



HAL
open science

Architecture spatiale : catalogue d'habitats futuristes

Valentine Laran

► **To cite this version:**

Valentine Laran. Architecture spatiale : catalogue d'habitats futuristes. Architecture, aménagement de l'espace. 2018. dumas-02024354

HAL Id: dumas-02024354

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02024354>

Submitted on 19 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ARCHITECTURE SPATIALE

CATALOGUE D'HABITATS FUTURISTES



MÉMOIRE DE MASTER

Séminaire :

TECHNOSPHERES

ARCHITECTURE SPATIALE

CATALOGUE D'HABITATS FUTURISTES

Présenté par :

Valentine LARAN

Encadré par :

Vincent Jacques

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

INTRODUCTION

« *La Terre est le berceau de l'Humanité, mais on ne passe pas sa vie dans un berceau*¹ »

Konstantin TSIOLKOVSKI

Dès ses premiers pas, l'enfant cherche à découvrir tout ce qui lui est offert, repoussant, au fur et à mesure qu'il apprend, les limites de son monde. Il expérimente avec naïveté, ce que d'autre avant lui ont ressenti lors de la découverte de l'Antarctique, de l'Amérique, des Indes, des pyramides d'Égypte...

L'Homme est un conquérant.

Poussé par des logiques économiques, militaires ou simplement par sa curiosité, l'Homme relève le défi de repousser constamment les limites de son territoire et de sa connaissance. Cette expansion exponentielle est seulement limitée par les outils dont il dispose. Il est soumis aux révolutions technologiques qu'il doit attendre avant de pouvoir à nouveau s'élever jusqu'au prochaine palier. Par exemple, le désir de la couronne d'Espagne de franchir l'océan Atlantique jusqu'aux Indes, était irréalisable avant l'invention de la *Caravelle* équipée d'une coque plus solide et des voiles plus maniables que son ancêtre, la *Caraque*. De la même façon, ce sont la seconde guerre mondiale et la guerre froide, avec la course à l'armement (notamment aux missiles longues portés) qui permettront le développement des technologies nécessaires à la conquête spatiale. La perspective d'une guerre, étant trop risquée pour les deux blocs et leurs alliées, c'est au travers de leurs programmes spatiaux que l'URSS et les États-Unis choisirent de s'affronter. Offrant à leurs institutions des moyens presque illimités, c'est dans ce contexte que leurs ambitions atteindront leur apogée avec la réussite de la mission américaine Apollo 11 et le premier pas sur la lune.

Ce qui marquera la fin de cette extraordinaire épopée, pour les États-Unis, fut l'explosion de la navette « Challenger » en direct à la télévision, qui, après les problèmes survenus lors de la mission Apollo 13, ne fit que renfoncer la perte de confiance de l'Amérique dans son programme spatial. De son côté, l'URSS continuera de développer des fusées et des stations spatiales, comme la stations MIR jusqu'à la chute du bloc soviétique en décembre 1991. C'est après cela que la NASA et le programme spatial russe, s'unirent notamment pour concevoir l'ISS, la station spatiale Internationale.

Depuis ces « petits pas », et même avant, des chercheurs, des architectes, des designers ou des écrivains se sont passionnés pour la découverte de l'espace. Dans son désir d'étendre son territoire, l'Homme se mit à rêver des étoiles et à imaginer comment il s'y déplacerait et y vivrait. Pour cela il devait envisager de recréer son milieu naturel, l'environnement terrestre sans lequel il lui serait impossible de survivre. Que ce soit à grande ou à petite échelles, qu'elles se collent à la peau ou se développent sur plusieurs kilomètre carré, l'Homme redouble d'ingéniosité pour développer des environnements favorables à son existence. Ainsi, la science-fiction inspire la recherche spatiale, qui inspire l'Architecture, qui inspire à nouveau la recherche spatiale et ainsi de suite. De ces « collaborations » sont nées de nombreuses formes d'habitats et de façon d'habiter.

De la combinaison la plus rudimentaire au plus gigantesque des vaisseaux, qu'a-t-on imaginé pour que, enfin, nous sortions de notre berceau ?

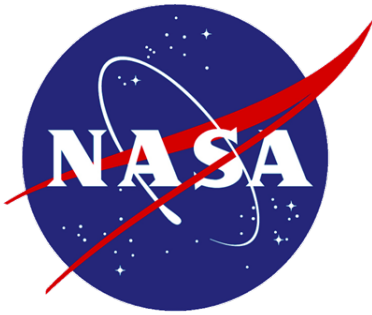
¹ Citation tirée d'une lettre écrite à Kalouga (ville russe proche de Moscou) en 1911

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
AGENCES SPATIALES	8
PRÉCURSEURS	9
ARCHITECTURES INDIVIDUELLES	11
PORTRAITS	12
- Nicolas de Monchaux	
- L'entreprise Playtex	
- Nathan S. Kines et Manfred Clyne	
COMBINAISONS SPATIALES	16
Quand l'architecture se porte	
Des premières combinaisons	18
À la science-fiction	20
De l'architecture	24
Jusqu'à Apollo 11	27
Et au delà	30
RECHERCHES INDIVIDUELLES MAIS CONQUÊTE COLLECTIVE	34
ARCHITECTURES COLLECTIVES	37
PORTRAITS	38
- Hermann Potočnik	
- Galina Balashova	

