

Manifestes

3

*Jill Gasparina
Christophe Kihm
Anne-Lyse Renon*
Comment quitter
la Terre ?

Manifestes

3

—HEAD■●
Publishing

Jill Gasparina
Christophe Kihm
Anne-Lyse Renon
Comment quitter
la Terre ?

DE L'EXPÉRIENCE TACTILE : LE GANT	11
LE SCAPHANDRE COMME HABITAT MOBILE	17
MISSILE, LANCEUR, ICÔNE, HABITAT	23
L'ATTACHEMENT ET LE VIVANT	31
LA COMPAGNIE DES PLANTES	37
IMAGE EMBARQUÉE ET FENÊTRE	43
CIRCUIT FERMÉ ET CAPTIVITÉ	51
VILLES VOLANTES : QUITTER LA TERRE, Y REVENIR	58
ANALOGIES PLANÉTAIRES	65

Les neuf textes qui composent cet ouvrage collectif tentent de répondre à une question commune, « Comment quitter la Terre ? », depuis une approche matérielle et sensible de l'habitabilité. Chacun d'entre eux revient, à partir d'objets dont les échelles vont croissant – du gant de spationaute à l'exoplanète – sur des problèmes relatifs aux conditions de vie en milieu extraterrestre. La perspective qu'ils suivent est critique d'une conception fonctionnelle de l'habitabilité telle qu'elle est généralement entendue dans les études spatiales. Cette dernière repose sur la raison technique et ses capacités à résoudre des questions d'adaptation à un environnement hostile, et répond à des exigences de productivité et de qualité de vie pour ses habitant·e·s.

Nous pensons, au contraire, que les habitabilités spatiales sont plurielles et qu'elles portent une réflexion complexe sur nos attachements et nos dépendances. L'expérience de l'espace est celle d'un changement de milieu radical, elle modifie

les perceptions et les actions, elle permet de rompre avec les modèles anthropocentriques de l'adaptation.

Comment accueillir ces externalités, quels rapports sensibles à ces dehors pouvons-nous construire, de quelle manière aliéner nos sens ? Comment ces attachements au tout autre nous conduisent-ils à développer des compétences et savoirs alternatifs, corporels mais aussi sociaux ?

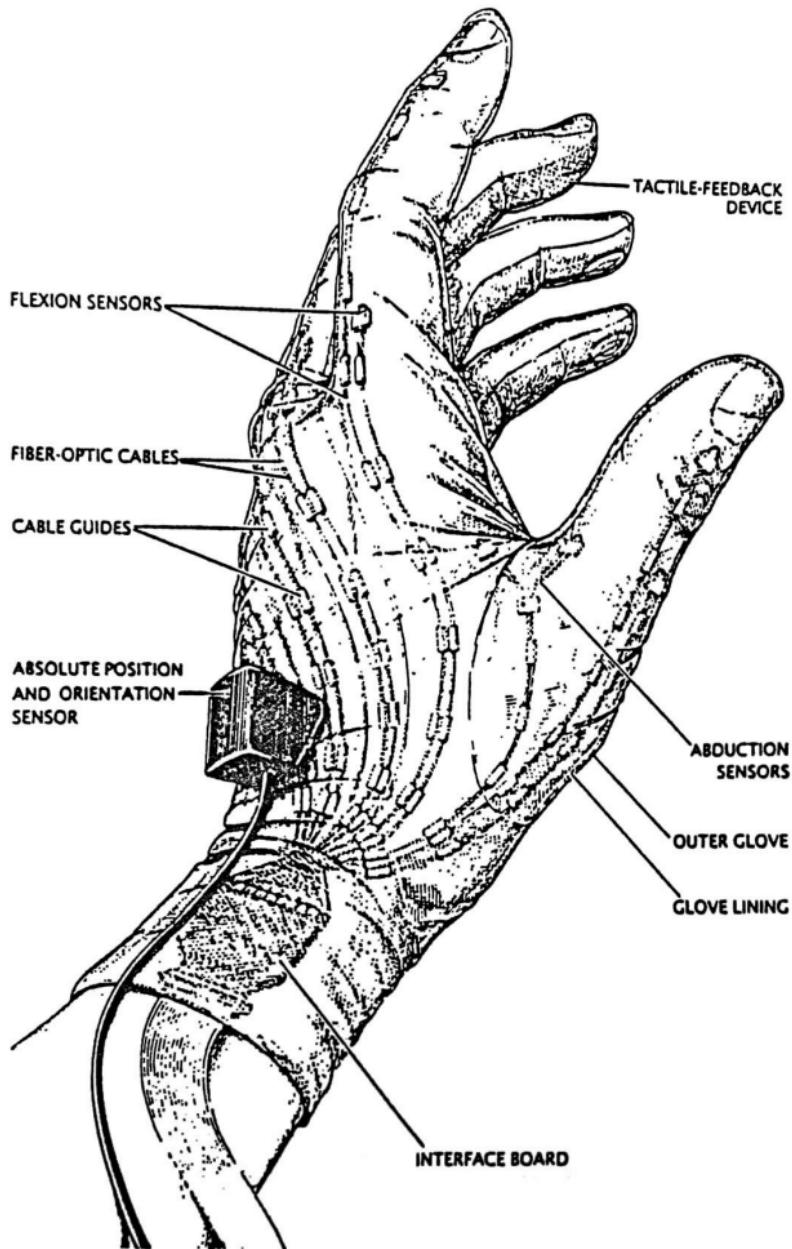
Cette perspective pour les habitabilités spatiales peut être qualifiée d'extraterrienne, puisqu'elle ne porte aucune projection du terrestre dans l'espace, contrairement à la logique fonctionnelle d'adaptation d'un et à un milieu. En re-localisant la Terre dans le cosmos comme un lieu unique, elle prend à revers le point de vue universaliste et incite à redécouvrir les liens que nous entretenons à tou·te·s les existant·e·s, sur Terre, depuis ces dehors. Les habitabilités extraterriennes nous offrent ainsi une opportunité de penser différemment les habitabilités terrestres, en requalifiant nos manières d'habiter la Terre depuis cet «estrangement», cette aliénation de soi et cette défamiliarisation vis-à-vis de ce qui nous entoure.

DE L'EXPÉRIENCE TACTILE : LE GANT

Le besoin de protection contre l'environnement spatial, pour les humains, s'est imposé dans les missions russes et américaines au cours des années 1950-1960, à partir des programmes Soyouz et Gemini. Depuis lors, les questions liées au vol spatial habité se sont précisées à travers les programmes Vostok, Apollo et Skylab, à l'ère de la navette et des stations spatiales Saliout, Mir et ISS. Au cours de ces époques, le gant de la combinaison spatiale a évolué pour devenir une pièce complexe de l'unité de mobilité extravéhiculaire (EMU). Il s'est grandement amélioré dans les domaines de la mobilité et de la dextérité, éléments fondamentaux des conditions de vie et d'activité, particulièrement dans l'espace.

La David Clark Company, qui concevait les combinaisons pour l'aéronautique américaine depuis le début des années 1940, a développé les premiers prototypes de combinaisons pressurisées dans les années 1950 et 1960 pour l'US Air Force. La première d'entre elles, la MC-2,

[Fig. 1] Dataglove, étude prototype de gant pour la combinaison du programme Hermès



DATAGLOVE developed by VPL Research, Inc., translates hand and finger movements into electrical signals. Between two layers of cloth, fiber-optic cables anchored at both ends to an interface board run the length of each finger and double back. Each cable has a light-emitting diode at one end and a phototransistor at the other. Cables are treated so that light escapes when a finger flexes; the phototransistor converts the light it receives into an electrical signal. The position and orientation sensor is made by the Polhemus Navigation Sciences division of the McDonnell Douglas Corporation.

fut fournie par cette entreprise pour le projet Mercury : les gants y étaient attachés de façon permanente au vêtement caoutchouté supérieur, mais ils faisaient toujours l'objet de critiques de la part des pilotes. Même si l'on faisait varier la qualité du cuir, les problèmes d'accumulation d'humidité et de pression restaient inchangés. Aussi, lorsque les ingénieurs de la NASA firent évoluer la combinaison, qui deviendra l'A/P22S-2, ils décidèrent de concevoir des gants amovibles pour permettre un confort général et faciliter l'habillement. Le retrait des gants dans le tenant de la combinaison empêchait également l'accumulation excessive d'humidité et il devint plus facile, pour le pilote, de retirer sa combinaison par lui-même en cas de nécessité. Autre avantage, un gant perforé pouvait être changé sans avoir à remplacer la combinaison entière.

Depuis ces prémices, de nombreuses tâches accomplies par les astronautes sont structurées autour des capacités existantes des gants et six caractéristiques de base ont été identifiées : amplitude de mouvement, force, tactilité, dextérité, fatigue et confort [Abst, 1999].

Phalange, doigt, paume, pince, poignées... assignent des limites à la gestualité articulaire, qui sont entièrement reconsidérées par les contraintes techniques des gants portés par les astronautes, selon deux points principaux :

- Le gant n'offrant pas toute la finesse de l'appareil articulaire de la main, l'astronaute

doit sélectionner la meilleure manière de saisir un objet et hiérarchiser ses mouvements. Toute manipulation d'objet, dans le cadre d'une tâche technique, nécessite le choix d'un espace de manipulation, par l'astronaute.

- La technologie n'est pas intrinsèque à un objet, contrairement à sa masse, son volume, sa surface. Les déplacements et les usages contraints par l'environnement spatial associent les objets à de nouvelles technologies, mais aussi à de nouvelles connaissances, qui entraînent de nouvelles gestualités.

La force humaine et la dextérité, la manipulabilité et la perception tactiles sont uniques. Elles font de la main un outil polyvalent, efficace, qui assure la supériorité du corps humain sur les appareils artificiels dans des tâches adaptatives et complexes ne pouvant être entièrement définies à l'avance. Aussi, les gants pour les sorties extravéhiculaires (EVA) constituent-ils l'interface principale et parfois unique entre l'astronaute et le travail à effectuer : ils doivent donc offrir un équilibre entre mobilité, confort tactile et protection contre les dangers de l'environnement spatial.

La difficulté de saisie des objets avec les gants est un problème récurrent rencontré par les astronautes lors d'une activité extravéhiculaire. Le gant est composé de plusieurs couches de plastique afin d'empêcher les fuites d'air. Le tissu procure de la force pour que le plastique n'éclate pas,

il assure également l'isolation et la protection contre les micrométéores. Tous ces facteurs restreignent la conception de gants flexibles, avec de bonnes capacités sensorielles, mais la saisie d'objets à travers ces couches ou à travers des bouts de doigts en caoutchouc et plastique épais demeure complexe. Un autre problème, plus important encore, est celui de la fatigue de l'astronaute, liée à l'effort demandé pour déplacer le gant de sa position neutre¹ en raison des différences de pression entre l'intérieur de la combinaison spatiale et les pressions extérieures de l'environnement spatial. Tout mouvement, comme serrer les doigts, pincer ou, au contraire, écarter les phalanges, nécessite un effort physique. Afin d'établir une échelle des sensations pour les applications spatiales, dès 1987, des capteurs de force miniatures sur la paume du gant ont été imaginés pour entraîner une ceinture électrotactile autour de la taille, augmentant ainsi la sensation tactile manquante [Bach-Y-Rita *et al.*, 1987].

Des systèmes de substitution sensorielle ont été ou sont en cours de développement : la vision tactile, phénomène analysé par exemple dans la mobilisation attentionnelle entre un malvoyant et sa canne blanche, pouvant être considérée comme le « doigt de son regard » [Malafouris, 2013] ; la substitution auditive et la substitution somato-sensorielle, pour les mains et les pieds privés de

¹ Lorsque le gant est positionné sur la combinaison, il est en position dite « neutre », c'est-à-dire une position physique moyenne de la main.

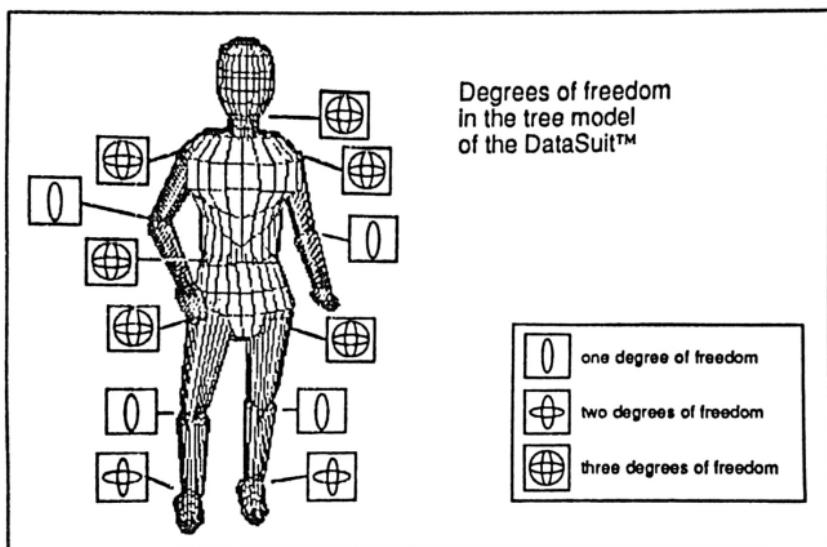
sensorialité, sont à l'étude. Le projet RoboGlove, développé par l'entreprise suédoise Bioservo en 2016, associe quant à lui un gant contenant des capteurs et un exosquelette robotisé venant amplifier et préciser les mouvements captés sur les mains à l'intérieur de l'enveloppe gantée. Ce projet rejoint les innovations ayant pour perspective les missions martiennes, où l'assistance par robotisation permet de pallier le déficit de sensation tactile. Les prototypes synesthésiques [Talvi, 2019] essayant de conjuguer l'interaction entre plusieurs sens, outre le toucher, et les exosquelettes automatisés, partagent cet objectif d'une meilleure interaction des astronautes et de leur environnement. Ils répondent aux exigences de la « valeur tactile », qui implique l'économie de geste et de matière. Mais le développement de certaines aptitudes corporelles à travers la sensibilité de l'épiderme ne peut uniquement s'obtenir par des substitutions sensorielles. Pour l'habitabilité spatiale, il faudrait aussi procéder à une « éducation du tact », comme le suggérait Marinetti dans son manifeste du « tactilisme » [Marinetti, 1921].

