

# UN AVANT-POSTE HABITÉ SUR MARS

Pour paraphraser le groupe IAM, je vous propose un voyage vers la planète Mars...

Un voyage dans l'espace : plus de 300 millions de km à parcourir ;

Un voyage dans le temps : les plus optimistes parlent de 2018, les plus pessimistes de 2050...

L'idée de ce projet est venue en regardant les projets martiens publiés par les agences spatiales à l'heure actuelle : des espaces clos, confinés, claustrophobiques...

Je me suis alors posé la question sur les possibilités d'intervention d'un architecte sur ce genre de programme.

Un voyage vers Mars, c'est 6 mois à l'aller<sup>1</sup> et au retour, et un an et demi sur place. Six personnes vont être « condamnées » à vivre ensemble dans un volume de 60 m<sup>3</sup>.

Quels en sont les enjeux ?

- Réponse aux objectifs scientifiques sur place ;
  - Habitabilité : survie dans un milieu hostile et réponse aux spécificités martiennes.
- L'Habitat doit être capable d'être opérationnel en impesanteur et ensuite à la surface de la planète, (problème d'orientation en impesanteur, relation sol/plafond différenciée.)

Pourquoi Mars par rapport aux autres lieux dans l'espace (la Lune, l'orbite terrestre) ?

- La notion de temps : deux ans et demi.
- L'éloignement : obligation d'autonomie
- La gravité (0,371 m/s<sup>2</sup>, de l'ordre du tiers de celle de la Terre) : l'eau coule, lits, fauteuils, échelles.
- Une atmosphère : extraction d'oxygène, d'eau in situ.
- Cycle jour/nuit de 24h 39 minutes, saisons.

Mars serait donc très agréable à vivre, hormis :

- Une température moyenne de -70°C
- Une atmosphère composée à 95% de CO<sub>2</sub> avec des poussières micrométriques
- Une pression atmosphérique moyenne de 7 mbars (1030 sur Terre)
- Un taux de radiations élevé

Cet environnement est mortel. Il impose donc un ensemble de systèmes particuliers pour permettre à des humains de vivre sur place.

C'est un premier point important qui doit être développé : Quelles sont les particularités d'un habitat martien ?

Les premières esquisses à donner en ce qui concerne la spécificité de l'Habitat martien tiennent dans les réponses que l'on peut apporter aux contraintes rencontrées :

- 1) contraintes environnementales.
- 2) contraintes dues aux limitations des ressources in situ.
- 3) contraintes opérationnelles imposées par les missions scientifiques.
- 4) contraintes de vie en micro-société, psychologie.
- 5) contraintes d'autonomie dues au temps de transmission des communications.

Mais au-delà de la simple survie physiologique, il s'agit aussi d'assurer la santé psychologique de l'équipage qui vivra dans un espace protecteur, certes, mais réduit et coupé de la Terre. Ainsi, une mission de plusieurs milliards de dollars serait compromise parce que les hommes ne sont pas des machines, et s'ils vivent mal, leur travail s'en ressentirait.

C'est le deuxième point du projet qui est de trouver des solutions architecturales pour le confort de vie.

---

<sup>1</sup>D'ici 20 ans, la technologie pourrait réduire ce temps de manière conséquente (et par-là donner le signal de départ pour la conquête martienne).

N'ayant pas de connaissances particulières en astronautique, j'ai pris la *Reference Mission* comme base de travail, tout en apportant certaines modifications et suggestions.

Voici comment j'envisage le scénario de la mission :

### 1.0 Voyage Aller

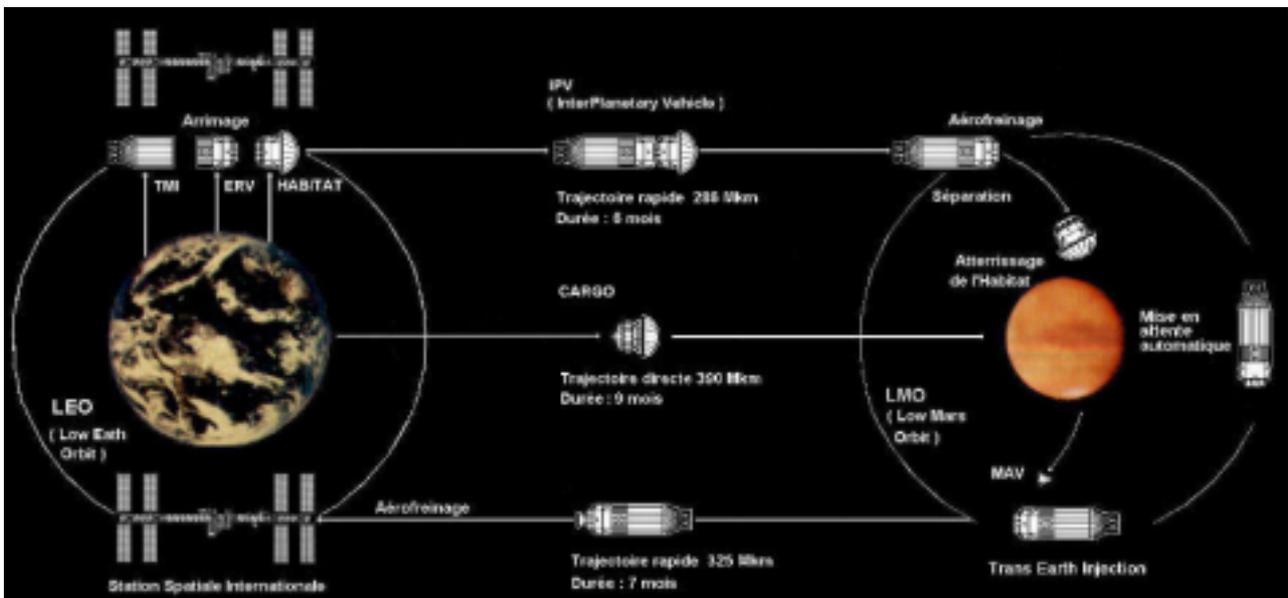
- 1.1 Lancement précurseur du Cargo automatique, comprenant le MAV et la mini-centrale d'énergie nucléaire (Nuke Plant). Après son atterrissage à la surface de Mars, produit le carburant pour le MAV.
- 1.2 Lancement des éléments en LEO : TMI, ERV, Habitat. Assemblage et ravitaillement en orbite (depuis l'ISS).
- 1.3 Voyage de ~150 jours en impesanteur. Volume habitable = ERV + Habitat.