LES STATIONS SPATIALES	40
Habiter l'espace	
Prémices et Illusions	42
Laboratoire du ciel	44
Le modèle soviétique	48
La vrai vie	52
COLOCATION OU COLONISATION	56
ARCHITECTURE MONDE	59
PORTRAITS	60
- Gerard K. O'Neill	
- Richard Buckminster Fuller	
CARAVELLES ET COLONIES	62
L'humanité à la conquête de l'univers	
Cylindres et Tores	64
Caravelles et Calles modernes	68
Espace et Transition	72
Dômes et Biosphères Artificielles	76
Terraformer	80
LE TEMPS ET L'ARGENT	82
CONCLUSION	84
BIBLIOGRAPHIE	86

AGENCES SPATIALES



La NASA

National Aeronautics and Space Administration

L'Administration Nationale de l'Aéronautique et de l'Espace (en français), est l'organisation gouvernementale en charge de la majeure partie des travaux aéronautiques et spatiaux des États-Unis.

Elle fut créée en 1958 pour centraliser les travaux sur l'aéronautique civile, pris en charge jusqu'alors par les forces armées. L'un de ses objectifs est de rattraper l'avance de l'agence spatiale soviétique, notamment après le succès du lancement de Spoutnik 1, le 4 octobre 1957.

Depuis, elle joue un rôle prédominant dans l'exploration du système solaire, dans les vols spatiaux habités et dans la recherche et le développement de technologies avancées.

Son budget est voté chaque année par le Congrès américain. Celui-ci imposera, après le succès de la mission Apollo 11 et l'abandon par les soviétiques de leur programme spatial lunaire, une forte baisse des crédits alloués à la conquête spatiale et ainsi une stagnation des recherches de la NASA.



ROSCOSMOS

Le Programme Spatial Russe

C'est l'organisation qui regroupe toutes les activités spatiales civiles et militaires de Russie.

Konstantin Tsiolkovski, est l'un des précurseurs de ce programme, grâce notamment à ses recherches sur la propulsion des fusées, mais aussi sur l'habitat spatial. C'est le scientifique Korolev qui convainca les autorités soviétiques de lancer son satellite Spoutnik. Par cette réussite, il fit définitivement entrer les soviétiques dans l'ère spatiale et déclencha la course à l'espace.

Aujourd'hui, le programme spatial Russe est le 2ème plus productif au monde après celui de la NASA. Il joue un rôle essentiel dans la poursuite des activités et des recherches dans la Station Spatiale Internationale ISS.

Depuis quelques années, le programme spatial Russe aurait comme objectif de relancer la conquête de la lune, avec une station spatiale en orbite lunaire et un laboratoire permanent sur son sol.

En 2015, le programme spatial fut officiellement transformé en entreprise d'état, nommée ROSCOSMOS.



ESA

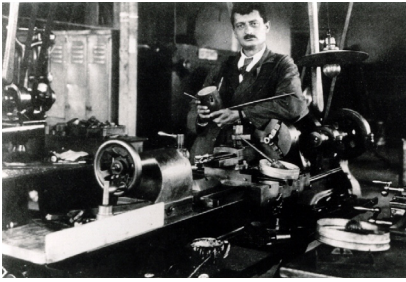
European Space Agency

L'ESA fut fondée en 1975, sous l'impulsion de L'Angleterre, de l'Allemagne et de la France qui voulaient concurrencer les deux géants mondiaux, Russe et Américain. Elle est aujourd'hui la 3ème agence spatiale la plus active.

Malgré les apparences, il faudra attendre les années 2000 pour que l'Agence Spatiale Européenne et l'Union Européenne coopèrent. Un Conseil de l'Espace est créé en 2004 afin que les représentants de ces deux institutions puissent se rencontrer et discuter du budget et des missions de l'agence spatiale. Ce Conseil permet également à l'Union Européenne de fixer des objectifs et de définir ce qu'elle attend de cet ambitieux programme.

Cette agence fonctionne grâce aux fonds versés par les états membres, proportionnellement à leur PIB. Ainsi, chaque pays membre peut contribuer à l'élaboration des missions spatiales et envoyer des spationautes séjourner dans l'ISS.

LES PRECURSEURS



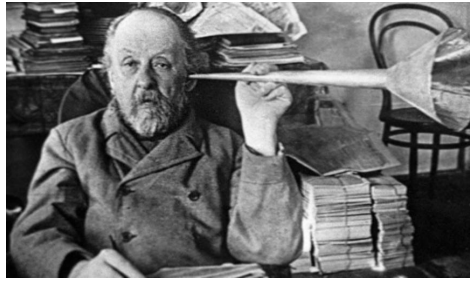
Hermann
OBERTH
1894 – 1989

Hermann Oberth est né en actuelle Roumanie. De père médecin, il décide d'en faire son métier, et part étudier à l'université de Munich. Mais après avoir servi pendant la première guerre mondiale, il change d'orientation et commence à étudier les mathématiques, la physique, la chimie et l'astronomie.

