans avoir besoin de pilote à bord. C'était du reste le cas de la mission de qualification de la capsule Mercury qui précéda le vol habité par un humain, mission qui emportait à son bord un primate comme passager. Un séquenceur contrôlé par programme peut déclencher toutes les phases du vol sub-orbital en prenant pour référence les informations des capteurs d'attitude et l'écoulement du temps préservé dans un chronomètre très précis. Bien évidemment, le pilote peut à tout moment déconnecter le séquenceur pour prendre en main son destin, ou simplement anticiper certaines actions par des déclenchements manuels. Bien en vue au centre du tableau de bord se trouve une série de voyants lumineux alignés verticalement qui du haut vers le bas rendent compte des événements significatifs du déroulement d'une mission Mercury. Tant que l'événement relatif au témoin lumineux est en attente, le voyant est non allumé, donc représenté en blanc sur le tableau de bord. L'allumage en vert signifie que l'événement attendu est réalisé. La couleur rouge précise que l'événement est déclenché ou devrait être en cours et n'est pas terminé. Si le témoin allumé en rouge ne passe pas au vert, c'est que généralement l'événement est manqué et ne peut se produire. Il faut alors rapidement analyser le problème et intervenir en manuel.



Bus pyrotechnique : L'inverseur positionné sur **ARM** permet l'alimentation des divers systèmes pyrotechniques de bord, tels que les cordons de séparation, l'abandon de la mission, la séparation des rétrofusées ... Placé sur **OFF** permet de prévenir tout déclenchement intempestif du tir d'une quelconque fonction pyrotechnique.



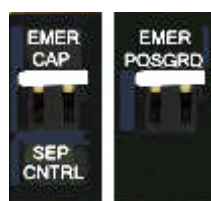
Ce témoin précise que la tour d'évasion a été larguée. On peut réaliser en manuel son éjection avec le **BGS** sur la tirette associée. Cette action est évidemment irréversible. Deux secondes avant de procéder à l'éjection automatique le témoin passe au rouge.



Quatre fusibles protègent les systèmes de séparation tour de sauvegarde et de séparation de la capsule. (Placés sur **OFF** ils n'empêchent pas les systèmes de fonctionner, car non émulé) Si placé en position haute un système ne fonctionne pas, il faut le passer sur le fusible de secours en position basse.



Témoin de séparation de la capsule et de la fusée de lancement. Deux secondes avant de procéder à la séparation automatique le témoin passe au rouge. On peut réaliser en manuel l'opération avec le **BGS** sur la tirette associée.

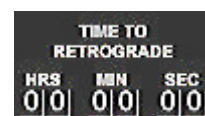


Fusibles de séparation capsule : **EMER CAP** contrôle le fusible de la couronne des boulons explosifs de liaison entre la capsule et l'adaptateur à la fusée Redstone.

EMER POSGRD est le fusible de garde de la mise à feu des roquettes du "Posigrade" utilisé pour éloigner la capsule du corps principal du lanceur.



Séquence de rétro-freinage : Ce voyant indique si la séquence de rétro-poussée a commencé ou non. Quand le bouton est enfoncé l'indicateur devient vert. Lorsque le temps programmé de combustion arrive à zéro l'indicateur passe au vert.



Retro Delay : Positionner l'inverseur sur **NORM** provoque la séquence de rétro-freinage après un délai de 30 secondes. Sur la position **INST** la séquence de rétro-freinage commence immédiatement.



Retro Seq Fusibles : **EMER RETRO** contrôle le démarrage de la séquence rétro. Si la séquence rétro ne commence pas lorsque le bouton de rétro séquence est excité ou que le décompte n'évolue pas placer le fusible sur position de secours # 2.



Retro Attitude : Avant que le séquenceur ne procède à la mise à feu des rétrofusées, le vaisseau doit se trouver dans la bonne orientation en attitude "rétrograde". Si l'inverseur est sur position **BYPASS** on peut déclencher la mise à feu quelle que soit l'attitude. Quand l'attitude est en orientation "Rétrograde" l'indicateur passe au vert sinon il s'allume en rouge. On peut utiliser les rétrofusées pour lancer la capsule Mercury sur une orbite plus haute. La position **BYPASS** est généralement utilisée si la défaillance des gyroscopes fait échouer une orientation automatique.



Le témoin **FIRE RETRO** indique que la combustion de rétro-freinage est terminée. Appuyer sur le bouton poussoir situé à gauche pour déclencher manuellement la mise à feu. Dix secondes avant la phase de rétro-freinage le témoin devient rouge. Outre l'éclairage du témoin, un avertisseur sonore est activé.



Fusibles des rétrofusées : Le fusible **RETRO MAN** contrôle si la mise à feu manuelle des rétrofusées peut être activée. Les trois fusibles notés **NO n RETRO** contrôlent individuellement les rétrofusées. Si aucune des trois ne s'allume, passer les fusibles sur la position **RCKT**.

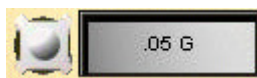


Largage des rétrofusées : En raison de l'importance du système de rétro-freinage un inverseur spécifique isole le bus des systèmes pyrotechnique de séparation alimentant en énergie cette fonction technique. Cet inverseur doit être placé sur **ARM** pour pouvoir larguer le dispositif de rétro-freinage. Il est recommandé de le placer sur **OFF** tant que la séquence automatique de rétro-freinage n'est pas achevée. Une fois les trois combustions terminée, le basculer sur **ARM**.