### 2.0 Atterrissage et Séjour

- 2.1 Aérocapture, atterrissage du module Habitat avec l'équipage, TMI + ERV restent en LMO automatique (sa position géostationnaire au-dessus de la base permet d'assurer un relais radio avec la Terre et pour les exploration au-delà de l'horizon de la base).
- 2.2 Augmentation du volume du module Habitat par une structure gonflable. **Séjour : 600 jours.**

### 3.0 Retour

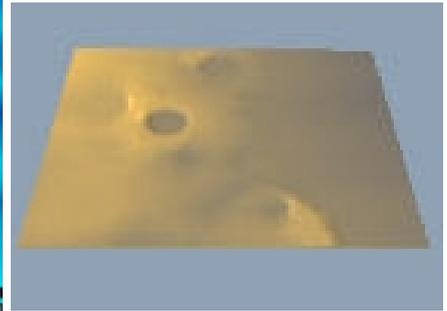
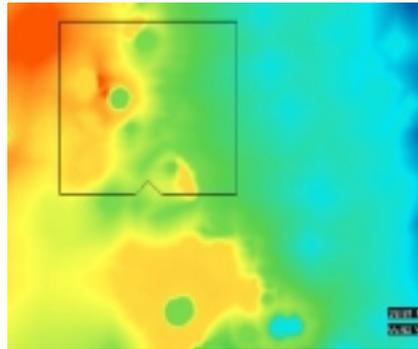
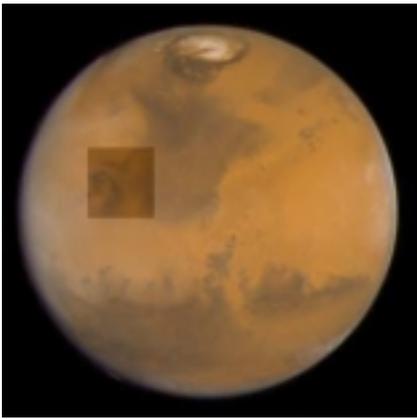
- 3.1 Retour en LMO grâce au décollage du MAV, arrimage au TMI + ERV.
- 3.2 Voyage de retour en microgravité ~150 jours. Volume habitable = ERV + MAV.
- 3.3 Aérocapture et LEO. Examens médicaux dans l'ISS, quarantaine ?, atterrissage sur Terre grâce au MAV.
- 3.4 Vérification du TMI et de l'ERV pour réutilisation, et ravitaillement.
- 3.5 Lancement d'un nouvel Habitat et assemblage pour un autre voyage. (ou d'un module ressemblant au MAV par économie -> sur Mars, le module d'atterrissage est abandonné et l'équipage rejoint l'Habitat de la première base.)



Ainsi, après un voyage de plusieurs semaines en microgravité, un équipage humain pose le pied sur Mars.

J'ai choisi le site de *Maja Vallis* pour l'installation de l'Avant-Poste, parce qu'il a été avancé pour missions futures pour des sondes automatiques par la NASA.

Ce site a l'avantage d'être proche de l'équateur (19°N), et se trouve sur le rivage de l'ancien océan, avec des traces de chenaux qui augurent de présence d'eau ou d'anciennes traces de vie.



Les premiers jours seront consacrés aux vérifications et aux « retrouvailles » avec la gravité :

Il n'y a plus besoin de repère sol/plafond, mais les lits, par exemple redeviennent horizontaux, les passages d'un niveau à l'autre ne peut plus se faire en flottant, on ne plus utiliser les plafond comme en microgravité, ...

Il faut plus d'espace.

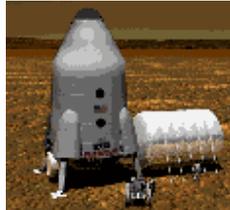
La forme du module et ses dimensions sont imposées par la capacité d'emport des lanceurs spatiaux, le centre de gravité, et la rentrée dans l'atmosphère.



**Mars Direct**



**Reference Mission 93**



**Reference Mission 97**



**MAV**



**Mars Society**

hauteur : 5,0 m.  
diamètre : 8,0 m.

hauteur : 6,0 m.  
diamètre : 8,0 m.

hauteur : 12,0 m.  
diamètre : 6,5 m.

hauteur : 5,5 m.  
diamètre : 6,5 m.

diamètre : 8,4 m.

Je propose alors un Habitat, dont le volume intérieur peut être augmenté grâce à une STRUCTURE GONFLABLE intégrée dans la coque qui double le volume. Un plancher rajouté se posera sur des pannes déployables en porte-à-faux.

Les avantages sont d'avoir un volume agrandi sans rajouter de poids au lancement, et une solidité accrue. En effet, les habitats spatiaux sont en surpression par rapport à leur environnement, et lorsque un module métallique et rigide reçoit une micro-météorite, il peut exploser au niveau de l'impact. Une structure gonflable, par contre, peut grâce à son élasticité absorber une partie de l'énergie cinétique du projectile.

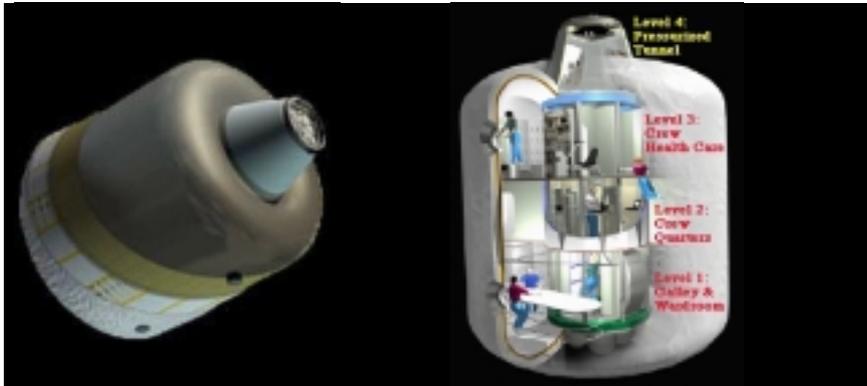
La coque est divisée en quatre panneaux qui se sépare par un systèmes de vérins hydrauliques, et peuvent se replier de même, et sont reliés ensemble par un membrane gonflable qui assure l'étanchéité de l'Habitat.