LE SCAPHANDRE COMME HABITAT MOBILE

La toute première combinaison pressurisée destinée à la haute altitude, conçue par Wiley Post et Russell Colley de la compagnie B. F. Goodrich, fut utilisée pour des vols réalisés en stratosphère en 1934 et 1935. Ces premières combinaisons étaient semi- voire totalement rigides, offrant de fait de grandes capacités de protection contre les radiations, mais également l'assurance de la satisfaction des besoins vitaux et des possibilités d'action sur l'environnement. Cependant, elles contraignaient énormément les possibilités de manœuvre, du fait du manque de place dans les cabines de pilotage et modules de vie à bord, et du cahier des charges techniques [De Monchaux, 2011].

La combinaison américaine actuelle, EMU (Extravehicular Mobility Unit), est essentiellement une enceinte anthropomorphique, une enveloppe technologique de 127 kg composée d'un scaphandre modulaire adaptable et de gants réalisés sur mesure, avec lesquels l'humain peut opérer dans l'environnement spatial [Young et

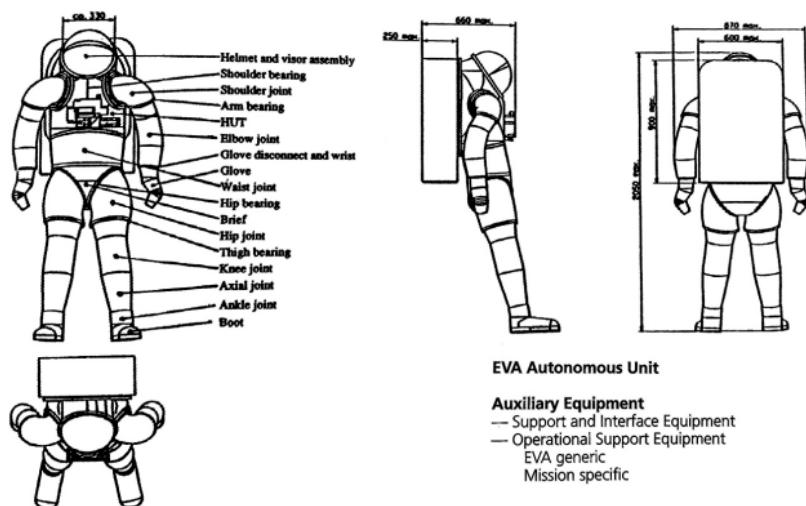
[Fig. 2] Degrés de liberté de mouvement dans le modèle arborescent de combinaison connectée



[Fig. 3] EVA System et EVA Reference Configuration, présentation Hermès Quick System, avril 1992, p. 83

5.3. EVA System

5.3.1. EVA Reference Configuration



Avino, 2009]. Elle est composée d'un système multicouche complexe, hautement technologique et pressurisé. Depuis le premier pas sur la Lune en 1969, cet habitat-habit individuel pose des problèmes d'autonomie et de poids. Il est conçu pour assister un corps, mais a aussi pour effet de contraindre grandement sa mobilité dans l'espace et de limiter sa dextérité. Il nécessite, de fait, une adaptation à la microgravité et à l'impesanteur, tout comme il suppose une reconversion des intuitions et réflexes de la vie sensorielle sur Terre [Shepard *et al.*, 1973].

À cette fin, c'est Buzz Aldrin qui, en 1966, suggéra d'utiliser la plongée sous-marine pour l'entraînement des astronautes à la vie en milieu spatial [Marlier et Mouriaux, 2017]. Loin de pouvoir reproduire les conditions exactes de l'impesanteur, du fait de la résistance de l'eau, la flottaison neutre de ces plongées permet néanmoins de penser l'anthropométrie de ces habitats-habits comme la relation entre le renouvellement des techniques du corps (marche, saut, mouvements) et celui des opérations cognitives en constante adaptation. Outre les vols paraboliques, qui sont malgré tout de très courte durée, l'entraînement en piscine est donc fondamental pour se familiariser à ces nouvelles conditions physiques de vie.

Un programme européen d'entraînement des futurs astronautes fut lancé dès 1980, en lien avec le développement – abandonné – de la navette Hermès, et testé depuis par de nombreux astronautes de l'ESA à la Comex² à Marseille [Marlier

et Mouriaux, 2017]. Innovations et évolutions des conditions d'habitabilité des combinaisons sont mises en œuvre, notamment avec le développement de scaphandres amphibiens d'entraînement, avec pour horizon de futurs voyages lunaires et martiens. Il s'agit d'interroger la motricité de l'astronaute dans cette analogie aquatique à l'aide des outils technologiques assistant et contraint sa mobilité, de même que son adaptation sensorielle aux missions extra-véhiculaires.

À partir de 1988, un premier scaphandre d'essai baptisé Gandolfi est mis au point par la Comex avec pour ambition de reproduire les caractéristiques de la mobilité en milieu spatial, aussi bien en termes d'encombrement, de microgravité, que de champ de vision. Puis, dans le cadre du projet Moonwalk dirigé par Peter Weiss, directeur du département Espace et Innovation de la Comex, un modèle Gandolfi 2 est mis au point en 2016, selon le principe d'un «exosquelette» avec des ajustements de contraintes réglables sur les membres. Il peut s'adapter à la taille de l'astronaute grâce à ses ceintures ventrales et latérales. La résistance causée par le gonflement (pour simuler le vide ou les faibles pressions) est réglable, et des roulements à billes, ou équivalents, permettent les rotations des bras, des jambes et du bassin.

² La Comex (Compagnie Maritime d'Expertise) est une compagnie d'ingénierie spécialisée dans l'intervention humaine en milieux extrêmes. Y sont développés des modèles pour l'exploration sous-marine et la robotique.

Placé dans des conditions de travail et d'habitat analogues, l'astronaute effectue ses simulations de sorties extravéhiculaires au départ et en extension de l'habitation modulaire et déployable Shee (Self Deployable Habitat for Extreme Environments). Cette unité d'habitation est elle-même pensée pour reproduire les conditions de vie, de travail et de sociabilité spatiales, tout en interagissant avec les contraintes de l'enveloppe de la combinaison en milieu confiné, lunaire ou martien, de même qu'avec le matériel robotique externe.

L'enjeu n'est plus seulement d'adapter le corps à l'habitat mais de créer des dispositifs techniques qui favorisent les expériences du milieu spatial et l'immersivité selon différents modes (*e.g.* tactile, auditif, émotionnel). Dans l'environnement ou par les caractéristiques de l'appareillage technique, l'on pourrait fournir une rétroaction sensorielle telle qu'elle est étudiée dans différents scénarios d'interaction avec des applications de réalité virtuelle, augmentée ou mixte [Zhang, Zadtootaghaj, Hoel, Perkis, 2018].

Mais une autre perspective sur l'adaptabilité sensorimotrice des spationautes, en vue des prochains vols habités et surtout des ambitions de colonies spatiales, est constituée par l'étude de l'intégration du système humain dans des dispositifs complexes homme-machine et robotiques. La reproduction de la gestualité en apesanteur, l'apprentissage de l'environnement et l'habitation du milieu sont davantage qu'une adaptation. Pour le dire autrement, il s'agira de faire corps avec

ces combinaisons qui ne sont plus seulement des enveloppes mais des systèmes technologiques et cognitifs embarqués, participant du principe d'éaction³ selon des approches sensorimotrices de la cognition postulant la co-adaptation du corps et de son environnement [Colombetti, 2010].

Comme le mentionnaient, dès 1960, Manfred E. Clynes et Nathan S. Kline : « Modifier les fonctions corporelles de l'homme pour répondre aux exigences des environnements extraterrestres serait plus logique que de lui fournir un environnement terrestre dans l'espace... Des systèmes organismes-artefacts qui prolongeraient les contrôles d'autorégulation inconscients de l'homme en seraient une possibilité⁴. »

3 Le principe d'éaction (« faire-émerger par l'action ») fut proposé par Francisco Varela dans les années 1980. Il désigne « une propriété qu'ont certains systèmes à se construire eux-mêmes, en permanence et du fait de leur interaction avec leur environnement. » (Benoît Le Blanc, « Francisco Varela : des systèmes et des boucles », in *Hermès, La Revue*, vol. 68, n°1, 2014, p. 106-107)

4 Manfred E. Clynes, chercheur spécialisé notamment en simulation dynamique et Nathan S. Kline, directeur de recherche spécialisé en psychiatrie, ont publié en 1960 un article resté célèbre, « Cyborgs and Space », dans lequel ils ont popularisé le terme de « cyborg » pour décrire un corps humain technologiquement augmenté apte à survivre dans l'espace.

Dans la science-fiction populaire des années 1950, les fusées qui permettent aux humains de partir à la conquête de l'espace sont pour la plupart reconnaissables à leur aspect monobloc et *streamliné*, celui d'un cigare allongé au nez pointu. Cette forme générique de fusée, que l'on retrouve de *Destination Moon* (1950) aux planches de Hergé en passant par les couvertures de *pulps*, dérive de celle du V2. Missile balistique mis au point à partir de 1936 par des ingénieurs travaillant pour l'Allemagne nazie, avec à leur tête Wernher von Braun, le V2 effectue son premier vol réussi en 1942. Produit en masse par des détenus dans le camp de concentration de Dora, il est lancé sur Paris, Londres et Anvers en 1944.

Le V2 dispose d'un statut mythique dans l'histoire de l'armement comme dans celle de la Seconde Guerre mondiale : cette arme *aurait dû* faire gagner l'Allemagne nazie. D'abord appelé A4 (Aggregat 4), il est rebaptisé en 1942 par Himmler du nom de V2, *Vergeltungswaffe 2*, pour « arme de

[Fig. 4] Missile V2, galerie « Space Race »,
National Air and Space Museum,
Washington



représailles » [Neufeld, 2008 ; Newell, 2019]. Le missile est en effet conçu comme une arme de terreur psychologique autant que pour ses capacités de destruction. Non seulement c'est la fusée la plus grande, lourde et puissante du monde à cette époque [Winter, 1983], mais sa vitesse supersonique la rend silencieuse. Elle frappe donc sans prévenir.

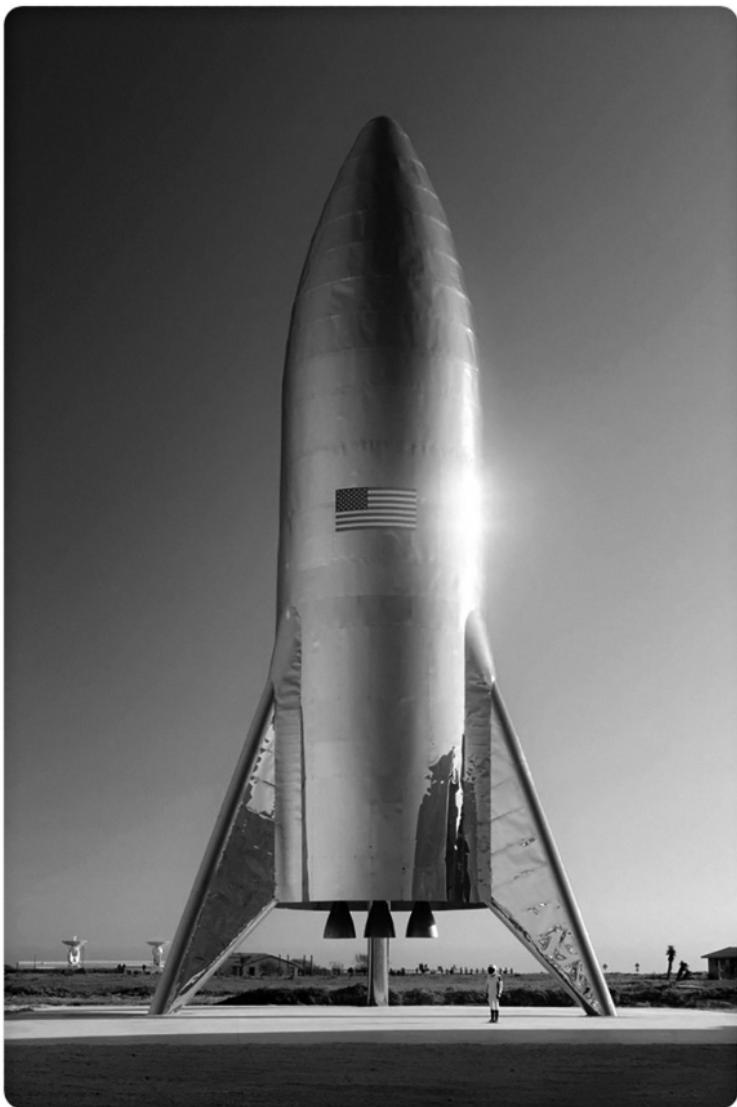
Cependant, son guidage est difficile et son usage tourne au fiasco. Et c'est un destin spatial qui s'ouvre rapidement pour le V2 : il est, en effet, le premier objet de fabrication humaine à atteindre l'espace lorsqu'en juin 1944 il rejoint une altitude de plus de 100 km. À cet égard, il est considéré comme l'ancêtre de tous les lanceurs, notamment le Redstone et le Saturn V [Le Maner, 2007]. Dès la fin de la guerre, la fonction du missile se modifie radicalement. En 1946, l'armée américaine envoie dans un V2 des spores et des champignons dans l'espace dans le cadre d'expériences biologiques sur l'impact des radiations. En 1949, c'est le singe Albert qui sert d'hôte et de sujet d'expérience. En 1947, les Américains utilisent un V2 pour photographier la Terre depuis l'espace, pour la première fois de l'Histoire. Au milieu des années 1940, Arthur C. Clarke imagine même qu'il pourrait servir à mettre un satellite de communication en orbite. En cinq ans, le V2 passe ainsi du statut d'arme de destruction massive à celui de véhicule spatial et, partant, d'allégorie de la terreur à symbole désirable, pacifique – et largement reproduit – des promesses cosmiques.

[Fig. 5] Elon Musk : « L'assemblage du prototype de fusée Starship sur le site de lancement @SpaceX au Texas est terminé. Il s'agit d'une vraie image, pas d'une visualisation 3D ».