Sa passion pour l'espace et le voyage spatial apparut dès l'âge de 11 ans, inspirée par la lecture des romans de Jules Verne. Ainsi, il présentera la première thèse de doctorat au monde sur la navigation interstellaire, *Die Rakete zu den Planetenräumen* (des fusées dans l'espace interplanétaire), thèse jugée utopiste, qui ne sera pas validée mais qui connaîtra, plus tard un beau succès sous forme de livre.

Grace à ses calculs, il lance la première fusée à combustible liquide au monde, et est recruté par l'armée Allemande pour travailler sur les missiles V2, avec Wernher Von Braun.

Il retrouvera son confrère quelques années plus tard, aux États-Unis.



Konstantin
TSIOLKOVSKI
1857 – 1935

Scientifique autodidacte soviétique, il est considéré comme le père de l'aérospatiale moderne.

Il avait de nombreuses idées sur la propulsion des fusées, mais également sur la construction de satellites ou de stations spatiales qui permettraient l'exploration et le voyage interplanétaire. On lui doit par exemple en 1895, l'idée de l'ascenseur spatial, sur le modèle de la Tour Eiffel. Par la suite, il fut largement repris et étudié, en particulier par l'entreprise Japonaise Obayashi (responsable entre autre de la construction de la *Sky Tree Tower* de Tokyo), mais aussi par les ingénieurs de Google.

De plus, Konstantin Tsiolkovski conçoit sous forme de croquis, un écosystème fermé, dans lequel l'équipage pourrait s'épanouir. Il imagine également des sas de dépressurisation, par lesquels les cosmonautes pourraient transiter pour effectuer leurs missions extravéhiculaires.

Malheureusement trop en avance sur son époque, il ne recevra que peu de soutien au cours de sa vie. Konstantin Tsiolkovski ne sera reconnu qu'en 1918, à l'âge de 60 ans.



Wernher
VON BRAUN
1912 – 1977

D'origine Allemande, il rejoint, dès l'âge de 18 ans un groupe de passionnés d'astronomie. Pour continuer à étudier les fusées, il accepte de rejoindre le département balistique des armements de l'Armée Allemande. Il prend la tête du département des fusées à ergol liquide qui bénéficie d'un soutien croissant, depuis l'arrivée au pouvoir d'Adolf Hitler.

Les missiles sur lesquels il travaille sont immédiatement destinés à transporter des charges explosives et il se détourne totalement de la recherche spatiale, contrairement à ses deux confrères précédemment cités. Ces missiles, les V2, sont un échec en terme de précision et de force de frappe, mais ses recherches seront essentielles dans la future conception des fusées spatiales.

Après la défaite allemande, il est recruté par les américains, pour concevoir des armes balistiques. Quand la course à l'espace est lancée, il conçoit la fusée Juno 1 qui mettra en orbite le premier satellite artificiel américain (Explorer 1), puis les fusées Saturne, essentielles dans les missions lunaires du programme Apollo.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ARCHITECTURES INDIVIDUELLES

PORTRAITS

COMBINAISONS SPATIALES
Quand l'architecture se porte

RECHERCHES INDIVIDUELLES
MAIS CONQUÊTE COLLECTIVE

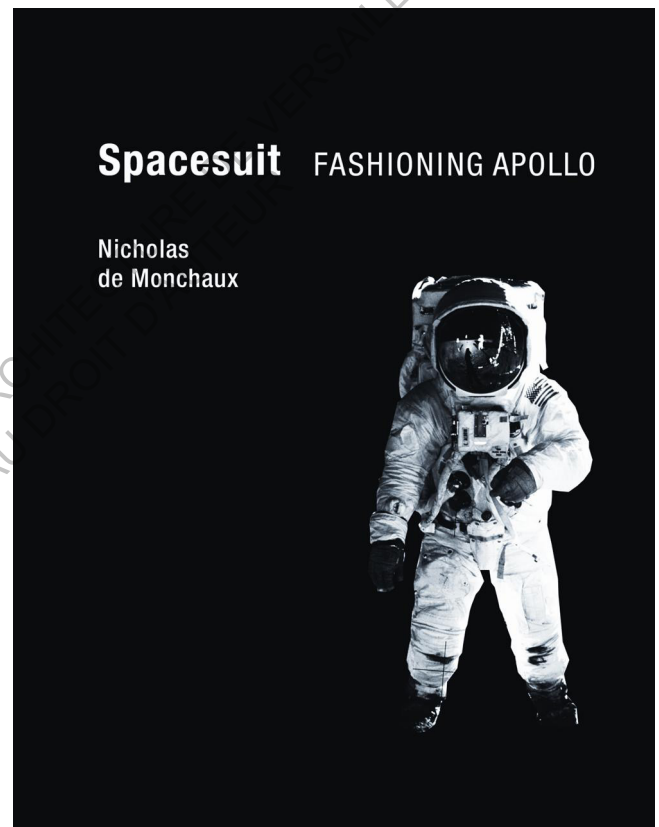
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PORTRAITS