Aucune autre contrainte que celle de la surpression ne doit s'exercer sur cette membrane, et les pannes repliables qui servent à soutenir le plancher rajouté sont en porte-à-faux, et les cloisons s'accrochent à la coque.



Cette structure peut d'ailleurs être repliée dans sa position initiale au moment du départ, afin de protéger les membranes gonflables des agressions extérieures; les équipages suivant pourront à leur tour regonfler l'Habitat et réaménager l'intérieur.

Tout le projet se base sur des technologies existantes et déjà éprouvées<sup>2</sup> et la membrane gonflable employée dans le projet du *TransHab* a été testée grandeur nature avec succès.



Ecorché de la structure gonflable de *TransHab*.

Vue intérieure du *TransHab*.

### Membrane gonflable

Épaisseur : 30 cm. Composée de plusieurs couches successives :

- Couverture thermique extérieure : isolation externe et mylar aluminisé réfléchissant présent sur la surface de tous les modules de stations spatiales (-130°C à +120°C).
- Protection anti-météorite : protection par 3 couches de revêtement en Nextel AF-10 (isolation capot des voitures) espacées de couches de gomme de polyuréthane, collées par colle polyéthylène riche en oxygène qui absorbe les radiations, et d'une bâche de Kevlar à l'épreuve des balles.
- Couche de contention : 5 couches de Kevlar tressé (fibres céramiques) + anneaux de renforcement, pour garder la forme de la structure quand elle gonflée par l'air.
- Sacs gonflables redondants : plusieurs couches de sacs gonflables pressurisés en Combitherm (uréthane enroulé de nylon – film polymère pour l'emballage de nourriture) alternant avec des couches de Kevlar, pour l'étanchéité de l'air, et le gonflage/rétractation de la structure.
- Paroi intérieure anti-éraflure : mur intérieur en revêtement Nomex (Néoprène-nylon) anti-incendie, anti-coupure, anti-éraflure.

### Coque métallique

Extérieur : matériau ablatif.

Nid d'abeille aluminium pour rigidifier la structure.

Pendant les premiers "Sols", les astronautes vont s'atteler à la construction de l'Avant-Poste, et au déménagement à l'intérieur de la base. Le fait de réfléchir sur ses besoins et d'intervenir sur sa façon d'habiter est porteur de liberté et à la base du mécanisme d'appropriation.

Un des premiers points de l'architecture spatiale, c'est la notion de **recyclage**, lié à l'économie de poids, donc de coût... Le matériel envoyé dans l'espace est compté (d'où l'utilité de nombreux rangements car rien n'est jeté, tout est récupéré)

Par exemple, les couchettes dans lesquelles l'équipage va subir la décélération du vaisseau lors de son aérocapture, pourront être réemployés pour le sommeil dans la base.

D'autre part, la structure qui sert à absorber les forces qui s'exercent sur l'Habitat (60 tonnes) alors de son atterrissage pourront resservir pour la structure de contreventement de la serre.

Cette notion est dû à la distance « astronomique » avec la Terre et aux problèmes de transport qui en découlent pour ravitailler la station.

L'équipage doit donc vivre en autonomie complète et faire avec ce qu'ils ont emporté ou avec ce qu'ils trouvent sur place.

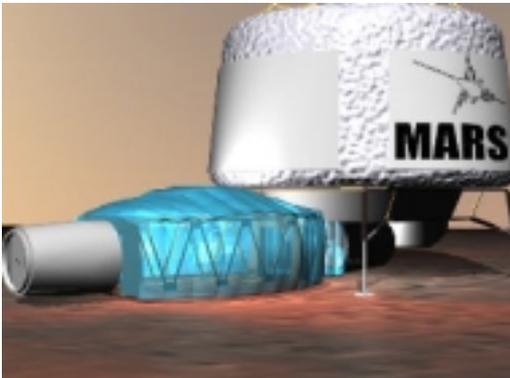
- La serre hydroponique pour la nourriture végétalienne ; peut-être peut on aussi faire de la pisciculture à petite échelle.

---

<sup>2</sup> Hormis la propulsion nucléaire du vaisseau et l'alimentation électrique de la base par une mini-centrale nucléaire qui ne sont pas à l'heure actuelle complètement maîtrisées, mais qui interviennent de façon secondaire dans le projet.

- Est-il possible de faire du ciment martien ? le régolithe martienne se comporte comme un super-oxydant à l'instar de la chaux vive. Est-il raisonnable d'en répandre sur le sol de la serre (un fois neutralisé par de l'eau) sachant que le régolithe est fait de micro-poussière si fine qu'elle peut pénétrer dans les pores de la peau et engendre des picotements désagréables, voire des embolies pulmonaires. D'autre part, est-il possible de fabriquer des briques par polymérisation grâce au soufre contenu dans ce régolithe.

En tout cas, la serre est une parfaite illustration de la notion de recyclage, car on y recycle une partie des eaux grises et du CO<sub>2</sub>.



#### Unité de production hydroponique (RLSS - Regenerative Living Support System)

ECLSS autonome : Recyclage de l'eau grise enrichie en nutriments<sup>3</sup>, sels minéraux.

Recyclage CO<sub>2</sub>, biomasse non-consommable = 50 %, recyclage des matières organiques jusqu'à 90%. Réservoirs d'eau pour l'hygrométrie.

Contrôle éclairage, humidité. Alarmes, équipements de secours.

Installation pour pousse de plantes hors-sol (hauteur < 20 cm, de la graine à la fleur : 17 jours, récolte 55 jours). Surface de culture = 30 à 50 m<sup>2</sup>/personne (peut être réduit par 3)

Température Eclairage	15° - 20° C	20° - 25° C	25° - 30° C
10 - 14 h	Pommes de terre Fraises	Soja Petits-pois	Riz Arachides
14 - 18 h	--	Laitue, Radis Tomates	Patates-douces
18 - 24 h	Blé	--	--

+ aromates (poivre, ...), algues vertes, salade, ...

L'Habitat se présente comme une boîte étanche qui doit conserver l'air et la température nécessaires à la vie de l'équipage. C'est la raison pour laquelle les missions spatiales habitées sont plus chères, car cet équipement de survie qui doit être amené dans l'espace n'apporte rien aux expériences qui doivent y être menées. Cet équipement qui s'appelle l'**ECLSS** est particulier aux modules spatiaux habités, mais on le retrouve aussi à bord des sous-marins.