Elon Musk 
@elonmusk

Starship test flight rocket just finished assembly at the @SpaceX Texas launch site. This is an actual picture, not a rendering.



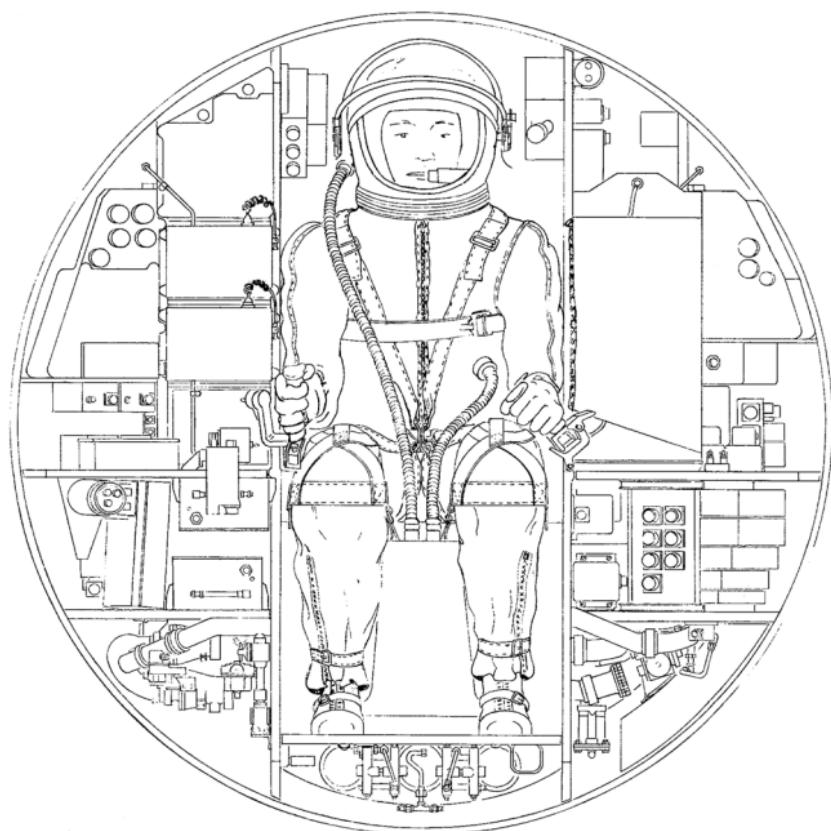
Si l'étude de son histoire permet d'éclaircir les modalités de cette démilitarisation progressive, celle des transformations fonctionnelles du V2 ouvre plusieurs pistes de recherche, eu égard à la conception des habitats spatiaux. On assiste d'abord, diachroniquement, à un empilement des fonctions : le V2 est un missile, un lanceur mais aussi un habitat (et une icône culturelle). Dès les débuts du processus de mise au point, des projets de conversion du missile en fusée habitée sont imaginés [Winter, 1983]. À la fin des années 1940, c'est l'ingénieur Harry Ross qui réfléchit, au sein de la *British Interplanetary Society*, à un V2 habité, le Megaroc [Macauley, 2012]. Von Braun travaille par la suite sur le *ferry rocket*. Mais en attendant le succès éventuel du Starship de SpaceX, qui semble tout droit sorti des fantasmes de Von Braun, seul le champ fictionnel a vu ces V2 habités s'élever dans les airs : ce sont des capsules ajoutées sur le nez des lanceurs qui ont, seules, été en mesure d'accueillir des habitants, non pas le corps de ces fusées lui-même. Cette manière de réassigner une structure pré-existante à une fonction d'habitat est cependant récurrente dans l'histoire du spatial. Le module principal du Skylab est, par exemple, réalisé à partir du troisième étage de la fusée lunaire géante Saturn V. Pour ce qui est de l'ISS le module russe Zarya a pour base une partie du vaisseau de ravitaillement TKS. L'architecture spatiale est donc, aussi, une architecture de transformation [Rambert, 2015].

Cet empilement peut survenir de manière synchrone, également : quand Von Braun énonce pour la première fois son projet de station circulaire, il ne l'envisage pas d'abord comme un habitat, mais à travers toute une gamme de fonctions militaro-scientifico-stratégico-diplomatiques, qui vont de l'« instrument de la paix », à l'« arme » de destruction massive, en passant par le « tremplin pour l'exploration spatiale » [Von Braun, 1952, p. 22-39, 65-74]. Le Space Shuttle était, quant à lui, conçu comme un lieu de vie, un laboratoire et un véhicule, ce que traduisait l'organisation de ses espaces intérieurs. Et pour ce qui est de l'ISS, elle est aujourd'hui à la fois un habitat et autre chose, notamment un laboratoire, un observatoire (et un lieu idéal pour faire des selfies). Cette pluri-fonctionnalité traduit la dimension marginale de la fonction d'habitat des architectures spatiales – ce que rendait à merveille la fameuse expression « man in a can » employée par les premiers astronautes. Elle rend également visible un phénomène historique, une très progressive quête de l'habitabilité [Häuplik-Meusburger, 2011, Song Lockard, 2015] de ces architectures. Avec son caractère « dual » [Le Maner, 2007, p. 121], le V2 était, quoi qu'il en soit, destiné à subir de multiples transformations fonctionnelles.

Le destin pop du V2 nous renvoie, du reste, vers un problème fort différent. Avec son « image de grâce aérodynamique » [McCurdy, 2011, p. 217] et sa silhouette parfaitement moderne, le V2 a incarné, du moins jusqu'à la mise au point de la

navette spatiale, le fantasme du vol spatial habité. Et comme dans le cas de la station circulaire, véritable icône visuelle des années 1950 à 1970, les phénomènes massifs d'appropriation/dérivation/transformation, auxquels a été soumis ce véhicule devenu pure image - ou pur bloc -, peuvent servir de point de départ à une réflexion sur le milieu des images. Qui sont les agents de la diffusion de la forme ? Existe-t-il des « images boosters », dont le rôle de diffusion d'une image équivaudrait à celui des *space boosters* décrits par Howard McCurdy ? Comment interpréter l'oubli, dans les productions universalistes de la culture pop, des origines nazies de cette forme iconique ? « L'architecture du futur sera un missile », prophétisait Fontana en 1952, en pleine période d'en-gouement de la science-fiction pour le V2 dans « Pourquoi je suis spatialiste » [Fontana, (1952) 2013]. Si l'on essaie de penser conjointement le devenir pop et le devenir-habitat de cette arme de guerre, on remarquera que ce qui les rend possibles, c'est une opération commune d'appropriation visuelle et de domestication culturelle : l'ajout d'une porte ou d'un hublot sur une image. Ainsi, le modèle sculptural moderniste de la forme autonome, close sur elle-même, se trouve-t-il converti en une architecture dynamique, et en un espace rendu habitable par et dans les images.

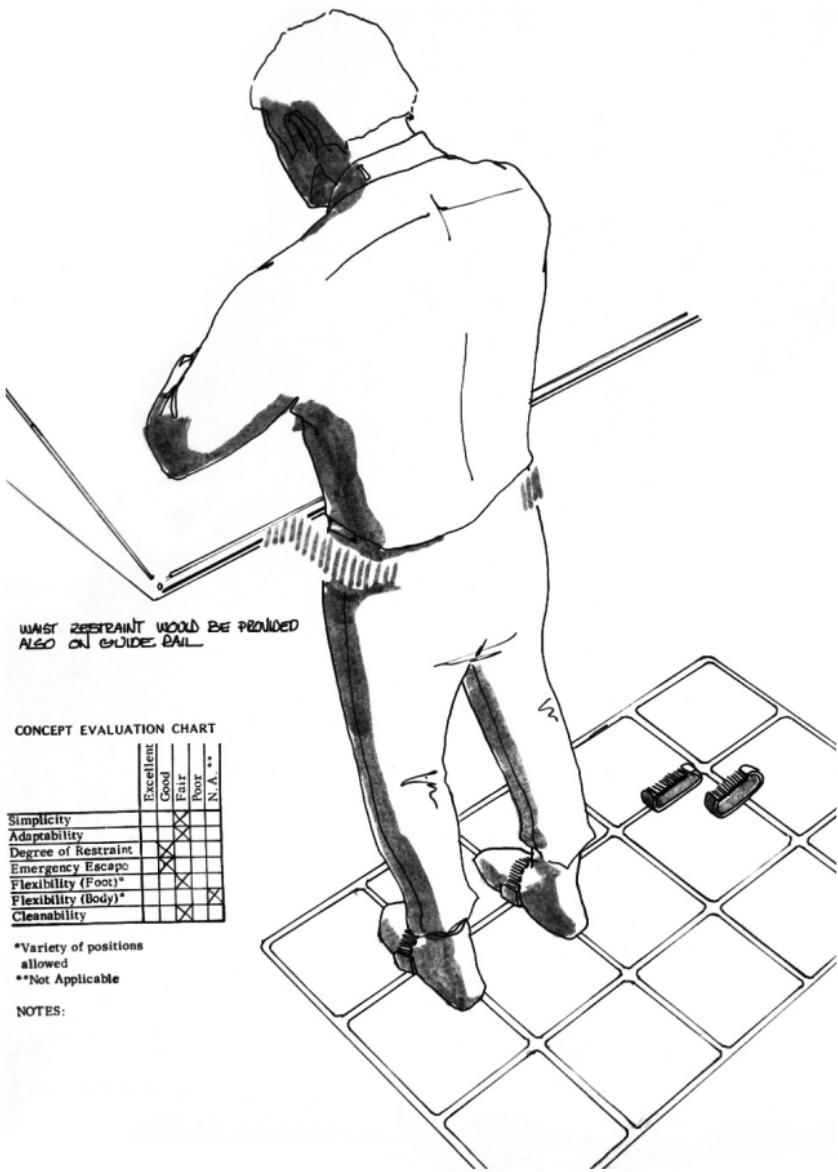
[Fig. 6] Project Mercury Familiarization
Manual. Manned Satellite Capsule, Cabin
Equipment (Figure 1-5. Sheet 1 of 2), p. 17.
McDonnell Aircraft Corporation / NASA,
15 décembre 1959



On pourrait presque oublier, tant cette coordonnée est inhérente à nos expériences, que de la gravitation dépendent les possibilités de nos actions, les mobilités, les postures et les stations de nos corps à la surface du sol terrestre. Dès lors que ces coordonnées sont redéfinies, comme sous les conditions de vitesse et de distance produites par les vols et les habitabilités extraterrestres, de nombreux aménagements matériels s'imposent, dédiés aux corps et à leurs actions, afin de répondre à ces changements de milieux.

On attribue au designer Raymond Loewy la mise au point de systèmes d'attaches au sol, inventés et expérimentés à bord de la station spatiale Skylab (lancement en 1973), pour assurer l'immobilisation des corps des astronautes lors de séjours orbitaux en gravitation zéro. Le sol et le plafond de la station Skylab furent ainsi recouverts de grilles usinées à partir de plaques d'aluminium, qui offraient autant de prises pour les mains et pour les pieds des astronautes flottant dans l'habitat

[Fig. 7] Raymond Loewy, Support de fixation pour le Skylab (commanditaire NASA), 1972



spatial. Les chaussures des astronautes étaient, quant à elles, équipées de cales qui permettaient d'engager leurs pieds dans ces découpes et de fixer leurs corps à une surface [Sgobba et Schlacht, 2018].

Sangles en tissus, arceaux, repose-pieds, poignées, mains courantes... ces systèmes de retenues (*restraint system*) ponctuant les habitats spatiaux, qu'ils soient véhiculaires ou stationnaires, sont essentiels à l'articulation des déplacements des corps dans l'espace et à la réalisation de différentes activités. Leur variété répond à des positions et des usages relatifs à des tâches et des durées, depuis le déplacement le plus ordinaire, la prise d'un repas ou des travaux plus qualifiés. Une ergonomie est ainsi définie par le nombre de ces prises, proportionnel aux volumes des habitats et aux dimensions de leurs surfaces, eux-mêmes liés aux durées des séjours dans l'espace. Le rythme imprimé par ces attaches aux surfaces de ces habitats, leurs localisations, peuvent être retenus au registre de l'habitabilité en tant qu'ils signifient l'environnement par leurs dispositions pour l'action, par leurs « affordances⁵ ».

Ces exigences matérielles d'attachement des corps sous conditions physiques extraterrestres peuvent se rapporter aux véhicules et aux habitats

⁵ Le concept d'affordance, développé par James J. Gibson à partir de 1966, désigne ce qui est permis, offert par un environnement, dans la mise en jeu des relations de la perception et de l'action. Comprendre les affordances des environnements extraterrestres est un champ d'étude particulièrement fécond pour l'habitabilité.

spatiaux. Le 30 mai 2020, la société privée Space X a financé son premier vol habité, avec deux astronautes de la Nasa à bord de la capsule du vaisseau Dragon, située à l'extrémité de la fusée Falcon-9. Si l'intrusion d'opérateurs privés dans les vols spatiaux habités à des fins commerciales est récente, les éléments techniques mis en œuvre pour assurer la propulsion de ces engins, les processus de déroulement des vols par étapes associées au désassemblage des éléments qui les composent, renvoient à une longue histoire technique. Une capsule est toujours un module architectural pour des vols de courte durée, attachée à une fusée dont elle se détache, comportant un système de propulsion et une cabine où des astronautes sont attachés à des sièges, disposant de commandes accessibles en fonction de leurs mobilités excessivement réduites.