Nicholas
DE MONCHAUX

Nicholas de Monchaux est un architecte, urbaniste et théoricien. Il fait ses études à Yale, dans le Connecticut, puis à Princeton dans le New Jersey. Il travaille ensuite avec des architectes et des designers à Londres et à New York avant de monter son agence Modem, avec Kathryn Moll, à Oakland, en Californie. Il est professeur agrégé d'architecture et de design urbain à Berkeley, également en Californie. Ses travaux de recherche et d'architecture ont été exposés, notamment à la biennale d'architecture des Amériques de Venise, mais également à celle de Chicago et à la triennale de Lisbonne.

Il est l'auteur de *Spacesuit : Fashioning Apollo* publié en 2011, lauréat du prix Eugene Emme de l'American Astronautical Society, et qui sera sélectionné pour l'Art Book Prize. Ce livre relate la création de la combinaison spatiale d'Apollo 11, depuis les formes primitives conçues pour les montgolfières, jusqu'à la reprise du projet par une société qui concevait des sous-vêtements féminins : Playtex.



DE MONCHAUX, Nicolas. *Spacesuit, Fashioning Apollo*. MIT press. États-Unis. 2011

Hip Hip Hooray! **PLAYTEX PRESENTS FABRICON... A NEW MIRACLE MATERIAL FOR NEW MIRACLE CONTROL**

All New and Beautiful!
Playtex
Magic Controller

Made of figure-slimming FABRICON...
 a miracle blend of stretchy-soft cotton and latex
 holds you in beautifully
 ...in wonderful comfort!

New Magic Fingers!
 Hidden "fingers" firm and support like magic... keep you firm, flat and flatter! And Fabricon molds you sleekly and surely into new silhouettes... no matter what your size!

New Comfort! "Open-pore" Fabricon lets your body breathe. It's a pleasure to wear soft, cool Fabricon with its give-and-take stretch. And the non-rub top really stays up!

New Freedom! Fabricon is 11-0-11-0... easy-on and easy-off! Not a seam, scratch or loose in it! New Playtex Magic-Controller has detachable, adjustable garters... washes, dries in a wink. At your favorite department store or specialty shop. Only \$7.95. Extra Large, \$8.95.

P.S. The girl is wearing the New Playtex Living@Home "cotton-cotton" of elastic and nylon, \$1.95

THERE'S A PLAYTEX GIRDLE FOR YOUR FIGURE

For wonderful control, Playtex Light-Weight Girdle.....	\$4.95
For more control, Playtex High-Spice Girdle with one non-rub top.....	\$5.95
For most control, Playtex Magic-Controller® with "finger" panels.....	\$7.95

All Playtex Girdles are made of soft resistant Fabricon

© 1950 by International Latex Corp. PLAYTEX PARK - Dover, Del. • In Canada: Playtex Ltd. PLAYTEX PARK - Winnipeg, Ont.

Publicité de Playtex. *Magic Controller*. IN LIFE. États-Unis. 6/05/1950. page 9

L'Entreprise
 PLAYTEX

L'industrie est fondée en 1932, par Abram Nathaniel Spanel qui la nomme « *The International Latex Corporation* ». Cette entreprise, d'abord basée à New York, concevait à l'époque des gants et des bonnets de bain en latex pour les femmes. Son fondateur, philanthrope et ambitieux, fut un des premiers à proposer à ses employés une assurance-vie et une couverture maladie. A la suite d'un incendie, l'entreprise déménage à Dover, dans l'État du Delaware, où elle est encore basée aujourd'hui.

C'est après la seconde guerre mondiale que Playtex se lance dans l'activité qui va faire son succès : les dessous féminins. L'entreprise connaîtra un grand succès, en particulier grâce à son innovation dans les brassières « Cœur croisé » connues pour être particulièrement confortables par rapport aux anciennes baleines rigides.

C'est Playtex qui remporte, dans les années 60, l'appel d'offre lancé par la NASA pour la conception et la fabrication des combinaisons spatiales des différentes missions en cours.

PORTRAITS

Nathan
S. KLINE
1916 – 1983
et Manfred
CLYNE
1925 – Aujourd'hui

Ce sont deux scientifiques, respectivement américain et autrichien.

Manfred Clyne fait des études scientifiques, mais aussi et surtout musicales. Il se lancera dans cette carrière avec plus ou moins de succès, avant de retourner au domaine scientifique, sous la pression de ses parents et de ses créanciers.

Nathan S. Kline se spécialise dans la recherche pharmacologique. Il s'illustrera par plusieurs découvertes majeures, dans les domaines de la schizophrénie ou de l'hypertension artérielle.