Avec ces éléments, intervient la notion très importante pour la conception spatiale de **redondance**. En effet, afin de pallier à tout problème technique, l'ECLSS est composé d'équipements en double.

#### ECLSS (Ecological Closed Life Support System / Environmental Control and Life Support System)

Système de contrôle du milieu ambiant primaire : Maintenance minimale, standardisé, automatisé.

##### \* Contrôle de qualité de l'air et ventilation :

Purificateurs d'air : conteneurs de l'absorbant du CO<sub>2</sub> (boîtes à hydroxyde de lithium), réduction du CO<sub>2</sub>, génération de l'O<sub>2</sub>. Filtration au charbon actif des odeurs.

Contrôle de l'atmosphère : contrôle de la pression (500 mb - 5.000 mètres d'altitude sur Terre), 80 % d'azote, 20 % d'oxygène, contrôle de l'humidité, contrôle des micro-organismes, suppression de la poussière martienne. Chambre de mélange des gaz. Réservoirs d'O<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>.

Système de ventilation : conduites d'air ; gaines du système de climatisation et d'alimentation en O<sub>2</sub>.

Bouche d'aspiration de l'atmosphère martienne pour l'extraction du CO<sub>2</sub>.

##### \* Sous-système de contrôle thermique :

Température : 18°C – 25°C.

<sup>3</sup> A ce sujet, on peut signaler que le savon utilisé pour la toilette a comme ingrédient de base du phosphate au lieu de la soude. En effet, le phosphore est un nutriment important pour la croissance des plantes.

Système de climatisation, équipements de chauffage.

Radiateurs extérieurs du système de réfrigération.

\* Système d'eau en circuit fermé :

Besoins : 26,2 litres/jour/personne ; 5,26 pour boire, 21,0 pour hygiène (douche, lave-mains, sauna, toilettes), laverie, préparation nourriture et dîner, serre hydroponique.

Pompe d'alimentation en eau. Distribution eau chaude / eau froide, contrôle qualité de l'eau et micro-organismes. Recyclage humidité de l'air, eaux grises. Réservoirs d'eau.

\* Système de gestion des déchets : 33 kg/jour. Bac à ordures. Four 1.000°-1.200°C (récupération vapeur d'eau, CO<sub>2</sub>, 10 % de sels minéraux).

#### Générateur électrique

Besoins de la station : 75 kW

Générateur électrique primaire : réacteur nucléaire compact 160 kW.

Générateur électrique secondaire : Panneaux photo-voltaïques (solaires) 100 Watts/m<sup>2</sup>

Piles à combustibles hydrogène-oxygène (eau potable comme sous-produit.)

Systèmes de réserve d'énergie.

#### Ordinateur Central

MPAC (Multipurpose Application Console) : système de gestion des données.

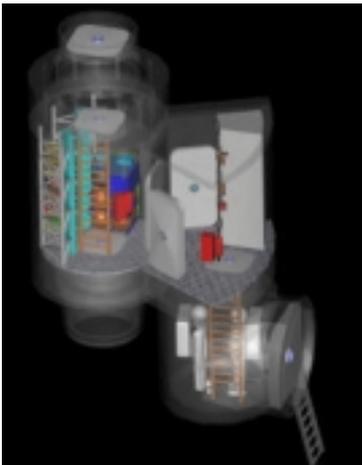
Console d'affichage et disconnecteurs, contrôle des opérations, de la charge utile.

Centre de contrôle des différents équipements.

Systèmes de commande, boîtiers électroniques.

Alarme centrale : détection et suppression des incendies, détection dépressurisation.

Les éléments de L'ECLSS sont regroupés dans une zone technique bruyante (65 dB) éloignée des zones de vie, et surtout, ils sont situés dans un **refuge** pour être accessibles en cas d'accident grave.



Axonométrie du puits central

Dans l'espace la **sécurité** est une obsession. Les dangers les plus graves sont le feu et la dépressurisation (*Mir* en 1997). Les équipements de sécurité doivent être à portée immédiate de chacun : bouteille anti-incendie, masques à oxygène ; mais aussi des portes étanches en ce qui concerne le refuge, des interphones, des alarmes, des veilleuses, et pas de cul-de-sac.

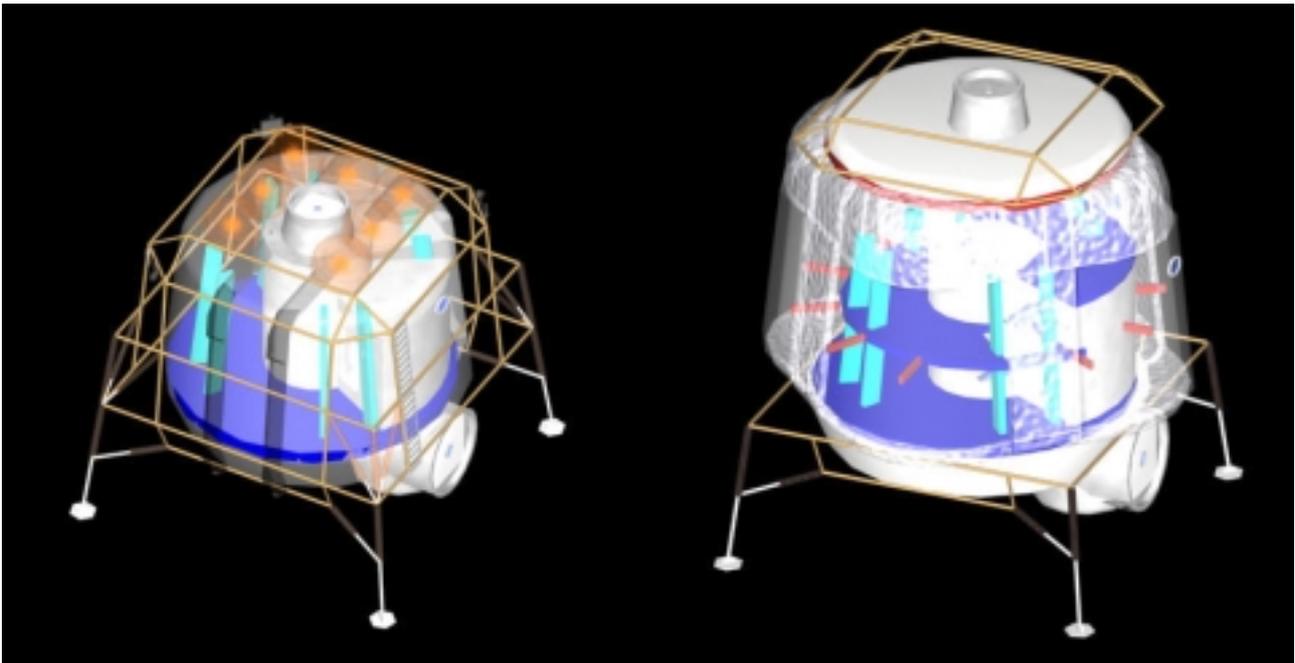
\* Sécurité :

Protection contre les radiations : coque du module, boucliers d'eau (épaisseur : 5 à 10 cm), ...