Les habitats capsulaires sont autonomes, fermés sur eux-mêmes par une enveloppe externe, et donc déliés, mais aussi liés aux structures qui les portent et les propulsent, et reliés potentiellement à d'autres habitats, telles que des stations spatiales auxquelles ils peuvent se rattacher. Les capsules sont compactes et complètes, leurs systèmes de retenues contraignent les corps des astronautes de la tête aux pieds, entièrement solidaires du bloc architectural, bien que leurs attaches soient ajustables selon les différentes phases d'un vol. L'astronaute qui prend position à l'intérieur de la cabine située dans la capsule est enveloppé dans sa combinaison pressurisée, qui encapsule son corps, lui assure une

alimentation en air, le sépare autant qu'elle le relie à l'architecture capsulaire. Ainsi, entre le corps de l'astronaute et la cabine, entre la cabine et la capsule, puis entre la capsule et la fusée, des sources d'énergies, une cellule de vie et une infrastructure se complètent. L'agencement de ces éléments répond précisément aux concepts de « clip-on » et de « plug-in⁶ » tels qu'ils ont pu se préciser dans l'architecture radicale chez Kisho Kurokawa ou chez Archigram au cours des années 1960 afin de désigner des « machines à habiter » dont les pièces et appareils sont entièrement reliés [Šenk, 2017]. Ces agencements techniques laissent entendre que l'habitabilité associée à ces machines se joue au carrefour de deux opérations : l'emboîtement des habitats (combinaison pressurisée dans cabine dans capsule dans fusée), et les attachements et détachements de leurs unités (corps des habitants, modules d'habitation, infrastructures).

Sur cette ligne tirée par les attachements et les détachements en milieu extraterrestre se définissent des coordonnées expérimentales pour les perceptions et les actions, dont les mesures sont définies, dans la recherche spatiale, en raison

⁶ Selon Reyner Banham, le clip-on, en architecture, est au principe de l'attachement d'une source d'énergie à une cellule de vie (à l'exemple d'un moteur dont un vaisseau-bateau doit être équipé) [« A Clip-on Architecture », Banham, 1965]. Mais on peut tout autant « clipper » une cellule de vie à une infrastructure, ce qui répond au concept de « plug-in », mobilisé par le collectif Archigram. Si la mégastructure est permanente, l'attachement de la cellule est temporaire et adaptable en nombre.

d'adaptations des corps et des sujets (entre physiologie, psychologie et éthologie). Il reviendrait pourtant à ces études de s'ouvrir aux exaptations mises à disposition par ces externalités extraterrestres [Andrieu, 2007], à partir des nouveaux plans sensorimoteurs qu'elles proposent. Le laboratoire des habitabilités spatiales pourrait considérer ces aliénations des sens et des corps, mais aussi comprendre comment se rejouent ici des habitus, des compétences et des incompétences culturelles et sociales à l'échelle de micro-communautés plurilinguistiques, à partir de relations tout autres aux distances, aux personnes et aux médiations techniques, entre télécommunications avec le terrestre et proxémie en milieu confiné.

Les relations d'attachement et de détachement se situent encore au centre des théories métaphysiques des sujets extraterrestres – que l'on estime que tout corps arraché à la Terre lui soit encore attaché [Husserl, 1989] ou que sous l'effet de la gravité zéro les corps ne soient plus attachés ni détachés, mais flottants. Ressaisies à partir du plan matériel des surfaces, ces réalités nous conduisent cependant à d'autres analyses : l'attachement à une surface est impérieux, pour tout corps terrien, puisqu'il crée des conditions d'orientation, de perception et d'action, à partir d'un sol. Et si, comme l'estiment les biologistes, la vie est attachée à la gravité terrestre [Bizzarri, 2019], alors faisons l'hypothèse que les attachements produits grâce à des objets techniques dans les milieux extraterrestres nous rappellent au vivant plus qu'à l'existential.

Le 9 août 2015, depuis l'ISS, l'astronaute Scott Kelly poste un selfie sur Twitter. On y voit son visage en plongée dans un clair-obscur, et baigné dans une étrange lumière rose fluorescente qui provient, à l'arrière-plan, d'une serre où pousse une laitue romaine. Il s'agit précisément de Veggie (une abréviation de Vegetable Production System), un dispositif de serre mis au point par l'entreprise américaine ORBITEC pour la NASA. Il consiste en une unité déployable et modulaire de culture de plantes, composée d'un tapis racinaire (*root mat*), d'une enceinte de croissance d'une surface de 0,17 m² et d'un système d'éclairage LED. Veggie est installé dans le module Columbus depuis 2014. Veggie est surtout «le premier système [...] designé pour la production alimentaire plutôt que pour les expérimentations botaniques en micro-gravité» [Zabel *et al.*, 2016, p. 7].

Ce selfie, devenu rapidement viral, a trouvé un prolongement dans les photographies postées dès le lendemain sur les réseaux sociaux, et sur

[Fig. 8] Le cosmonaute Victor Savinykh observe une plante ornementale dans la serre Malachite, à bord de Saliout 6, 1981



[Fig. 9] Scott Kelly : « Demain, nous man-
gerons cette récolte tant attendue à la
@space_station ! Mais d'abord, prenons
un selfie [avec la laitue]. »



Scott Kelly @StationCDRKelly · 9 août 2015

Tomorrow we'll eat the anticipated veggie harvest on @space_station! But first, lettuce take a #selfie. #YearInSpace



lesquelles on pouvait voir les astronautes Kelly, Lindgren, Yui, Kononenko, Padalka et Kornijenko déguster avec une joie manifeste des feuilles de cette laitue, signe d'un assouplissement des standards stricts de la NASA en termes de microbiologie des aliments, qui interdisaient jusque-là l'ingestion des récoltes. Pour autant, ce n'était pas une première dans l'histoire de la botanique spatiale : dès 1975, des cosmonautes russes consomment des oignons produits en orbite à bord de Saliout 4 [Zabel *et al.*, *op.cit.*, p. 2].

L'inclusion des plantes, comestibles ou non, dans les systèmes de support des activités vitales est un défi majeur pour la recherche spatiale, dont l'importance est soulignée dès les textes des pionniers. Tsiolkovski, comme Tsander évoquent la nécessité d'une agriculture spatiale. Et les expériences débutent avec les premiers vols habités : dans le Vostok 1 qui emmène Gagarine en orbite se trouvent des drosophiles, mais aussi des paquets de graines.

Rapidement, les cosmonautes se muent ainsi en laborantins. Valeri Bykovsky et Boris Egorov expérimentent sur la *tradescantia* (une plante herbacée), rétrospectivement dans Vostok 5 (1963) et Voskhod 1 (1964) [Neichitalo et Mashinski, 1993, p. 21]. Mais c'est la mise en orbite des premières stations et, avec elles, l'apparition des vols longue durée, qui permet le lancement d'expériences étendues de botanique, à partir de 1971. Deux pans de la recherche se distinguent alors. Le premier porte sur l'évolution des plantes, en rapport

avec les conditions de microgravité. Le second relève de la science appliquée et cherche à identifier comment « nous pouvons cultiver des plantes de manière efficace pour fournir des aliments sains, nutritifs et plaisants à destination des équipages» [Massa *et al.*, 2016, p. 215-222], dans le cadre de mission de longue durée. Voici deux usages parfaitement balisés : la plante, qu'elle serve d'objet d'étude dans le cadre d'expériences botaniques ou d'aliment frais et savoureux, s'intègre dans une conception technico-scientifique de l'habitabilité. Sur le selfie, le regard de Kelly, à l'instar des vociférations triomphalistes du personnage de Mark Watney dans *The Martian* lorsqu'il réussit son potager martien, manifeste ainsi la fierté d'un succès technique – être parvenu à faire pousser une plante dans un environnement hostile – et l'adresse à ses nombreux *followers*.

Les plantes peuvent cependant être envisagées sous un troisième angle. La comparaison du selfie de Kelly, une image de communication, avec cette photographie de Viktor Savinykh, prise en 1981 à bord de la station Saliout 6, sera ici éclairante. Sur la seconde image, on voit le cosmonaute penché sur une plante qui s'avère être une orchidée, bien qu'elle ne porte pas de fleurs. Le regard n'est plus dirigé, comme plus haut, vers le regardeur (voire vers lui-même, comme la pratique du selfie le laisse entendre) mais vers le végétal. Le cosmonaute touche l'orchidée avec douceur. Une lumière blanche, presque vaporeuse, a remplacé le rose technique des LEDs. Le jeu du regard qui

couve avec bienveillance la plante, la couleur bleutée de la combinaison, la main délicate au geste tendre, ainsi que le rapport d'échelle entre ces deux corps sont autant de signes qui inscrivent cette image dans une tradition visuelle qui n'a que peu à voir avec celle des représentations techniques : on pense ici aux peintures de Vierges à l'enfant, là où le selfie de Kelly évoquait plutôt les photographies de chasseurs posant avec leurs trophées. L'émerveillement se substitue à la prouesse.

La structure visible sur l'image, Malachite, est le premier dispositif de plante ornementale à avoir été embarqué, en 1979. La recherche spatiale russe, notamment dans son versant botanique, a rapidement identifié l'impact émotionnel positif de la présence des plantes à bord des missions de longue durée [Neichitailo et Mashinski, *op.cit.*, p. 49]. À la fin des années 1970, on envoie en orbite des plantes pour l'agrément des cosmonautes. Et les témoignages ne manquent pas au sujet de l'importance des « amis verts », comme les appelait Valery Ryumin (*Saliout 6*) [Bluth, 1987, p. 294]. Dès 1971, Victor Patsayev décrivait les plantes à bord de *Saliout 1* comme des animaux de compagnie. Valentin Lebedev, dans le récit de sa mission sur *Saliout 7*, ne cesse quant à lui de revenir à son intérêt pour son « jardin » [Lebedev, 1990, p. 405]. À l'instar du terme « malachite », qui désigne une pierre fine d'un vert intense fréquemment utilisée pour ses propriétés décoratives, le nom de la première serre spatiale russe, *Oasis*, est d'ailleurs porteur d'une

charge métaphorique qui ne se limite pas à ses usages techniques.

Il serait théoriquement grossier, et naïf, de renvoyer ici dos à dos les poètes de l'espace aux ingénieurs, la haute tradition picturale à la vulgarité des images partagées. Cette confrontation vise simplement à affirmer que dans le vide spatial, les plantes sont des espèces compagnes, des habitantes à part entière. La relation que l'on peut nouer avec elles ne se résume pas à l'accomplissement d'une fonction d'usage (dont le plaisir fait d'ailleurs partie au même titre que la satisfaction des besoins alimentaires), même si elle l'implique. L'axe du regard de Savinykh, qui considère cette orchidée là où Kelly lui tournait le dos, laisse simplement entrevoir, pour reprendre les termes de Sandra Häuplik-Meusburger, que « le futur des plantes se déploie par-delà leur capacité à fournir des compléments désirables, mais comme un composant essentiel de l'habitabilité » [Häuplik-Meusburger, 2011, p. 226]. Ou pour citer à nouveau Lebedev : « Elles sont tout simplement essentielles à l'être humain dans l'espace » [Lebedev, *op. cit.*, p. 208].

Plusieurs photographies prises à bord de Saliout 6, en 1980, laissent apercevoir dans le fond, contre l'habitacle, une image représentant un coucher de soleil dans des tons orangés. En comparant plusieurs vues, prises à des moments différents et avec des compositions d'équipages variables, on finit par remarquer que l'image se trouve sur un support mou. Il s'agit vraisemblablement d'une peinture de petit format, dont l'auteur reste à définir. Peut-être l'architecte du programme spatial russe Galina Balashova, qui avait réalisé une petite dizaine d'aquarelles de paysages pour « égayer la capsule » Soyouz ? [Balashova, 2017, p. 53]

La présence incongrue de l'image dans ce contexte est intéressante à plusieurs égards. D'abord, elle permet de supposer que s'entourer d'images relève d'un besoin impérieux. Beaucoup d'archives visuelles du spatial laissent ainsi entrevoir, de manière parfaitement non-intentionnelle d'ailleurs, que la présence des images dans les véhicules orbitaux ou dans les stations est constante :

[Fig. 10] Valeri Riumin, Bertszi Farkas et Valeri Kubasov à bord de Saliout 6, 1980. On remarque dans le coin supérieur gauche de l'image une peinture qui figure un coucher ou un lever de soleil, installée dans l'habitacle.



si les spationautes sont des laborantins, ils et elles sont aussi des «curateurs» de leur espace de travail et de vie. Par-delà le passage obligé que constituent les portraits de leaders politiques ou de grandes figures de l'histoire de l'astronautique, de Brejnev à Tsiolkovski en passant par Gagarine, ceux qui partent dans l'espace emmènent avec eux des photographies de leurs proches, des dessins de leurs enfants ou des images de paysages aimés. Si certaines de ces images ont une fonction mémorielle (comme celle de l'équipage de la mission STS-51-L disparu lors de l'explosion de la navette Challenger, que l'on retrouve, deux ans après le crash, accrochée dans l'habitacle de Discovery), d'autres servent à créer un sentiment domestique, à rêver ou à garder un lien avec la Terre. Ces images embarquées sont ainsi les manifestations d'intentionnalités multiples et sont prises dans un réseau de relations sociales. Dans un environnement hautement technicisé comme l'est celui des habitats spatiaux, qu'il subsiste des poches d'événements échappant aux lois de la physique ne manque pas d'intérêt.

Mais cette image apparemment peinte nous intéresse également pour une autre raison. Les différentes vues qui en existent la font apparaître à proximité d'un, parfois de deux écrans. Dans le même temps, ainsi placée, et porteuse de cette représentation conventionnelle d'un corps céleste, elle pourrait donner l'illusion d'une fenêtre, à la manière des *Skyscapes* de James Turrell. Les emplacements de cette image nous invitent ainsi à

[Fig. 11] Dispositif de fenêtre virtuelle, mission analogue HDU-DSH (Unité d'expérimentation de l'habitat/habitat pour espace lointain), 2012



[Fig. 12] Simulation de diffusion en direct depuis un rover, dans l'enceinte du HDU-DSH



réfléchir aux liens qui existent, dans les habitats spatiaux, entre image, fenêtre (*viewing window*) et fenêtre virtuelle (*virtual window*).

L'importance de la présence des fenêtres en milieu spatial, en dépit des dangers structurels qu'elle pose, a été souvent soulignée. Les premiers astronautes américains ont dû se battre pour les obtenir [Wolfe, 1979]. Comme Raymond Loewy, du reste, qui estima « *inconcevable* » leur absence dans le carré du Skylab, sur le design duquel il travailla en tant que consultant en habitabilité. Aujourd'hui, une grande partie du temps libre des astronautes se passe d'ailleurs à la fenêtre, d'où ils et elles observent la Terre [Häuplik-Meusburger, 2011]. La fenêtre est ainsi à la fois un lieu, et un espace qui ouvre sur d'autres espaces, distants ceux-là [Vogler, 2004].