Les deux hommes sont à l'origine du terme Cyborg, réduction des deux mots Cybernétique et Organisme. Ils défendent la thèse selon laquelle la fusion de l'homme et de la machine permettrait à l'être humain de survivre dans le vide hostile de l'espace. Ils décrivent leurs expériences réalisées sur des souris, dans l'article *Cyborg and space*, parût dans la revue *Astronautics*, en septembre 1960.



S. KLINE, Nathan et CLYNE Manfred
Source : *Astronautics*. États-Unis. Septembre 1960

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

COMBINAISON SPATIALE

Quand l'architecture se porte

Quand les Hommes ont projeté de se lancer à la conquête de l'espace dans les années 60, la combinaison qu'ils porteraient dans ce milieu dangereux et inhospitalier a soulevé bien des interrogations. L'Homme n'avait jamais fait face à un tel environnement. Le froid, la chaleur, le vide et l'apanteur étaient autant de nouveaux éléments qu'il aurait à affronter, pour des durées plus ou moins longues. La combinaison était fondamentale pour lui permettre de s'y adapter, sorte de dernier rempart entre le corps fragile du voyageur et le vide mortel de l'espace.

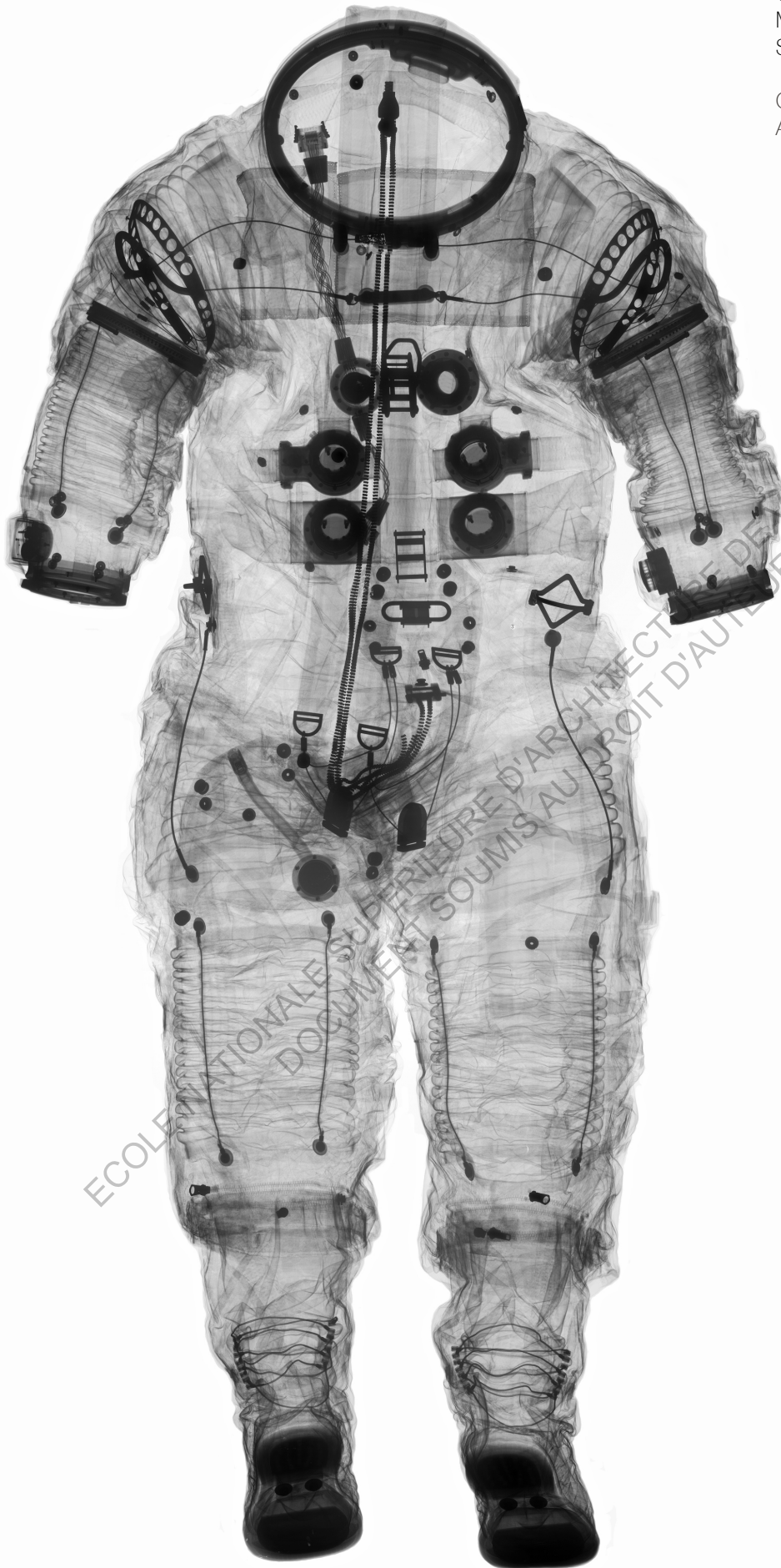
Cette combinaison, pensée par des industriels des armées, par des physiciens en aérospatiale et par des couturières spécialisées dans les dessous féminins, est une merveilleuse architecture conçue pour nous protéger contre les environnements les plus hostiles.