Protection contre les incendies, la dépressurisation : refuges, équipements de secours (masques à oxygène, extincteurs portatifs), renouvellement permanent de l'air, détecteurs fumée, sprinklers, ventilateurs...

Le refuge, qui fait 3 mètres de diamètre, sert au départ d'articulation de l'Habitat par ses circulations verticales, et à l'atterrissage, il absorbe une partie des contraintes (les autres étant réparties dans les colonnes – dans lesquelles passent aussi les fluides, l'eau, la ventilation – et dans la grille externe démontable.

Aucune contrainte ne doit s'exercer sur la coque qui est de fait composé de quatre panneaux séparés.



Pour en revenir au puits central, l'épaisseur de sa structure peut en faire un abri efficace où l'équipage viendra se protéger des radiations en cas de tempête solaire. Sur une épaisseur de 20 cm, il y a deux parois en acier de 5 cm d'épaisseur avec entre elles un espace vide occupé par de l'eau. Les parois en acier sont rigidifiées par des éléments structurels radiaux.

#### Puits central

Pilier central, circulation verticale, abri anti-radiation, refuge de secours.  
 Echelle d'accès, treuil mécanique. Point critique en gravité : risques de chutes.  
 Matériaux légers = fibres de carbone composite, longerons composites.  
 Ecoutilles, cloisons étanches, interphones, équipements de secours.

Si le puits est une bonne articulation entre les différents niveaux en impesanteur, sur Mars, il faut qu'il y ait une échelle. Mais passer d'un niveau à l'autre plusieurs fois par jours au moyen d'une échelle devient vite invivable : pour cela, il faut prévoir des escaliers.

En plus du confort offert par l'escalier, il donne plus de profondeur à l'espace intérieur grâce aux jours entre les niveaux par lesquels passent le regard pour permettre de faire oublier l'exiguïté du module.

Pour "faire le grand dans le petit", les prises de vue diagonales étirent les dimensions, les plateaux décalés des murs laissent filer des plans verticaux, des jours latéraux sont découpés dans les interstices, ...

Si dans l'espace chaque cm<sup>2</sup> doit être rentabilisé, certains dispositifs architecturaux qui laissent des surfaces non définies en terme d'occupation précise peuvent aider à une meilleure qualité de vie.

---

## Emploi du temps proposé à bord de l'Avant-Poste martien

Pour les astronautes, la journée commence vers 7h<sup>00</sup>, heure du lever. Ils se réunissent dans leur carré autour d'une table où ils prennent leur petit déjeuner en commun. L'un d'entre eux qui était de quart cette nuit ira se coucher peu après. Les autres prennent connaissance du programme de la journée préparé par les contrôleurs au sol.

A cause du décalé de 8 à 22 minutes entre Mars et la Terre, il s'agira d'un message vidéo avec un listing d'instructions et de suggestion, auxquelles ils apporteront leurs remarques et leurs observations au moyen d'une autre vidéo : les communications seront de type épistolaire. Cela signifie aussi qu'en cas d'urgence, ils devront se débrouiller seuls.

#### Poste central de communication

Système de télécommunication et transmission : récepteurs-émetteurs oraux/téléométriques (mesures)  
 Antenne extérieure S-band à haut gain, tournée vers le relais orbital (ERV) pour transmettre vers centres de contrôle de la Terre (Houston, Tsou, Tsukuba).

Chacun vaque ensuite à ses occupations. Les horaires de travail vont de 9h<sup>00</sup> à 17h<sup>30</sup>. Il y a un jour de repos par semaine, et une semaine de congé tous les 3 mois.

Un ou deux astronautes iront faire de l'entraînement. En effet, en gravité réduite, on observe une perte de la masse osseuse et musculaire, entre autres effets négatifs sur l'organisme : chaque astronaute a alors l'obligation d'exercer deux heures d'entraînement quotidien avec le vélo ergomètre, le tapis roulant, ou les extenseurs – en même temps ils peuvent participer à leur suivi biomédical avec des appareils de mesure CheCS (Crew Health Care Survey). Un des membres de l'équipage sera obligatoirement médecin et psychologue.

#### Equipements médicaux

Contrôle de l'air de la station.

Expériences biomédicales. 2 Crew Health Care System. Assistance médicale par "télémédecine".

Rince-oeil d'urgence, lave-mains.

Infirmier : zone séparée par cloison mobile. examens médicaux privés.

Salle d'opérations chirurgicales pour interventions d'urgence.

Matériel pour maladies, blessures mineures, et stabilisation des blessures graves : (A) injections, (B) chirurgie mineure, (C) Instruments de diagnostics, (D) pilules et capsules pour ORL, (E) bandages et attelles, (F) applications courantes, (G) kit de test de microbiologie.

#### Entraînement

2 heures d'exercices physique par jour.

Vélo-ergomètre. Tapis roulant. Extenseurs.

#### Zone hygiène

Cabine de douche. Zone pour se changer.

Cabinet de toilette. Sanitaires. Lave-mains.

Contrôle local de la ventilation, de la température, de l'éclairage, alarmes.

Matériaux hydrophobes (Teflon).

Laverie pour les vêtements.

Certains astronautes iront dans les laboratoires, soit pour effectuer des tâches précises assignées par les contrôleurs au sol, soit pour relever des mesures et des expériences...

Les expériences sont exécutées dans des casiers standards interchangeable, les racks, qui accueillent les différentes expériences : four à métaux, boîte étanche pour expériences biologiques, casier à température contrôlée, centrifugeuse, etc. La serre est elle aussi un espace d'expériences botaniques.