Sa nécessité – comme sa dangerosité – augmentant avec la longueur des séjours spatiaux, la recherche autour des fenêtres virtuelles s'est récemment développée en complément du travail des ingénieurs pour permettre la présence d'ouvertures physiques dans les habitats. L'architecte spatial A. Scott Howe en donne la définition suivante : « Réalisées à partir de projections ou d'images sur des écrans, les fenêtres virtuelles ne possèdent pas la tridimensionalité des vraies fenêtres, mais elles peuvent être configurées pour tromper l'œil et le cerveau en immergeant la personne dans une scène. Les volumes réduits des vaisseaux spatiaux peuvent être artificiellement augmentés pour inclure l'espace extérieur, ou des

environnements pré-enregistrés » [Howe *et al.*, 2013, p. 4]. Ces fenêtres combinent ainsi plusieurs fonctions, élargir l'espace (trompe-l'œil) et permettre des immersions.

Les dispositifs de cette nature n'appartiennent pas seulement au domaine de la science-fiction, de *Soylent Green* (1973) à *Sunshine* (2007) en passant par *Ad Astra* (2019) : ils ont pu être testés lors de diverses missions analogues. La mission Mars 500 a ainsi permis d'expérimenter EARTH (*Emotional Activities Related to Health*) un dispositif technologique mis au point par des chercheurs espagnols, utilisant la réalité virtuelle afin de réduire le stress induit par le confinement. L'un des modules, intitulé « Well-Being through Nature », reposait ainsi sur l'immersion des sujets dans une simulation d'environnements naturels [Botella, 2016]. Plus récemment, les recherches menées par la NASA dans le prototype expérimental d'unité d'habitation pour le *deep space* (H DU-DSH) se sont également penchées sur des fenêtres virtuelles visant à offrir, dans des espaces réduits et contraints par la nécessité de se protéger des radiations, un « volume apparemment étendu » [Howe *et al.*, *op. cit.*, p.1]. Dans ce cas précis, ces fenêtres-écrans sont polyvalentes, puisqu'elles sont pensées pour servir à la fois de cockpit de pilotage, de poste de travail robotisé à distance, de support de visioconférence, ou de fenêtre. L'une des applications imaginées consiste ainsi à projeter en temps réel à l'intérieur de l'habitat des images de l'espace extérieur, un périlleux

mais astucieux exercice de mentir-vrai. Dans un autre ordre d'idées, il a été imaginé d'utiliser les serres pour créer des « fenêtres vertes » dans les intérieurs des habitats spatiaux, tout en créant une illusion de profondeur, grâce à un système de séquençage des espaces inspiré de la technique japonaise *shakkei* (qui intègre le paysage de fond dans la composition d'un jardin) [Häuplik-Meusburger *et al.*, 2010].

Depuis *De Pictura*, le traité d'Alberti, l'analogie entre la fenêtre et l'image peinte est bien établie. Mais quelle est la place de ces fenêtres d'un genre nouveau dans cette analogie ? On trouvera une réponse dans l'expression de Howe - le « volume apparemment étendu » -, car elle inscrit résolument la fenêtre virtuelle dans le champ du trompe-l'œil, un genre pictural à part entière. Les fenêtres virtuelles sont donc des images, non des fenêtres.

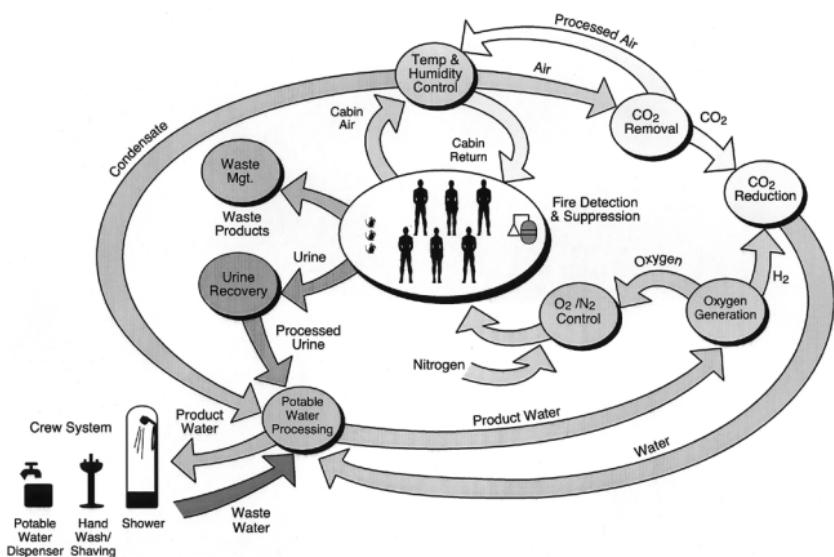
Les présenter comme des « technologies positives pour promouvoir le bien-être » [Baños *et al.*, 2012] ne saurait nous tromper, comme les oiseaux devant les raisins de Zeuxis. L'exigence répétée des astronautes en vue d'obtenir « une vraie fenêtre (pas une fenêtre virtuelle) » dans un rapport récent de la NASA sur les conditions d'habitabilité dans le *deep space* [NASA, 2019] ou les témoignages des participants de Mars 500 évoquant la dimension « fastidieuse » [Urbina et Charles, 2014] de ces applications virtuelles montre d'ailleurs que les habitants des architectures spatiales ne se laissent pas convaincre, en

matière de fenêtre, par le « solutionnisme technologique ». La présence des images au mur a des vertus psychologiques indéniables, mais elle ne saurait remplacer cette expérience simple du point de vue : regarder un coucher ou un lever de soleil par la fenêtre, ou, comme Alexei Leonov, directement depuis l'espace.

De nombreux groupes de chercheurs et chercheuses se sont créés en périphérie de la recherche dédiée aux habitats spatiaux. Localisée en Hollande, l'*International Association for the Advancement of Space Safety*⁷, consacre ses recherches aux habitabilités spatiales sous l'angle de la sécurité, de ses systèmes techniques et de son design. Les différents éléments composant le « support vie », dans les habitats spatiaux, tiennent dans ces études une place centrale, puisqu'ils conditionnent la survie des habitants embarqués lors des vols ou séjours dans l'espace [Prokhorov, 2009]. Avec l'allongement de la durée des séjours et des vols à plus de deux semaines, les systèmes de support vie à usage unique alimentés par du stockage embarqué dans les véhicules spatiaux n'ont plus été opératoires. Pour permettre des séjours longue durée, tels qu'ils se sont développés dans la Station spatiale internationale, des systèmes

⁷ L'IAASS est une organisation à but non lucratif créée en 2004 : <http://iaass.space-safety.org/>

[Fig. 13] International Space Station
Environmental Control and Life
Support System
Regenerative Environmental Control
and Life Support System Diagram

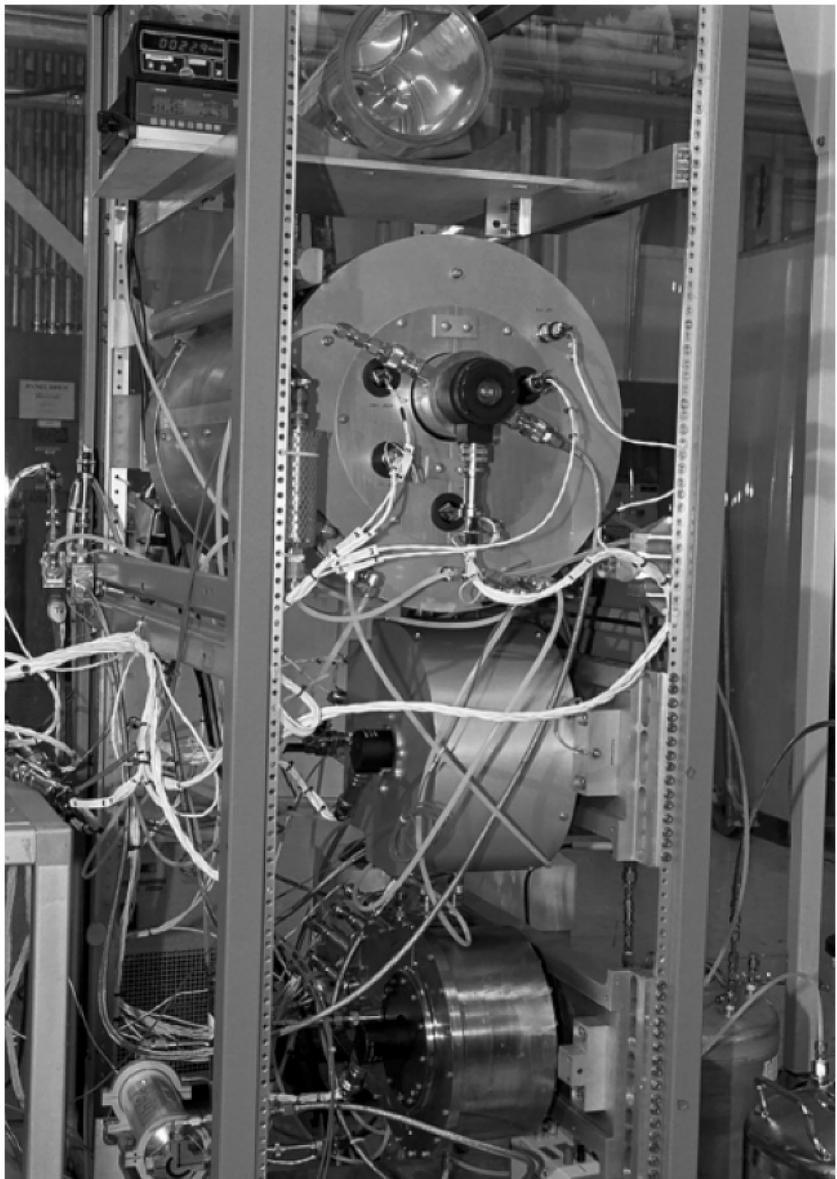


complexes ont donc vu le jour, comme le *Water Recovery System* [WRS] (2008) et *l'Oxygen Generation System* [OGS] (2007), qui assurent le maintien d'une atmosphère à l'intérieur des habitats avec la régénération et la circulation de l'air et de l'eau. Ces systèmes permettent la régulation et le contrôle de l'humidité, le filtrage et le recyclage de l'air respiré par les habitants, le traitement et la purification des urines des astronautes. Les deux systèmes air et eau sont imbriqués, car, à partir de l'électrolyse de l'eau, on produit de l'oxygène qui alimente l'atmosphère de la station, mais aussi parce que la capture du dioxyde de carbone, associée à des concentrateurs à oxygènes, génère de l'hydrogène et permet de produire de l'eau.

Pour les hôtes de ces habitats extraterrestres, le vide et son absence de ressources externes délimite une coupure radicale entre un dedans et un dehors, qui appelle la nécessité du recyclage le plus grand afin d'assurer la permanence d'un milieu, conditionnée par celle de l'air et de l'eau, le maintien de leur densité et la fluidité de leurs circulations en circuit fermé.

Les scientifiques qui étudient et conçoivent ces systèmes abordent les questions relatives au support vie en termes de quantités, elles-mêmes liées à des besoins⁸ et des adaptations [Sgobba et Schlacht, 2018], entre métabolismes et matières, rejets et déchets, quotients et statistiques. L'équilibre de ce système technique-organique nécessite la collaboration de chacun des éléments qui le constitue, dans l'alliance du vivant et de

**[Fig. 14] International Space Station
Environmental Control and Life
Support System
Urine Processor Flight Experiment**



l'artificiel, du physique et du chimique, dans des agencements où l'homme, les matériaux et les techniques sont des interfaces ajustées qui construisent un monde clos et complet. Rien plus que le systématisme de cette écologie du recyclage, qui assure la permanence du milieu confiné, ne témoigne de la clôture de son environnement, autant soulignée par son impératif d'autarcie et d'autosuffisance que par la perspective holistique qui prévaut à ses aménagements et assure leur cohérence.

La catégorie de *Human Factors Engineering*, utilisée dans la recherche spatiale par les Américains et les Européens, nous invite à comprendre comment la raison technique prévaut dans l'évaluation quantitative de tous les facteurs considérés pour l'habitat spatial : bruits, odeurs, nourriture, sommeil, hygiène, communication, lumière, ergonomie, interfaces homme-machine, contre-mesures physiologiques et psychologiques, etc.

8 Ces besoins sont répartis en deux catégories : les besoins de base et les besoins avancés, afin de marquer une distinction entre nécessités physiologiques et accomplissements psychologiques. Un système qui combine quantification et gradation conduit du besoin le plus élémentaire au besoin le plus élevé. La satisfaction d'une nécessité de base, comme une quantité de nourriture pour un corps donné, est située en bas de l'échelle : mais cette satisfaction conditionne la possibilité d'accomplissement d'un besoin supérieur, qui pour être plus élevé est aussi plus rare, comme par exemple la reconnaissance de ses pairs. Cette schématisation est connue sous le nom de « pyramide de Maslow », outil qui vise avant tout la productivité individuelle, communément adopté dans les études aérospatiales et qui, dans ces glissements du physiologique au psychologique, soumet le comportement social aux mêmes ordres que l'équilibre biologique.

L'habitable devient, selon cette approche, un volume résiduel défini par la place qu'occupe l'incorporation des équipements techniques. De ce réalisme technique découle encore le découpage et la localisation de zones d'habitabilité selon des activités associant besoin et productivité (manger, dormir, travailler, etc.) [Song Lockhard, Häuplik-Meusburger].

Depuis le début des années 1960, le développement des programmes de vols habités conjugue deux objectifs scientifiques : l'exploration d'objets célestes et la réalisation d'expériences pluridisciplinaires – en physique, en astronomie, en biologie, certaines portant sur les habitants eux-mêmes [NASA, 1987]. Le concept de laboratoire orbital répond à ces objectifs scientifiques et la station spatiale, située comme un point intermédiaire entre la Terre et des planètes lointaines, est ce lieu depuis lequel se pensent des explorations mais aussi où s'expérimentent des conditions de vie.

Un laboratoire est un outil où sont produits et amplifiés des phénomènes selon des degrés d'intensité permettant d'étudier leurs variables et leurs seuils. Les conditions extrêmes du milieu extraterrestre, entre confinement et microgravité, amplifient dans leur totalité celles de la vie terrestre mais permettent aussi d'en comprendre les valeurs.