Inspirée et inspirante, la combinaison spatiale n'a cessé d'évoluer depuis les premiers passagers. De la mission Apollo 11, au film *Seul sur Mars*², des fantaisies du collectif Archigram, aux tenues de plongée ultra sophistiquées, l'architecture, la science et la mode se sont mêlées pour de fantastiques résultats.

² SCOTT, Ridley, *Seul sur Mars*, États-Unis. 2016, 151 min

CUNNINGHAM, Roland et AVINO, Mark, Suited for Space, Musée des Sciences et de l'Industrie, Chicago

Combinaison spatiale de la mission Apollo 11 passé au Rayon X



DES PREMIÈRES COMBINAISONS

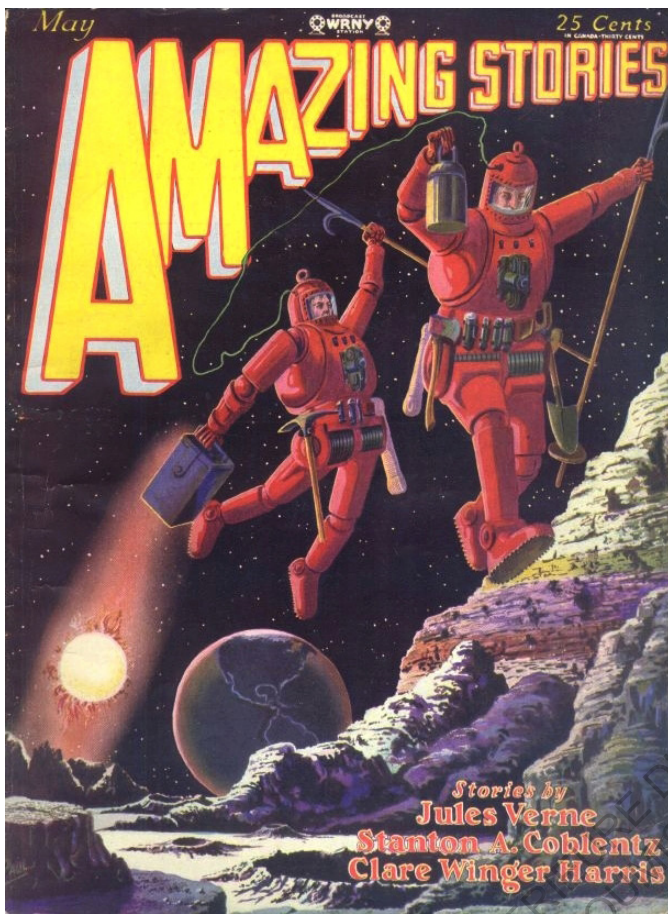
Les combinaisons spatiales sont issues d'une évolution du vêtement à travers les âges. En fonction des besoins et des technologies découvertes, elles sont devenues de plus en plus confortables, pratiques et protectrices pour ceux qui les portent. Il est évident que l'histoire de la combinaison lunaire commence bien avant l'aube de la conquête spatiale. En effet, dès que l'homme a eu besoin de se protéger, il a su s'habiller en fonction des circonstances, que ce soit pour explorer les profondeurs des océans ou pour s'approcher au plus près des volcans en activité. En suivant ce raisonnement, le moindre habit devient une combinaison de survie, car si aujourd'hui nos vêtements couvrent notre pudeur, les premières peaux nous protégeaient bien plus du froid que du regard des autres.

Néanmoins, dans le livre de Nicolas de Monchaux, *Spacesuit, Fashioning Apollo*, paru en 2011, il commence le premier de ses 21 chapitres par l'histoire de Jacques Alexandre César Charles, un homme qui au début du XIX^{ème} siècle, en France, souhaitait avoir le « *plaisir de voir le soleil se coucher deux fois dans la même journée* ». Chimiste et inventeur, il est le premier à préférer l'hydrogène à l'air chaud, cher aux frères Montgolfier, mais trop lourd pour soulever ses ballons. L'homme volera plusieurs fois avec ses créations, mais montant de plus en plus haut il sera saisi par le froid et le manque d'oxygène des hautes sphères. Ce sont d'ailleurs

ses expériences répétées qui finiront par le tuer.

Ce n'est que plus tard, avec le développement de l'aviation, que les premières combinaisons pressurisées verront le jour. C'est Wiley Post Hardeman, l'un des premiers aviateurs américains et le premier à faire le tour du monde en solitaire dans son avion, qui poussa les limites de son appareil jusqu'à voler en haute altitude et sur de longues distances. Il se rendit très vite compte que son corps n'était pas adapté à des altitudes aussi extrêmes et il contribua à mettre au point la première combinaison pressurisée, en 1934, avec l'aide de B.F. Goodrich. Celle-ci, bien moins complexe que les combinaisons spatiales actuelles, se composait déjà de 3 couches qui étaient, de l'intérieur vers l'extérieur : un sous-vêtement long, du caoutchouc (supportant la pression) et une toile de parachute caoutchoutée, collée sur un cadre qui permettait d'articuler les coudes et les genoux afin de pouvoir piloter l'avion. Le casque, en aluminium et plastique, provenait d'une combinaison de plongée, première source d'inspiration des scientifiques, mais aussi des auteurs de science-fiction.