#### Plate-formes de travail et laboratoires

Ateliers, paillasses, établis, tiroirs, stockage. Velcro, sandows pour les équipements d'utilisation courante.

- Laboratoire de Géosciences
- Laboratoire de Géophysique
- Laboratoire de Paléo-Exobiologie
- Laboratoire de Météorologie
- Laboratoire Biomédical

-

Armoires standardisées (ISPR) pour instruments de recherche scientifique : largeur 105 cm, profondeur 76 cm



Un astronaute assurera la maintenance à l'intérieur de l'Habitat (au moins trois heures par jour), de tous les équipements, des parois, ... Il effectuera aussi des tâches domestiques telles que le ménage.

D'autres effectueront une EVA. L'EVA est une procédure particulière et très contrôlée :

Pour ne pas ressembler à des bibendums à l'extérieur de la base, les astronautes doivent abaisser la pression à l'intérieur de leur scaphandre; ils passent de 500 mb à 250 mb. Cette phase impose un temps de dénitrogénisation assez long – à l'instar des palliers de décompression des plongeurs. Pour cette raison, et

par sécurité, les EVA se font toujours par deux dans le cas d'un malaise pour l'un des astronautes. Le passage environnement interne / environnement externe se fait par un **sas de pressurisation**.

#### Sas de pressurisation

Deux standards : sas radial (niveau inférieur) : pour EVA (activités extravéhiculaires). Hublot 10 cm.  
sas axial (niveau supérieur) : cône d'arrimage ERV, écoutille d'accès supérieur.

Barrière thermique : maillage en Iconel et tressage céramique. 3 couches de polycarbonate.

Combinaisons, ravitaillement des PLSS (PLSS Portable Living Support System).

Aménagé pour 2 personnes en PLSS. Casiers de rangement, mains courantes peintes en jaune.

Écoutille intérieure du sas, passerelle d'accès. Système de verrouillage.

Affichage des procédures, équipement d'alimentation électrique, interphone, indicateur et contrôle de pressurisation, valves d'égalisation de pression. Pompe à air, pompe à eau.

Filtre électromagnétique / douche pour neutralisation des poussières martiennes. Extincteurs, 1<sup>ers</sup> secours.

En EVA, les astronautes peuvent partir en exploration avec le rover, prospecter de l'eau liquide, assurer la maintenance extérieure, faire des relevés météo, ...

Les EVA durent en général 6 à 8 heures. Elles sont très éprouvantes : les mouvements sont difficiles, l'astronaute transpire à l'intérieur de sa combinaison, ... au retour à l'intérieur de la station, il aspire à une bonne douche et au repos.

Si chacun prend son repas de la journée à l'heure qu'il lui convient, le repas du soir se fera en commun. Ce sera l'occasion de discussion, de bons repas, d'événements à célébrer... Les membres de l'équipage auront ensuite le loisir de se retirer dans leur cabine individuelle pour lire ou visionner une vidéo de leur famille (un contact toutes les deux semaines), ou ils pourront rester dans la zone commune pour regarder un film ou un match de sport.

#### Quartiers de l'équipage

Loisirs et récréation. Vue extérieure par un hublot : diamètre 50 cm, épaisseur 10 cm.

##### \* Carré :

Salle commune adaptable : lieu réunion, centre conférences, salle à manger, TV grand écran, magnétoscope stéréo.

Table pour 6 : repas, réunions, planning journalier, socialisation, conférences pour le public.

##### \* Cuisine :

Besoins : 2.800 - 3.200 cal/jour.

Préparation des repas (3/jours) : plateaux, corbeilles, ustensiles cuisine, lave-mains, distributeur d'eau chaude/d'eau froide, station de réhydratation des aliments lyophilisés, réfrigérateur, congélateur, four micro-ondes pour réchauffer les plats (pour plusieurs personnes en même temps), table pour préparation des repas.

Réserves de produits alimentaires (rations déshydratées, lyophilisées).

A propos du sport, le sport pratiqué en équipe permet de souder le groupe. Le peu d'espace permet tout au plus le badminton, le ping-pong, le squash ou le street-ball ! A l'extérieur, on peut envisager le golf (comme sur la Lune lors de la mission *Apollo 15*). Néanmoins, la gravité procure cet avantage de pouvoir pratiquer un sport dont il faut tirer profit.

Les raisons qui m'ont amenées à ce projet tiennent dans ce que les stations spatiales actuelles sont mal conçues pour accueillir des passagers pendant une longue période. L'astronaute Shannon Lucid s'était plainte, lors de séjour à bord de *Mir*, que les repas se prenaient au même endroit que dans la zone d'entraînement : résultat, lorsqu'elle mangeait, il y avait des gouttes de sueur qui flottaient autour d'elle.

D'ailleurs, le premier à avoir proposé un hublot pour améliorer le bien-être dans l'espace est Raymond Loewy, quand il avait été chargé du design intérieur de *Skylab*. Ils s'était durement opposé aux ingénieurs d'alors, pour qui, et à juste titre, le hublot fragilisait la coque. Alors qu'aujourd'hui on sait que le loisir préféré des astronautes en orbite terrestre est de regarder à travers le hublot. Sur Mars, un hublot de 1 mètre de diamètre serait prévu, afin de surveiller les sorties du sas pour les EVA, et pour profiter aussi du paysage martien.

Bien que les contraintes qui existent dans l'espace soient les plus draconiennes du "monde technologique", je suis certain qu'en tant qu'architecte, je peux concevoir des solutions simples et peu coûteuses pour améliorer le cadre de vie, et qui ne font pas appel non plus à des technologies les plus à la "pointe". Il y a une anecdote à ce propos : pour concevoir un stylo encre qui fonctionne en microgravité, les Américains ont dépensé des millions de dollars ; les Russes ont quant à eux donné à leurs cosmonautes des crayons mine.

Sur Mars, la notion de bien-être est reliée à la notion **d'environnement terrestre**, dont les astronautes se sentent coupés.

Des sons peuvent être diffusés dans les espaces : musique, chants d'oiseaux. La climatisation peut simuler le vent et diffuser des odeurs. La polychromie des espaces contribue à lutter contre l'hypostimulation. Limiter les cloisons empêche aussi de trop s'isoler.