Les habitants des stations orbitales partagent donc une double appartenance à l'espace du laboratoire : en tant que scientifiques qui produisent, dans le contexte de la gravité zéro, des expériences et des observations, à partir de différents champs

disciplinaires ; en tant que cobayes plongés dans des conditions de vies qui ont valeur expérimentale, dont les comportements et les corps sont observés et décrits, dans la durée, par de nombreux instruments d'observation et outils de mesures. Mais le laboratoire n'est pas seulement un élément embarqué au sein d'une structure qui stationne en orbite : il peut aussi être retenu comme un modèle, en creux, pour les habitats spatiaux, dans la mesure où ils fabriquent des modèles réduits de mondes selon les lois du réalisme scientifique et des différentes disciplines qu'elles réunissent – des sciences de l'ingénieur à l'ergonomie ou la psychologie.

Ainsi que le rappelle le circuit fermé des systèmes de support vie, dans le laboratoire extraterrestre, les habitants, qu'ils soient humains, animaux ou végétaux, partagent tous une même condition d'existence : la captivité. Certainement, cette condition captive agit sur leurs organismes et modifie leurs comportements, aussi bien individuels que collectifs et sociaux. Mais quelle est la validité écologique de son expérience ? Autrement dit, à quel autre milieu que celui du laboratoire orbital peut-elle être généralisée ? Point de convergence des habitabilités spatiales, la captivité est une condition du vivant terrestre généralisable à tout milieu extraterrestre, mais elle est aussi, réciproquement, un horizon pour le vivant terrestre sous conditions extrêmes, telles que le changement climatique en porte l'inquiétante promesse.

VILLES VOLANTES : QUITTER LA TERRE, Y REVENIR

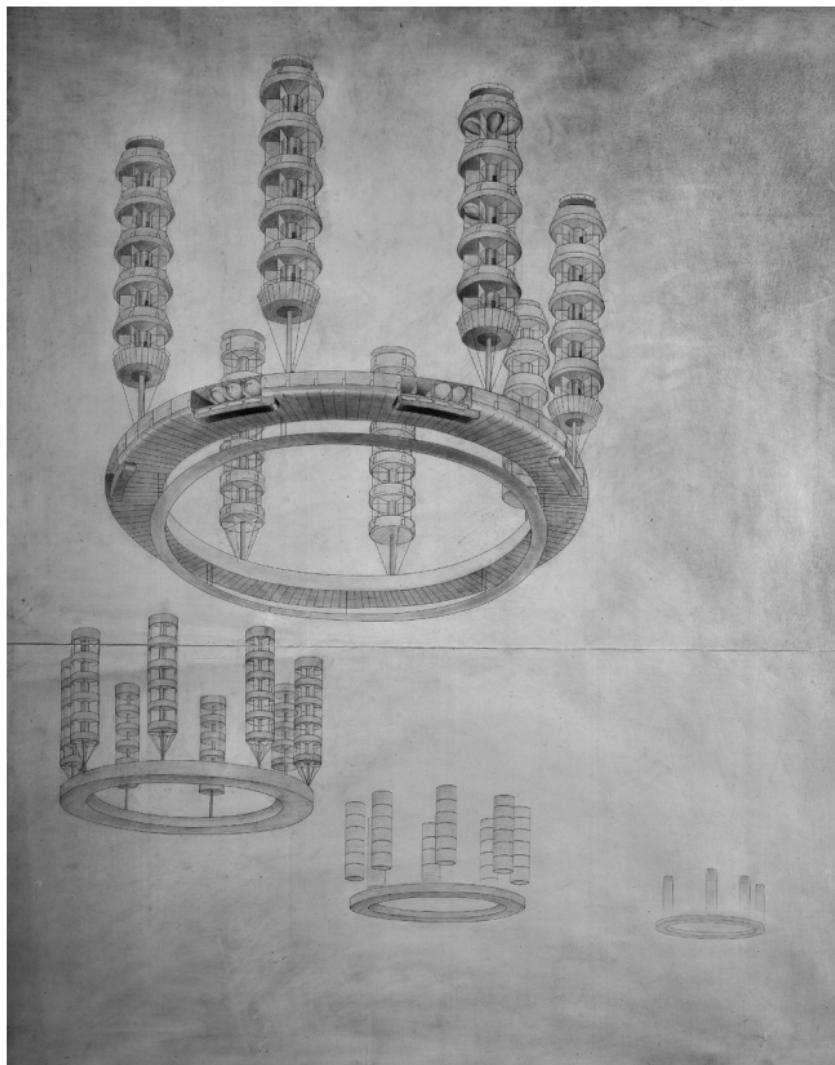
Le motif de la ville volante apparaît en littérature bien avant qu'on ne lance les premières stations en orbite. Mais on peut repérer au XX^e siècle deux grandes lignées concurrentes dans la conception de ces villes. La première est localisée en Russie, dans les années 1910-1920, la seconde aux États-Unis entre 1965 et 1980. Sans surprise, ces deux approches ne recouvrent ni la même vision de l'habitabilité spatiale, ni la même conception de la ville.

En Russie, la reconstruction suprématiste du monde embarque avec elle la question urbaine, via la planification, mais aussi l'habitat, ressaisis par le cosmisme de Fedorov et bien sûr Tsiolkovski. Malevitch parle ainsi de « quitter la terre » et décrit l'œuvre suprématiste à venir sous les espèces d'un satellite entre la Terre et la Lune [Malevitch, 1985]. El Lissitzky traduit ses aspirations en volumes « flottant dans l'espace » [Lissitzky, 1992, p. 327]. Klucis imagine des villes dynamiques qu'il inscrit dans des formes globulaires à la manière de

planètes. Mais c'est Georgij Krutikov, pour son diplôme de fin d'études au VKhUTEIN en 1928, qui met au point le premier projet de ville volante. Partant du postulat que « les plans des villes, pour la plupart sans vie et mal commodes », gagneraient à devenir des « structures mobiles » [Khan-Magomedov, 1979, p. 241-247], il se donne pour mission de réfléchir à des cités détachées du sol. Ces « villes du futur », comme il les nomme, composent différents types d'habitats. Constituées de deux parties solidaires, industrielle au sol, habitée dans les airs, elles sont flottantes sans être mobiles.

Du côté américain, c'est une approche technologique et scientifique de la ville qui se développe après la Seconde Guerre mondiale. Les transferts de technologies du spatial vers le civil, en pleine voie d'intensification dans les années 1960 [Light, 2003 ; Scharmen, 2019], sont ainsi nourris par un credo cybernétique qui envisage l'habitat spatial et la ville comme deux systèmes que l'on peut gérer scientifiquement, *via* la collecte et le traitement informatique de données et la gestion des flux. Dès la fin des années 1960, le *Department of Housing and Urban Development* (HUD) entame ainsi un rapprochement avec la NASA. En 1967, Volta Torrey, chercheur de la NASA temporairement détaché au HUD, publie *Science and the city*, un rapport qui synthétise les résultats de rencontres récentes entre spécialistes de l'urbanisme. D'une grande éloquence, le texte s'ouvre sur la comparaison de la ville et du

[Fig. 15] Georgii Krutikov, *La ville du futur, vue perspective. Projet de diplôme, VKhUTEIN, Moscou, 1928*



vaisseau spatial, et se conclut sur le rapprochement entre deux buts glorieux : la Lune et la Ville américaine. Et il est tout entier marqué par une vision scientifique et technologique qui exalte le principe d'innovation, et approche chaque phénomène sous l'angle du « système » et du « sous-système ». À l'été 1969, peu de temps après le succès de la mission Apollo, est lancée l'*Operation Breakthrough* qui promeut la recherche et le développement d'un habitat conçu et produit en masse, standardisé et préfabriqué, et pour laquelle 35 ingénieurs et techniciens de la NASA apportent leur expertise [Mahler, 2019]. De la gestion des déchets à la production et distribution électrique en passant par la régulation des environnements ou l'ingénierie des systèmes, les technologies du spatial reviennent bien vite sur Terre pour être appliquées à la sphère domestique. Et c'est cette convergence de l'urbanisme et du spatial, pétrie de cybernétique, qui nourrit le physicien Gerard O'Neill lorsqu'il commence à réfléchir à des colonies spatiales orbitales au début des années 1970, en remettant en cause l'idée que « la surface d'une planète est vraiment le meilleur endroit » [Brand, 1977, p. 22-30] pour les installer.

Dans ces deux lignées historiques, ce sont deux visions de la ville et de l'habitat qui se donnent à lire. D'un côté, une ville-planète imaginée et dessinée à partir des (supposées) aspirations humaines à ce que Krutikov nommait une « extension de l'horizon », un désir farouche de quitter la Terre ; de l'autre une ville-machine, pen-

[Fig. 16] Rick Guidice, Colonie torique, vue en coupe, 1975 (détail)



sée pragmatiquement à l'aune de la résolution de problèmes (au choix, la crise du logement, les émeutes urbaines) à partir des capacités technologiques disponibles en matière de traitement de l'information, de construction ou de gestion des systèmes énergétiques ou environnementaux. À bien des égards, ces deux visions de la ville déterminent la conception des stations orbitales qui voient le jour de chaque côté du Rideau de fer au début des années 1970, lieu d'une expérience extraterrestre d'un côté, démonstration de puissance technologique et économique de l'autre.

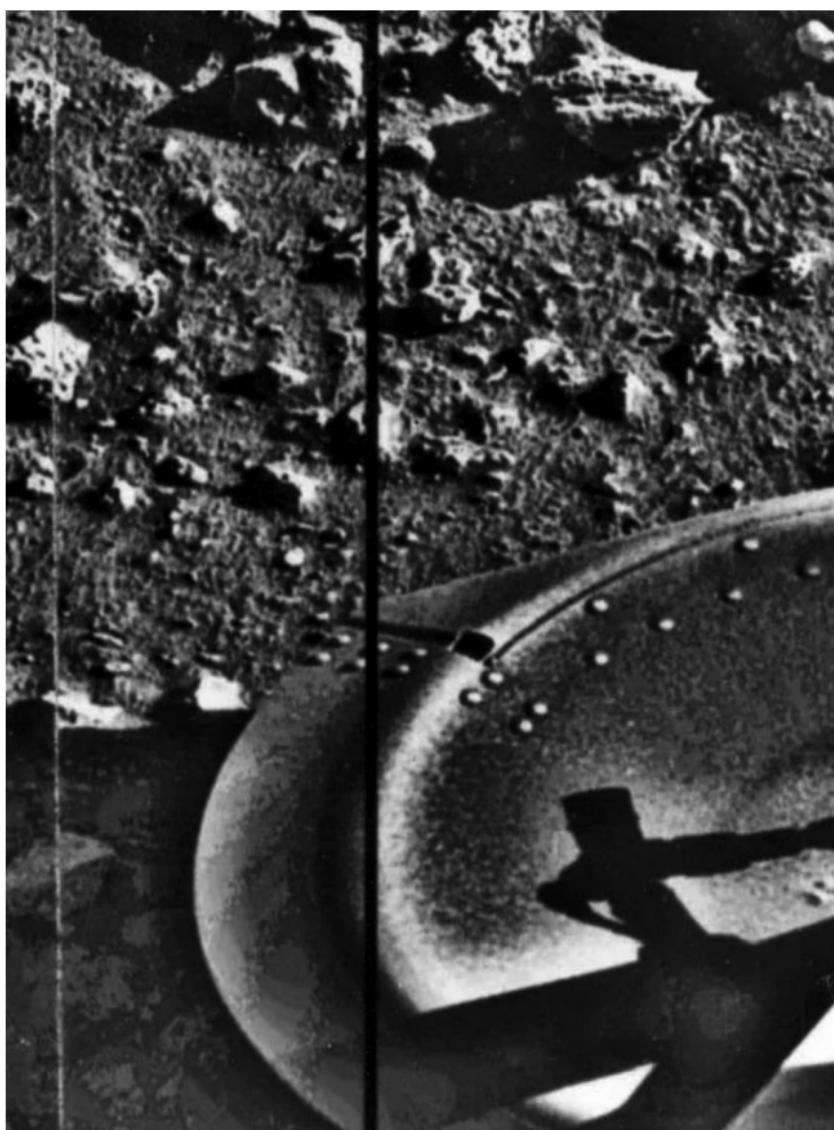
En décembre 1971, un projet du groupe italien Superstudio, intitulé « Douze contes prémonitoires pour une renaissance mystique de l'urbanisme », est publié dans *Architectural Digest*. Y sont présentés douze projets de « Villes idéales » qui s'inspirent de principes du modernisme pour les extrapoler et en livrer une critique farouche. La quatrième ville est la « ville astronef », grande roue rouge de 50 m de diamètre, 156 habitants, sorte de station spatiale qui « depuis des siècles, fait route précisément vers la planète d'une étoile éloignée à des milliers d'années-lumière ». Et c'est ici la conquête spatiale qui prête le flanc à la critique, et avec elle, les habitats-machines qu'elle génère, parodiés à l'extrême dans l'organisation en 160 cabines réparties selon les âges de la vie, et dans un principe d'habitabilité strictement fonctionnaliste qui voit les habitants « enveloppés dans des câbles et des conduits qui règlent leur existence » et pilotés par un cerveau électronique

central. Si c'est une ville, il s'agit, littéralement, d'une ville-dortoir et d'une ville-machine. La remarque contenue dans le texte, à savoir qu'on peut désigner cette roue parodiant les recherches de von Braun comme ville, et ce «indépendamment de ses dimensions physiques et démographiques», pose toutefois une question centrale : qu'est-ce qui définit une ville ? Son échelle de population ? Sa densité ? Le degré de sophistication technique des systèmes qui soutiennent son existence ?

Salout 1 est placée en orbite en avril 1971, et un équipage de trois cosmonautes s'y installe deux mois plus tard (après l'échec d'un premier équipage). Skylab est lancé en mai 1973, et la première mission habitée à destination de la station débute un mois plus tard. Il s'agit, là encore, d'un équipage de trois personnes. Depuis cette époque pionnière, les stations ne se sont pas véritablement peuplées. Mir, lancée en 1986 et active jusqu'à 2001, était conçue pour accueillir trois résidents permanents, et l'ISS, six. Ces chiffres peuvent légèrement augmenter à l'occasion de visites, mais ils ne dépassent guère la dizaine. En comparaison des projets démesurés qui ont ponctué l'histoire de l'astronautique et de la science-fiction, les stations orbitales effectivement construites font encore figure de hameaux spatiaux.