Dès 1929, ces derniers publient des dessins de personnes sautant sur la lune, habillées de lourdes combinaisons de plongée. De ce fait, ils mettent en évidence le lien étroit qui relie ces deux types de combinaisons entre elles. Elles sont des armures hermétiques, conçues pour supporter les chocs à



EN HAUT À DROITE LA COUVERTURE DE AMAZING STORIES, PARUT EN 1929 AUX ÉTATS-UNIS

EN HAUT À GAUCHE Combinaison finale de l'Aviateur W. Post et B. F. Goodrich telle qu'elle est exposée au musée de l'aérospatiale à Washington, aux États-Unis.

À GAUCHE Illustration d'un scaphandrier en exploration dans l'épave du Magenta IN *Illustration*. États-Unis 1875



la place du corps de l'Homme.

Après cette invention, on publiera à l'époque : « *Ce ne sont plus des vêtements ordinaires qui habillent un homme extraordinaire, mais une extraordinaire technologie portative qui est plaquée sur un Homme pouvant être, à présent, totalement ordinaire*³ ». L'Homme devient un être dont les capacités sont accompagnées et décuplées par une machine à laquelle son corps s'agrippe.

Bien que le terme cyborg, issu de cybernétique et organisme, se soit principalement démocratisé avec les écrits de science-fiction d'Isaac Asimov, se furent les scientifiques Manfred Clynes et Nathan S. Kline qui l'utilisèrent pour la première fois⁴. Ils pensaient que cette fusion du corps et de l'outil pourrait permettre aux humains de survivre dans l'espace. La combinaison n'est plus à l'extérieur mais à l'intérieur du corps. L'homme vient s'adapter à son environnement grâce à une machine qu'il intègre à son organisme. Il n'y a plus aucun intérêt à concevoir un environnement artificiel autour de l'Homme ; c'est la machine qui « reconstruit » l'Homme pour qu'il puisse survivre dans n'importe quel milieu hostile, y compris l'espace.

Le concept de ce genre de combinaison peut être rapproché de la notion de transhumanisme, littéralement amélioration humaine, qui est un terme de science-fiction utilisé pour la première fois en 1957 par Julian Huxley. Le transhumanisme définit un l'homme désireux de dépasser ses propres limites, qu'elles soient physiques ou mentales, et pouvant s'améliorer grâce à la science et à la

technologie. Si ce terme n'est pas propre à l'exploration spatiale, il s'inscrit dans la continuité des propos de M. Clynes et N. S.Kline, en faisant de l'homme une machine adaptée, tant au vide spatial, qu'à l'environnement hostile que constitue une planète extra-terrestre.

Les expériences de Wiley Post Hardeman et de B.F. Goodrich produiront des combinaisons toutes plus étranges les unes que les autres, mais ressemblant généralement à des combinaisons de plongée ou à des scaphandres. On citera dans ce domaine la combinaison MX-117, conçue également par B.F. Goodrich en 1939 et testée par les pilotes de l'US Air Force jusqu'en 1943. Cette combinaison n'était pas adaptée à la conquête spatiale, mais bien plus à l'exploration des fonds marins. Des problèmes d'isolation thermique et de ventilation causèrent bien des difficultés aux scientifiques.

Quant au transhumanisme, il reste, même à notre époque, un sujet de science-fiction, et malgré les multiples avancées technologiques de ces cinquante dernières années, nous pouvons penser que celui-ci est en marche mais encore bien loin de se réaliser. Néanmoins, malgré les échecs relatifs de ces premières combinaisons, ce sont bien elles qui façonneront les combinaisons du futur. Elles serviront de base aux recherches et orienteront la forme et la direction que devront prendre celles-ci, donnant un sens aux innovations et aux inventions des prochaines années.

³ <http://strabic.fr> [en ligne], *Spacesuit : les dessous d'Aldrin*, [consulté le 20 septembre 2017], <http://strabic.fr/Spacesuit-Les-dessous-d-Aldrin>