Largage des Retro-fusées : Ce témoin indique que le système de désorbitation a été largué. Cette phase est engagée automatiquement 60 secondes après la combustion de freinage. Ce largage entraîne l'adoption du cabrage idoine par l'usage de l'ASCS qui place Mercury dans la bonne attitude de rentrée. (Automatic Stabilization Control System) Pour larguer manuellement le système des retro-fusées presser le bouton-poussoir situé à gauche du témoin. Le témoin devient rouge deux secondes avant l'éjection.

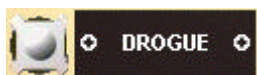
Fusibles de largage des rétrofusées : Le fusible **EMER RETRO** contrôle l'éjection des sangles du dispositif de freinage. **RETRO JETT** contrôle la séquence d'éjection des rétrofusées.



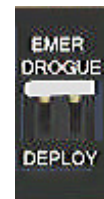
Roulis à 0,05 : Ce témoin s'allume lorsque la décélération de rentrée atmosphérique subie par la capsule passe au dessus de 0,05G et déclenche une rotation en roulis de 10 °/s pour stabiliser l'attitude du vaisseau. Pour lancer manuellement cette phase de la mission presser le bouton-poussoir situé à gauche.



Le fusible **ASCS .05G** contrôle la séquence de mise en rotation de roulis à 0,05 G. **EMER .05G** protège le circuit de mise en rotation à 10 °/s.



DROGUE est un témoin relatif au déploiement du parachute de freinage primaire. Le bouton poussoir situé à sa gauche permet de l'ouvrir en manuel. **EMER DROGUE** est son fusible associé qui protège les systèmes pyrotechniques de libération de ce parachute.



Le **SNORKEL** est utilisé pour ouvrir la soupape d'admission d'air extérieur pour établir l'équilibre de pression intérieur/extérieur. Il faut l'ouvrir vers 20000 pieds juste après le déploiement du parachute primaire. Cette



action déclenche l'alarme de faible pression O2 et de température basse. C'est normal, se contenter de couper l'avertisseur audio.



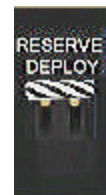
Déploiement du parachute principal : Le témoin **MAIN** indique si le parachute principal est correctement établi. Pour extraire et déployer le parachute principal tirer l'anneau situé à gauche en utilisant le **BGS**.

EMER MAIN est le fusible de contrôle des dispositifs pyrotechniques d'extraction du parachute principal et de séparation de l'antenne radio HF.



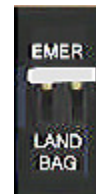
Déploiement du parachute de réserve : Pour extraire le parachute de secours tirer sur l'anneau situé à gauche en utilisant le **BGS**.

RESERVE DEPLOY est le fusible de protection des dispositifs pyrotechniques d'extraction du parachute de secours.



Coussin amortisseur d'amerrissage : Le témoin indique si l'amortisseur est correctement gonflé. Inverseur placé sur position **AUTO** l'amortisseur sera gonflé cinq secondes après le déploiement du parachute principal. Placé sur **MAN** le gonflage est immédiat.

EMER LAND BAG protège les dispositifs de gonflage de l'amortisseur d'atterrissage.



RESCUE est le témoin qui signale que l'activation des aides à la récupération est effective. (Balise radio, colorant pour l'eau de mer ...) Inverseur placé sur position **AUTO** l'activation des aides à la récupération est déclenchée après amerrissage. Placé sur position **MAN** l'activation est immédiate.

EMER RESCUE AIDS est le fusible de protection du dispositif des aides à la récupération.



Le gros témoin **ABORT** s'allume en haut du panneau central quand l'abandon en urgence de la mission est déclenché avec la touche "E".

RENDONS À CÉSAR...

Comme déjà précisé dans le tutoriel, un grand nombre de dessins sont repris à partir de ceux fournis dans la documentation remarquable qui accompagne l'ADD-ON **MERCURY project v5**.

Mais vous aurez forcément observé qu'une kyrielle de dessins ne font pas partie de cette dernière. Pour éviter tout problème de propriété intellectuelle, et pouvoir utiliser librement et sans contrainte ces derniers, tous les dessins proposés dans ce tutoriel sont entièrement de mon fait.

Certains émergent d'un travail totalement personnel, mais beaucoup sont directement inspirés des magnifiques gravures qui illustrent un ouvrage exceptionnel qui constitue MA RÉFÉRENCE en terme de bibliographie astronautique. Il s'agit de :

L'EXPLORATION DE L'ESPACE.
 Sous la direction de **KENNETH GATLAND.**
 Préface de **ARTHUR C. CLARKE.**
ENCYCLOPEDIE VISUELLE BORDAS.

C'est vraiment un ouvrage qui sort du rang et dont je ne peux que vous conseiller l'acquisition si par chance il s'avérait disponible. Malheureusement, je ne peux ici vous proposer une source d'approvisionnement, car je possède cette merveille depuis "toujours" et serais bien embêté si je devais citer l'époque et le lieu où j'ai eu la bonne fortune de croiser sa route. **NON, IL N'EST PAS À VENDRE !** Cette petite parenthèse n'a pas un objectif commercial, mais je devais rendre justice à ceux qui sont à l'origine de ce trésor bibliographique.

OUPS ... J'allais oublier de vous parler de ma Bible !