Dans le cadre des recherches scientifiques portant sur l'habitabilité extraterrestre ont émergé deux concepts : la « zone habitable » et la « planète habitable ». À la fin du XIX^e siècle, une « zone habitable » désignait les conditions climatiques terrestres sous lesquelles pouvait se développer la vie humaine comme celle d'autres espèces végétales et animales [Messeri, 2016]. Lorsqu'il s'est relocalisé dans les recherches astronomiques en se substituant au grand récit de la pluralité des mondes, le concept de « zone habitable » s'est stabilisé pour définir des aires au sein desquelles sont situés des corps célestes à une distance où l'énergie apportée par les radiations d'une étoile permet le maintien d'une température de surface compatible avec la présence d'eau à l'état liquide. La représentation la plus commune de ces zones habitables s'est formalisée en une bande délimitée par les orbites de Vénus et de Mars pour le système solaire [Kihm, 2019, p. 167-170].

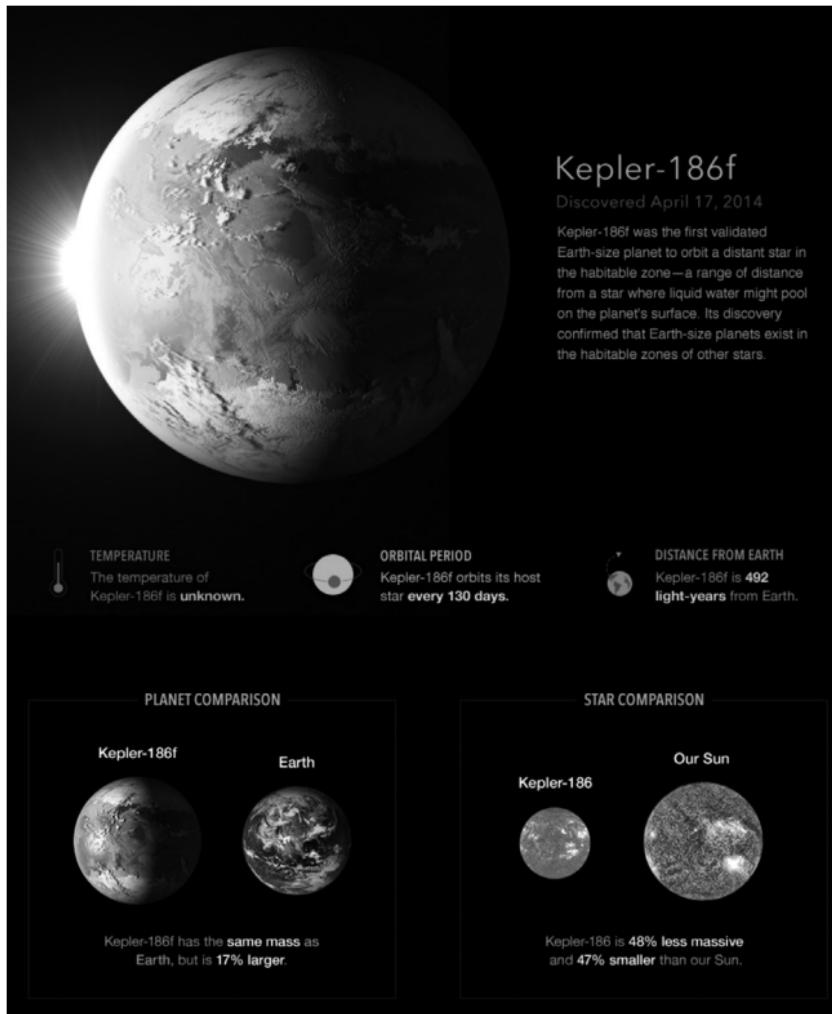
[Fig. 17] Viking 1, 20 juillet 1976,
première photographie prise depuis le
sol martien (détail)



Associée au repérage d'exoplanètes, les « zones habitables » se sont peuplées de « planètes habitables ». Quant aux habitabilités extraterrestres, elles ont été scrutées en reportant les critères de l'habitabilité terrestre, à la faveur d'analogies produites depuis les nombreuses disciplines convoquées par la recherche spatiale. Pour la biologie, ces analogies plébiscitent, par exemple, l'adoption d'une perspective hydrocentrique, identifiant la présence d'eau comme condition première au développement de formes de vies extraterrestres ; sur un plan physique, elles privilégient l'étude de planètes liées à leurs étoiles selon des rapports d'équivalences entre la Terre et le Soleil ; sur un plan géologique, elles engagent une enquête sur des sites terrestres définis comme analogues de sites extraterrestres.

La compréhension de Mars et son exploration à partir d'un modèle terrestre ont ici valeur d'exemple [Heams, 2019]. Les enquêtes engagées par les missions Curiosity (2012-) et Exo-Mars (prévue en 2022), consacrées aux traces de vies cellulaires laissées par de micro-organismes, transforment Mars en une Terre fossile, quand les nombreux sites terrestres assimilés à un sol martien pour mener des expériences et des simulations de vies assimilent Mars à une future colonie (de la Mars Desert Research Station dans l'Utah au Hawaii Space Exploration Analog and Simulation IV) [Messeri, 2014].

[Fig. 18] Kepler-186f



Inscrites aux deux extrémités d'une ligne temporelle reliant un passé lointain à un futur incertain, ces expériences font apparaître une vertu pratique de l'analogie en sciences : elle rend nos dehors plus familiers. On construit donc des analogies non seulement pour réduire des distances entre des objets éloignés, mais pour créer des continuités entre des réalités discontinues. Littéralement intermédiaire, l'opération analogique engage une relocalisation des savoirs scientifiques, théoriques aussi bien que pratiques, telle qu'elle est par exemple mise en œuvre avec l'application d'un concept de vivant terrestre (cellulaire, hydrocentré) à la recherche du vivant extraterrestre ou dans le report d'une géologie martienne sur une géologie terrestre (pour des simulations et expériences de vie).

Si l'analogie produit des courts-circuits entre le terrestre et l'extraterrestre, reste à déterminer quels en sont les effets sur la science elle-même. Pour l'habitabilité extraterrestre, trois points pourraient être relevés. En premier lieu, on devrait distinguer entre les analogies selon qu'elles sont spéculatives ou appliquées, fonctionnelles ou formelles. Celles qui servent la formulation d'une hypothèse pour apprécier un phénomène inconnu, par exemple lorsque les théoriciens de l'évolution synthétique cherchent à délimiter les formes d'un vivant extraterrestre, sont spéculatives [Vakoch, 2014]. Les « analogies appliquées » sont obtenues par le report d'un modèle théorique, qu'il soit physique, géologique

ou biologique, d'un objet à un autre, à l'exemple du vivant terrestre retenu comme modèle du vivant extraterrestre. Les analogies fonctionnelles reposent sur un partage de valeurs jugé suffisant pour que soient reportées les propriétés d'un lieu et d'un autre, à l'exemple des équivalences possées entre l'aquatique et le martien (ou le lunaire) pour les expériences en gravité réduite, mais aussi entre le confinement terrestre et le confinement extraterrestre pour des expériences psychologiques [Tafforin, 2015]. Les analogies formelles reposent sur des similitudes entre les qualités d'apparaître d'un objet et d'un autre : rarement structurantes dans le domaine de la recherche scientifique, elles peuvent y être retenues en tant qu'effets des trois catégories d'analogies précédemment citées.

Le second point décrirait les modifications opérées sur des savoirs par leurs relocalisations. Un lieu clé pourrait servir cette enquête, puisque situé au carrefour de ces nouvelles orientations pour les savoirs, et puisqu'il facilite ces passages entre le terrestre et l'extraterrestre : le laboratoire. Dans son extension à un cosmos peuplé d'outils de visionnage et de mesure, de sondes, de télescopes, de satellites et de rovers, la laboratoire produit l'étude de l'habitabilité extraterrestre à partir de données quantitatives – physiques, chimiques ou géologiques – extraites de terrains lointains. Mais le laboratoire est aussi ce lieu, sur terre, où sont produites des maquettes de mondes extraterrestres et vérifiées des

expériences de vie dans des conditions physiques, chimiques ou géologiques tout autres. Depuis le laboratoire, situé au beau milieu du terrestre et de l'extraterrestre, se pensent ainsi les extensions analogiques de l'habitabilité.

Le dernier point prendrait en considération une «analogie appliquée» dont l'importance est historiquement structurante pour les études de l'habitabilité. Les approches majoritairement fonctionnalistes de l'habitabilité spatiale associent, *in fine*, corps célestes et corps organiques autour d'un critère commun, le «besoin», rapporté à des plans matériel, physiologique ou psychique et reliant les ressources disponibles à l'échelle d'une planète [Lunine, 2013] aux nécessités des sujets appelés à y voyager et à y vivre. Cette approche quantitative de l'habitabilité, qui s'en remet à la gestion d'un milieu et de ses populations supposées, rejoue dans l'extraterrestre une scène du capitalisme dont on a tout lieu de s'inquiéter, puisqu'elle est le vecteur d'un nouvel universalisme, encouragé par la privatisation de l'espace sidéral et par l'exploitation libérale d'un vide, juridique celui-ci.

Bibliographie

- De l'expérience tactile : le gant**
- Abts, K. J., « Mechanical counter pressure glove for space-suit », U.S. Patent (6 000 059), 14 décembre 1999
- Bach-y-Rita, P., Webster, J. G. et Tompkins, W. J., « Sensory Substitution for Space Gloves and for Space Robots », in *Proceedings of the Workshop on Space Telerobotics*, vol. 2 (dir. G. Rodriguez), NASA / Jet Propulsion Laboratory (California Institute of Technology), 1987
- Malafouris, L., *How Things Shape the Mind. A Theory of Material Engagement*, Cambridge MA / Londres, MIT Press, 2013
- Marinetti, F., « Le tactilisme : manifeste futuriste », in *Comoedia*, janvier 1921
- Talvi, A., « Sartorial Thoughts on Tailoring Spacesuits », in *Moving to Mars, Design for the Red Planet* (dir. J. McGuirk, A. Nahum et E. Watson), Londres, The Design Museum Publishing, 2019

Le scaphandre comme habitat mobile

- Clynes, M. E. et Kline, N. S., « Cyborgs and Space », in *Journal of Astronautics*, septembre 1960
- Colombetti, G., « Enaction, Sense-Making and Emotion », in *Enaction: Toward a New Paradigm for Cognitive Science* (dir. J. Stewart, O. Gapenne, E. A. Di Paolo), Cambridge, MA/Londres, MIT Press (Bradford Books), 2010
- Jenkins, D. R., *Dressing for Altitude: U.S. Aviation Pressure Suits – Wiley Post to Space Shuttle*, Washington DC, National Aeronautics and Space Administration (NASA SP [Series]), 2012
- Marlier, T. et Mouriaux, P.-M., *Profession astronaute*, Paris, Paulsen / Arte Editions, 2017
- Monchaux, N. de, *Spacesuits: Fashioning Apollo*, Cambridge, MA, MIT Press, 2011
- Shepard, L. F. et al., « Space suit », U. S. Patent (3 751 727), 14 août 1973
- Young, A. et Avino, M., *Spacesuits, The Smithsonian National Air and Space Museum Collection*, Washington DC, Smithsonian National Air and Space Museum /

Brooklyn NY, powerHouse Books, 2009

Zhang, C., Zadtootaghaj, S., Hoel, A. S. et Perkis, A., « How Long is Long Enough to Induce Immersion? Comparing the Immersiveness of Three Variations of Spatial Immersion », Conference Paper, 10th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX 2018), Sardaigne, 29 mai-1^{er} juin 2018

Missile, lanceur, icône, habitat

Ananoff, A., *L'Astronautique* (chap. « La fusée V2 »), Paris, Fayard, 1950

Bartholeyns, G., « Espaces du V2 » in *Espaces* n° 17, Paris, Observatoire de l'Espace/ CNES, février 2019

Braun, W. von, « Crossing the last frontier », in *Collier's*, 22 mars 1952

Clarke, A. C., « Letter to the editors », in *Wireless World*, février 1945

Fontana, L., « Pourquoi je suis spatialiste » (1952), in *Écrits de Lucio Fontana, Manifestes, textes, entretiens* (dir. V. Da Costa), Les Presses du réel, 2013

Häuplik-Meusburger, S., *Architecture for Astronauts:*

An Activity-based Approach, Vienne, Springer, 2011

Le Maner, Y., « Histoire, mémoire, patrimoine spatial : le cas du V2 » in *Les représentations de l'espace* (dir. G. Azoulay), Paris, Observatoire de l'espace, CNES, 2007

Macaulay, W. R., « Crafting the Future: Envisioning Space Exploration in Post-war Britain », in *History and Technology* (28) 3, 2012

McCurdy, H., *Space and the American imagination*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2011

Neufeld, M. J., *The Rocket and the Reich, Peenemünde and the Coming of the Ballistic Missile Era*, Londres, Simon and Schuster, 1994

Neufeld, M. J., *Von Braun. Dreamer of Space, Engineer of War*, New York, Vintage Books, 2008

Newell, C. L., *Destined for the Stars*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2019

Rambert, F. (dir.), *Un bâtiment, combien de vies ? : La transformation comme acte de création*, Milan et Paris, Silvana Editoriale et Cité de l'architecture et du patrimoine, 2015

Song Lockard, E., « From Hostile to Hospitable: Changing Perceptions of the Space Environment », 45th International Conference on Environmental Systems, 12-16 juillet 2015, Bellevue, Washington, ICES-2015-156

Winter, F. H., *Rockets into Space* (chap. 3 « The V-2 Rocket »), Harvard University Press, 1993

L'attachement et le vivant

Andrieu, B., « L'externalité du corps cérébré : épistémologie de la constitution interactive du corps et du monde », *Philosophia Scientiæ*, 11-1, Paris, Éditions Kimé, 2007