Si la serre avec ses plantes et son odeur de terre peut simuler l'environnement terrestre, il faut savoir que c'est loin d'être totalement le cas : les serres ont une atmosphère saturée en humidité et chaude qui ne les rendent pas spécialement habitables. Néanmoins, un sauna y trouverait sa place.

En plus du stress, l'équipage subira le DAS (Désordre Affectif Saisonnier), très connu par les pays qui sont proches du cercle polaire. Il est dû à la baisse de l'apport de lumière solaire.

Les besoins humains moyens en lumière sont de 2.500 lux/heure. Sur Terre, l'apport journalier en été est de 60.000 lux/jour, et tombe à 15.000 lux en hiver, ce qui entraîne le fameux blues de l'hiver ou DAS. De plus, les UV fixent le calcium de l'organisme et la vitamine D. Des séances d'UV dans une pièce spéciale peuvent remédier à ce problème.

Plus haut, j'ai abordé brièvement la pisciculture, dans un but alimentaire. Toutefois, il est reconnu que la compagnie d'animaux domestiques permettait de diminuer le stress. Les astronautes pourraient avoir dans la zone commune un aquarium avec quelques poissons – en même temps, ils serviraient d'indicateurs à la qualité de l'eau.

Le jardinage est aussi une activité apaisante.

Sans revenir sur la nécessité des cabines individuelles, on peut noter que les cloisons seront amovibles, afin de réunir deux chambres pour un couple. Les expériences d'isolement ont montré que la mixité des équipages participait grandement à la diminution des conflits.

#### Cabines individuelles

Isolation phonique (bruit = facteur principal affectant le sommeil).

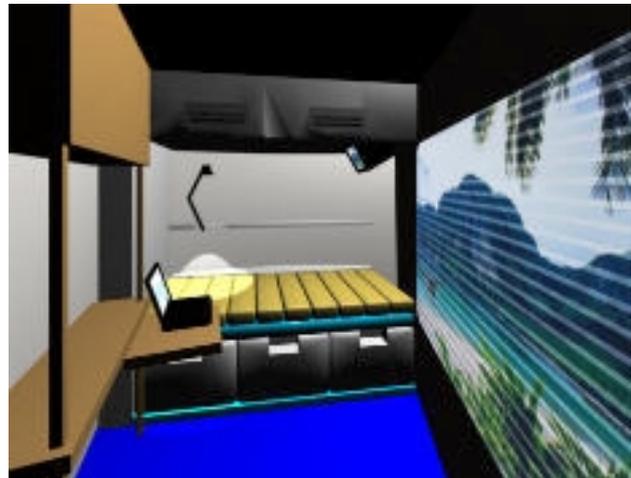
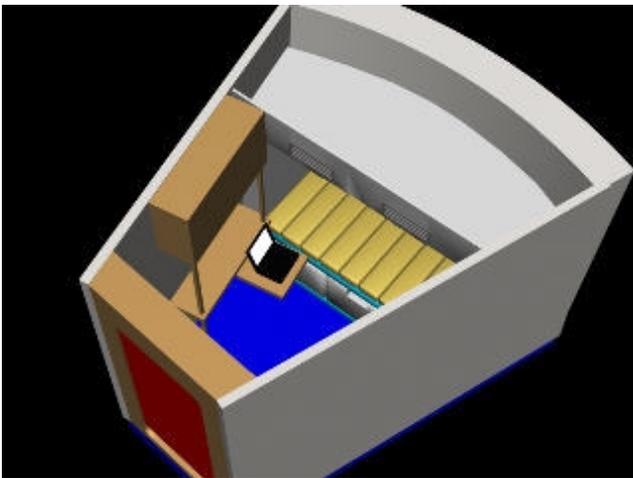
Personnalisation (couleur différente pour chaque porte).

Couchette repliable / hamacs. Ecran vidéo, moyen de communication privés.

Ordinateur personnel de travail et de loisir. Substation Unit : structure légère qui tient dans un casier.

Rangement pour affaires personnelles (photos, menus objets, lecteurs CD, livres), vêtements.

Interphone. Réglage ventilation, lumière, thermostat. Alarme centrale (pression O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, feu, fumée).



La **flexibilité** des espaces intérieurs est d'ailleurs un point essentiel pour le cadre de vie.

La base accueillera des équipages qui viendront par roulement. Certains modifieront l'agencement des laboratoires pour y installer le matériel récent. D'autres décideront peut-être de supprimer les cabines individuelles (cela s'est vu chez les Russes).

Si jamais des hommes posaient un jour le pied sur Mars, la réussite de leur travail, c'est à leur bien-être qu'il le devront.

Certes, l'homme n'est pas fait pour vivre dans l'espace, mais cela ne signifie pas qu'il ne doit pas y aller.

## ANNEXES

### Plafond – Plancher

Hauteur sous plafond : 2,44 m.

Plancher léger modulaire repositionnable. Anti-incendie, isolation phonique, anti-dérapant.

Faux-plancher, faux-plafond : enfermement des sous-systèmes de servitude (maintenance, climatisation, fluides, matériel bruyant) accessibles immédiatement par démontage pour entretien ou remplacement ; conteneurs.

### Cloisons

En epoxy-graphite composite.

Peuvent être repositionnées, emboîtées sur pannes du plancher.

Tablette, espaces pour s'asseoir, meuble.

### Rangements pour cargaison légère

ISPR simples ou doubles, en epoxy et aluminium.

Dennées non périssables, consommables, pièces de rechange, bobines de fil, équipements, casiers d'objets divers, ...

### Matériel extérieur

(Grue ou bras télémanipulateur.)

Rovers : remise, réserves de carburant.

Fixé dans un conteneur sur le côté du module et détaché par une seule personne : la partie arrière se déplie. Le rover est posé sur le sol. Il ne reste qu'à l'astronaute de déployer sièges et repose-pieds.

### Démontage des équipements d'atterrissage

Réservoirs pour moteurs de descente.

Moteur Vernier micropropulseur de contrôle micrométrique.

Moteur de descente.

Tuyères de rétro-fusée.

Pieds d'atterrissage.

Radar-laser télémétrique pour descente.

Tableau de bord du poste de pilotage.

Gille tridimensionnelle de contrainte (réutilisée pour contreventement serre).

## Sigles et abréviations

ISS : *International Space Station* : station spatiale orbitale en orbite terrestre.