Bizzarri, M., « Why Earth Gravity is Required for Shaping Life », in *LINKs Series* n°4 (dir. L.-J. Lestocart), dossier « Espace habité » (coordonné par C. Kihm), 2019, <http://links-series.com/wp-content/uploads/2019/11/Why-earth-gravity-is-required-for-shaping-life.pdf>

Husserl, E., *La Terre ne se meut pas*, Paris, Minuit, 1989

Šenk, P., *Capsules, Typology of Other Architecture*, Londres, Routledge, 2017

Sgobba, T. et Schlacht, I. L., « Habitability and Habitat Design », in *Space Safety and*

Human Performance (dir. B. Kanki, J.-F. Clervoy et G. Sandal) (chap. 15), Butterworth-Heinemann, 2018

La compagnie des plantes

Bluth, M. H., *Soviet Space Stations as Analogs*, Washington, NASA, 1987

Casado, J., « Agriculture in Space », in *Spaceflight – The Magazine of Astronautics and Outer Space* 48 (5), 2006

Granjou, C. et Walker, J., « MELiSSA la biosphère minimale : composter dans l'espace », post de blog (7 septembre 2018), in *Humanités spatiales*, <http://humanites-spatiales.fr/melissa-la-biosphere-minimale-composter-dans-lespace/>

Häuplik-Meusburger, S., *Architecture for Astronauts: An Activity-based Approach*, Vienne, Springer, 2011

Häuplik-Meusburger, S., Peldszus, R. et Holzgethan, V., « Greenhouse Design Integration Benefits for Extended Spaceflight », in *Acta Astronautica* 68, 2011

Häuplik-Meusburger, S., Patterson, C., Schubert, D. et Zabel, P., « Greenhouses and their Humanizing Synergies », in *Acta Astronautica* 96, 2014

Lebedev, V., *Diary of a Cosmonaut, 211 Days in Space*, New York, Bantam Books, 1990

Massa, G. D., Wheeler, R. M., Morrow, R. C. et Levine, H. G., «Growth Chambers on the International Space Station for Large Plants», in *Acta Horticulturae*, 1134, 2016

Neichitailo, G. S. et Mashinski, A. L., *Space Biology: Studies at Orbital Stations*, Moscou, Mir Publishing, 1993

Zabel, P., Bamsey, M., Schubert, D. et Tajmar, M., «Review and Analysis of Over 40 Years of Space Plant Growth Systems», in *Life Sciences in Space Research*, vol. 10, août 2016

Image embarquée et fenêtre

Balashova, G., «Des espaces aménagés», entretien avec Gérard Azoulay, in *artpress* 2 n° 44, 2017

Baños, R. M., Botella, C. et Alcañiz, M., «“Earth of Well-being”: a Positive Technology to Promote Psychological Well-being», symposium international (projet «Mars-500»), Moscou, 2012

Botella, C., Baños, R. M., Etchemendy, E., García-Palacios, A. et Alcañiz, M., «Psychological countermeasures in

manned space missions : “EARTH” system for the Mars-500 project», in *Computers in Human Behavior* 55, 2016
Häuplik-Meusburger, S., *Architecture for Astronauts: An Activity-based Approach*, Vienne, Springer, 2011

«Deep Space Habitability Design Guidelines Based on the NASA NextSTEP Phase 2 Ground Test Program», [NASA/TP-2020-220505], 2019

Häuplik-Meusburger, S., Peldszus, R. et Holzgethan, V., «Greenhouse Design Ontegration Benefits for Extended Spaceflight», in *Acta Astronautica* 68, 2010

Leonov, A., «An Artist in Space», in *In the Stream of Stars*, New York, Workman Publishing, 1990

Morozov, E., *Pour tout résoudre cliquez ici : L'aberration du solutionnisme technologique*, Limoges, FYP Éditions, 2014

Scott Howe, A., Howard, R. L., Moore, N. et Amoroso, M., «Designing for Virtual Windows in a Deep Space Habitat», International Conference on Environmental Systems (ICES), Vail, CO, juillet 2013

Urbina, D. A. et Charles, R., «Symposium Keynote: Enduring the Isolation of Interplanetary

Travel: A Personal Account of the Mars-500 Mission», in *Acta Astronautica* 93, 2014

Vogler, A. et Jørgensen, J., «Windows to the World – Doors to Space – A Reflection on the Psychology and Anthropology of Space Architecture», *Space : Science, Technology and the Arts* (7th Workshop on Space and the Arts), ESA/ESTEC, Noordwijk, NL, 18-21 mai 2004

Wolfe, T., *The Right Stuff*, New York, Farrar, Straus and Giroux, 1979

Circuit fermé et captivité

Allahdadi, F., Rongier, I., Wilde, P. et Sgobba, T. (dir.), *Safety Design for Space Operations*, Butterworth-Heinemann, 2013

Häuplik-Meusburger, S., *Architecture for Astronauts: An Activity-based Approach*, Springer, 2011

Prokhorov, K. S., «Life Support Systems Safety», in *Safety Design for Space Systems* (dir. G. Eugene Musgrave, A. M. Larsen et T. Sgobba), Butterworth-Heinemann / Elsevier, 2009

Space Station Human Factors Research Review, vol. 3, «Space Station Habitability and Function: Architectural Research», [NASA Technical

Reports Server (NTRS) 19880010499], 1987

Song Lockard, E., «From Hostile to Hospitable: Changing Perceptions of the Space Environment», in *LINKs Series* n°4, dossier «Habitabilités», <http://links-series.com/wp-content/uploads/2019/11/From-Hostile-to-Hospitable.pdf>

Villes volantes : quitter la Terre, y revenir

Brand, S., «Is the Surface of a Planet Really the Right Place for an Expanding Technological Civilization?», entretien avec Gerard O'Neill, in *Space Colonies* (dir. S. Brand), A Co-Evolution Book, Whole Earth Catalogue/Penguin, 1977

Chan-Magomedov, S. O., «Georgij Krutikov : projet de ville volante», *Cahiers du Musée national d'art moderne*, Paris, 1979

Glaeser, L., «Architectural Studies for a Space Habitat » (1975), in *Space Manufacturing facilities*, New York, AIAA, 1977

Johnson, J. D. et Holbrow, C. (dir.), *Space Settlements, A Design Study*, NASA SP-413, 1977

Light, J. S., *From Warfare to Welfare, Defense Intellectuals and Urban Problems in Cold War America*, Johns Hopkins University Press, 2003

Lissitzky, E., « Suprematism in World Reconstruction », in *El Lissitzky : life, letters, texts / Sophie Lissitzky-Küppers*, Londres, Thames & Hudson, 1992

Maher, N. M., *Apollo in the Age of Aquarius*, Harvard University Press, 2019

Malevitch, K., *Le Suprématisme : 34 dessins*, Paris, Chêne, 1985

Mumford, L., « Utopia, the City and the Machine », in *Daedalus*, vol. 94, n° 2, Utopia, printemps 1965

O'Neill, G., *The High Frontier, Human Colonies in Space*, New York, Toronto et Londres, Bantam Books, 1977

Scharmen, F., *Space Settlements*, Columbia University Press, 2019

Superstudio, "Twelve Cautious Tales for Christmas: Premonitions of the mystical rebirth of urbanism", *Architectural Design*, décembre 1971

Analogies planétaires

Heams, T., *Infravies. Le vivant sans frontières*, Paris, Le Seuil, coll. « Science ouverte », 2019
Kihm, C., « Habitabilités extra-terrestres, ou comment quitter la Terre ? », in *LINKs Series*, n° 1-2, dossier « Virtuel, Biologie » (dir. L.-J. Lestocart), 2019,

[http://links-series.com/
wp-content/uploads/2019/10/
Habitabilit%C3%A9s-extrater-
restres-ou-comment-quitter-
la-Terre.pdf](http://links-series.com/wp-content/uploads/2019/10/Habitabilit%C3%A9s-extraterrestres-ou-comment-quitter-la-Terre.pdf)

Lunine, J. I., *Earth. Evolution of a Habitable World*, 2e édition, Cornell University, Cambridge University Press, 2013

Messeri, L., « Earth as Analog: The Disciplinary Debate and Astronaut Training that Took Geology to the Moon », in *Astropolitics: The International Journal of Space Politics & Policy*, University of Virginia, Charlottesville, VA, 2014

Messeri, L., *Placing Outer Space. An Earthly Ethnography of Other Worlds*, Durham et Londres, Duke University Press, 2016

Tafforin, C., « Confinement vs. Isolation as Analogue Environments for Mars Missions from a Human Ethology Viewpoint », in *Aerospace Medicine and Human Performance*, vol. 86, no 2, février 2015

Vakoch, D. A., « The Evolution of Extraterrestrials. The Evolutionary Synthesis and Estimates of the Prevalence of Intelligence Beyond Earth », in *Archeology, Anthropology and Interstellar Communication* [dir. D. A. Vakoch], Nasa History Program Office, Washington, 2014

Colophon

HEAD – Publishing, 2021

Textes sous licence libre
CC BY-SA

Titre : *Comment quitter la Terre ?*

Auteur·trice·s : Jill Gasparina,
Christophe Kihm, Anne-Lyse
Renon

Collection Manifestes dirigée
par Julie Enckell Julliard et
Anthony Masure

Coordination éditoriale :
Sylvain Menétrey

Correctorat : Martine
Passelaigue

Design graphique de la
collection : Dimitri Broquard

Polices de caractères :
ABC Whyte (Dinamo, 2019),
Lyon Text (Commercial Type,
2009)

Impression : Artgraphic
Cavin SA

Comment quitter la Terre ?
est une publication qui s'inscrit dans le cadre du projet de recherche « Habiter l'espace extraterrestre » dirigé par Christophe Kihm au sein de la HEAD – Genève en partenariat avec l'Observatoire de l'espace (CNES, Paris) et soutenu par le *Fonds national suisse* (Projet FNS #178992, 2018–2022).

ISBN : 978-2-940510-46-7

Dépôt légal : mars 2021

— HEAD ■ ●
Publishing

Crédits images

- [Fig. 1] : © VPL Research Inc.,
Archives CNES
- [Fig. 2] : © VPL Research Inc.,
Archives CNES
- [Fig. 3] : Archives CNES
- [Fig. 4] : © Smithsonian
Institution
- [Fig. 5] : Post Twitter d'Elon
Musk du 11 janvier 2019
- [Fig. 6] : © NASA
- [Fig. 7] : Collection particulière,
Paris
- [Fig. 8] : © Roscosmos
- [Fig. 9] : Post Twitter de Scott
Kelly du 9 août 2015
- [Fig. 10] : © Roscosmos
- [Fig. 11] : © NASA
- [Fig. 12] : © NASA
- [Fig. 13] : © NASA
- [Fig. 14] : © NASA
- [Fig. 15] : Courtesy Musée
d'architecture d'État A.V.
Shusev, Moscou
- [Fig. 16] : © NASA Ames Center
- [Fig. 17] : © NASA
- [Fig. 18] : © : NASA Ames /
SETI Institute / JPL-CalTech.

Jill Gasparina est critique d'art, commissaire d'exposition indépendante et enseignante à la HEAD – Genève. Après des études à l'École normale supérieure (Lyon) et une agrégation de Lettres modernes, elle s'est orientée vers l'étude des arts visuels, la pratique de la critique et l'enseignement en école d'art. Elle a dirigé le centre d'art La Salle de Bains (Lyon), de 2009 à 2013, puis été en charge de la programmation des arts visuels au Confort Moderne (Poitiers) de 2015 à 2017. Ses recherches portent notamment sur les imaginaires technologiques dans l'art et les phénomènes de massification dans la culture pop. Elle est collaboratrice scientifique à la HEAD – Genève au sein du projet de recherche FNS « Habiter l'espace extraterrestre ».

Christophe Kihm est professeur à la HEAD – Genève, critique et commissaire d'exposition indépendant. Ses recherches ont notamment porté sur les pratiques artistiques de l'archive, la pédagogie dans les enseignements artistiques et les arts de l'action. Plus récemment, à partir de l'éthologie et aux bords de l'anthropologie, il s'est intéressé aux manières d'habiter, aux troubles interespèces et aux intermondes. Il a été associé, pour la HEAD, au projet de recherche ArTeC « Politique de la distraction » (2017-2019) en partenariat avec l'ESTCA (Université de Paris 8) et l'EnsAD (Paris) et au programme « Action » (2018-2021), en partenariat avec l'école de la Manufacture (Lausanne) et la HEM (Genève). Il est aussi requérant principal du programme de recherche « Habiter l'espace extraterrestre » (2019-2021), conduit en partenariat avec le CNES (Paris), et soutenu par le FNS.

Anne-Lyse Renon est maître de conférence au laboratoire Pratiques et Théories de l'Art Contemporain de l'université Rennes 2, membre associée au Centre Alexandre Koyré (EHESS-CNRS-MNHN) et collaboratrice scientifique à la HEAD – Genève au sein du projet de recherche FNS « Habiter l'espace extraterrestre ». Docteure en esthétique de l'EHESS, elle travaille à la croisée de l'anthropologie du design, de l'épistémologie et de l'histoire des sciences.

Coll. Manifestes

Un manifeste est une déclaration écrite publique par laquelle une personne ou un groupe expose un programme d'action ou une position.

La collection *Manifestes* de HEAD – Publishing met en valeur des partis pris, des réflexions et des actions développées par des acteur·trice·x·s de l'art et du design pour faire face aux enjeux contemporains.

HEAD – Publishing est une structure éditoriale fondée en 2020 par Dimitri Broquard, Julie Enckell Julliard et Anthony Masure, et rattachée à la Haute école d'art et de design de Genève (HEAD – Genève).

La recherche spatiale a longtemps privilégié la raison technique et une approche fonctionnelle pour répondre aux défis de l'habitabilité extra-terrestre. Les auteur·trice·s de ce Manifeste reviennent sur cette histoire scientifique et ouvrent des questions à partir des objets et des expériences sensibles qui y sont associés. À l'heure d'une crise écologique sans précédent, interroger les enjeux qui traversent l'habitat extraterrestre permet de mieux comprendre les devenirs de nos manières d'habiter, sur terre comme ailleurs.

Ce livre est également disponible en différents formats numériques *open access* sur www.head-geneve.ch