LEO / LMO : *Low Earth / Mars Orbit* : orbite terrestre / martienne basse.

ERV : *Earth Return Vehicle* : véhicule de retour sur Terre.

TMI : *Trans Mars Injection* : propulseur nucléaire pour les voyages Terre/Mars.

MAV : *Mars Ascent Vehicle* : véhicule de retour en orbite martienne.

ISPR : *International Standard Payload Rack* : armoires standardisées pour les instruments scientifiques.

MPAC : *Multipurpose Application Console* : ordinateur central.

ECLSS : *Environmental Control and Life Support System* : système de support de vie.

EVA : *Extravehicular Activity* : sortie à l'extérieur en combinaison spatiale.

## **CARGO**

Station automatique déposée à la surface de Mars avant l'arrivée des astronautes (fenêtre de lancement précédente, soit 26 mois avant). Le Cargo comprend trois parties :

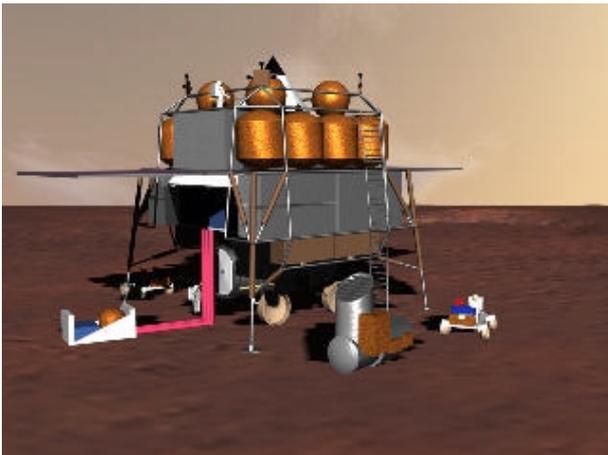
\*Nuke Plant : mini-centrale nucléaire de 160 KW qui fournit l'énergie pour la base et la Fuel Factory.

\* Fuel Factory : synthétise et stocke le carburant nécessaire au MAV à partir de l'atmosphère martienne. L'hydrogène amené de la Terre se combine au CO<sub>2</sub> martien pour produire du méthane et de l'oxygène.

\* Mars Ascent Vehicle : capsule dans laquelle l'équipage prend place pour accéder à l'ERV en orbite. Il doit y avoir des soutes pour une cargaison légère (échantillons, etc...)

Arrimé à l'avant de l'ERV, son bouclier thermique peut servir à l'aérofreinage pour se mettre en orbite terrestre. De plus, il offre un pourtant volume supplémentaire pour l'équipage lors de son voyage retour (en effet, lors du voyage aller, l'équipage disposait du volume de l'Habitat)

Le cargo contient aussi divers équipements, dont la structure de la serre, et un rover supplémentaire.



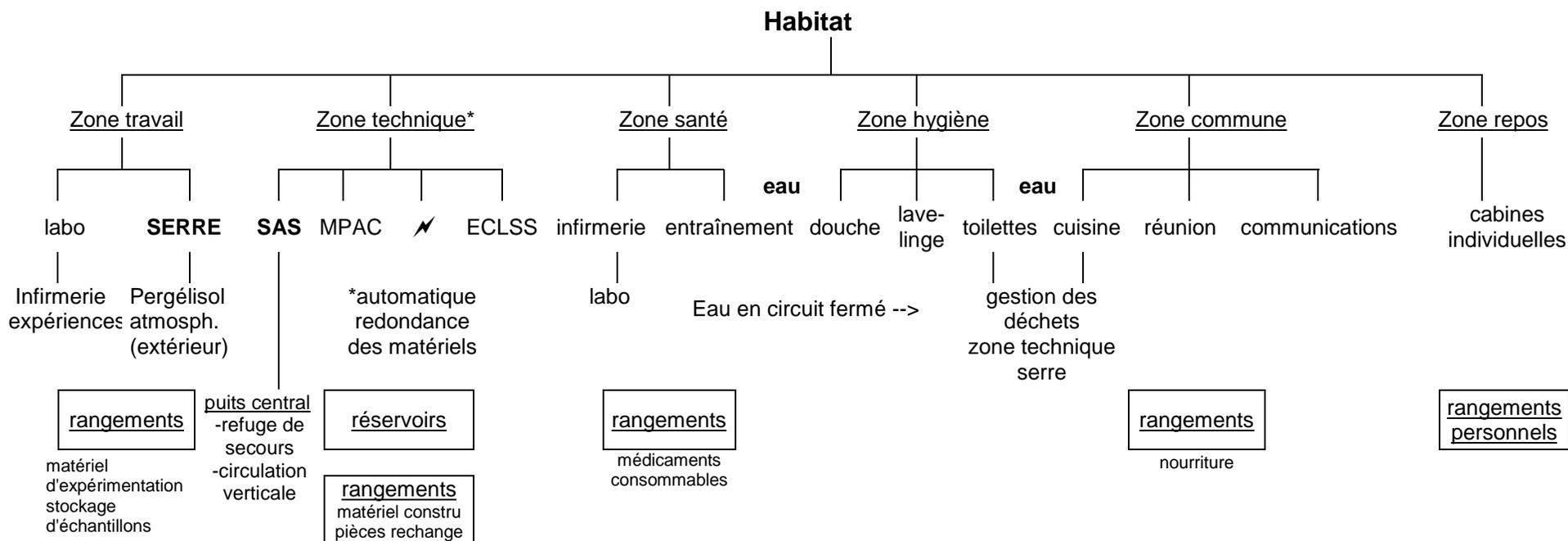
## **ERV**

Habitat assemblé au TMI et qui reste en permanence en orbite, donc toujours en microgravité : surface moindre pour les cabines individuelles (les sacs de couchages peuvent être mis verticalement contre une cloison), puits central sans échelle, sas axial pour arrimage de l'Habitat ou du MAV, ECLSS, ...

Console des dispositifs de contrôle : Rendez-vous, arrimage orbitaux, balises radar pour repérage, manœuvres de la charge utile.

Console d'affichage et de contrôle de la charge utile.

Avionique et tableau de bord du poste de pilote, siège du pilote, du commandant de bord.



SCHEMA RECAPITULATIF DE L'ORGANISATION  
DES ESPACES DE L'HABITAT