⁴ *Cyborg and space* IN *Astronotics*. États-Unis. Septembre 1960

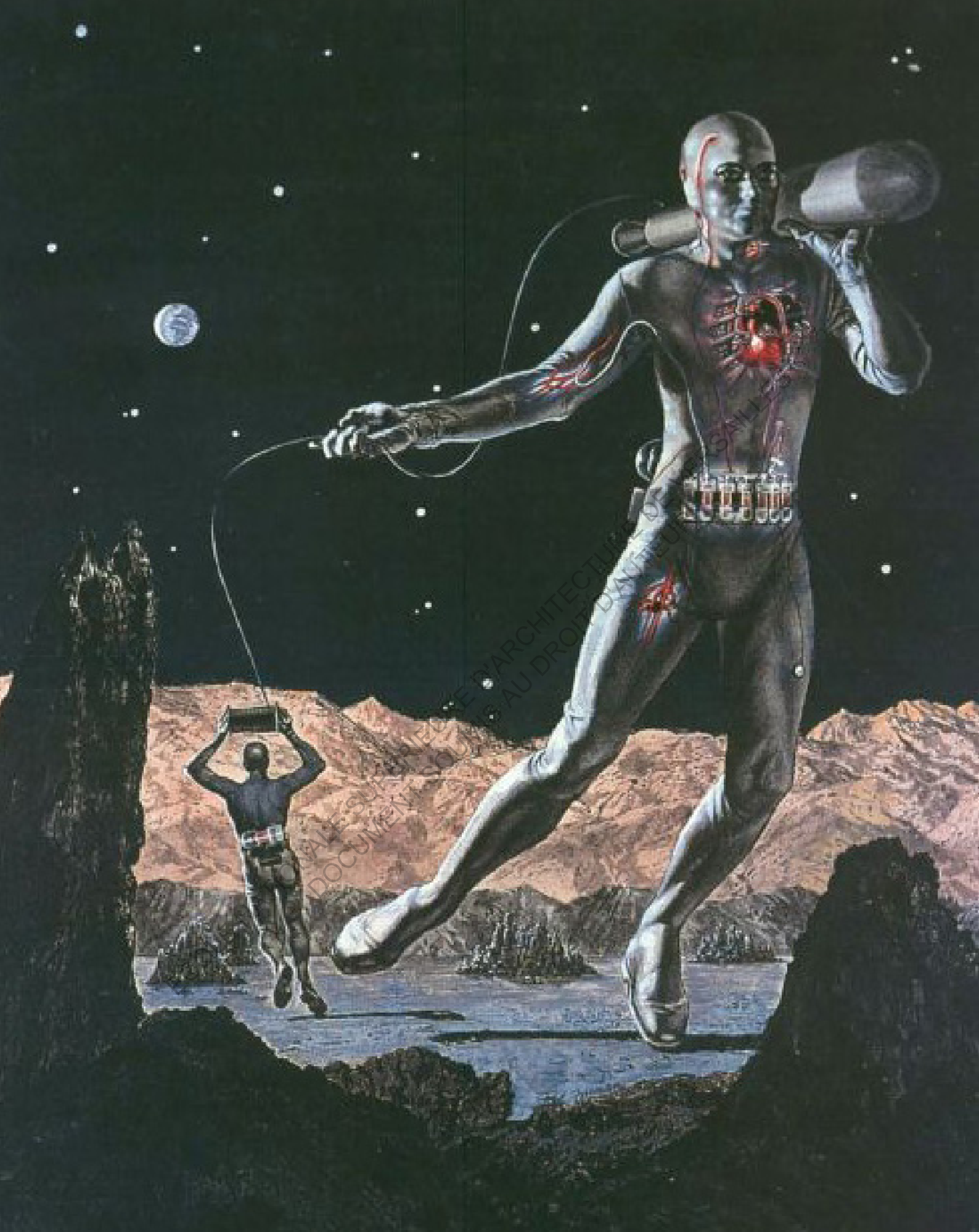


Illustration issue de *Cyborg and space* dans le magazine *Astronotics'*, sorti en Septembre 1960

À LA SCIENCE-FICTION

En 1953, le magazine américain *Collier's* présente, en page de couverture, la première véritable combinaison spatiale de l'histoire. Cette image, iconique, a eu un impact sur la culture et la façon d'envisager le futur. Les dessinateurs, auteurs de science-fiction, designers ou stylistes se sont appropriés cette représentation d'une conquête spatiale balbutiante et l'ont faite évoluer dans un imaginaire libéré des contraintes physiques. Evidemment, certains dessinateurs et auteurs n'ont pas attendu que ces magazines soient publiés pour représenter des hommes dans l'espace, mais les publications ayant pour sujet principal la conquête spatiale exploseront après les années 50.

En 1953, Hergé publie le seizième album des Aventure de Tintin : *Objectif Lune*, suivi en 1954 de *On a marché sur la Lune*. Avec sa fusée semblable à un missile V2 et ses combinaisons spatiales très inspirées à la fois des scaphandres de plongée et de la combinaison en couverture de *Collier's*, Hergé reste très proche de la réalité des ingénieurs de l'époque. On notera néanmoins que, Milou, le fidèle compagnon canin de Tintin, arbore en couverture de *On a marché sur la Lune*, une bien plus belle combinaison que le caisson dans lequel sera envoyé Laïka⁵, la chienne qui deviendra en 1957, le premier être vivant lancé dans l'espace, pour le monde entier. Par la suite, les soviétiques surent faire preuve de plus d'imagination pour les chiennes Srelka et Belka qui participèrent au vol habité spoutnik 5 en 1960, premier vol à ramener ses occupants vivants sur terre. Les chiennes ont alors bénéficié de véritables com-

binaisons spécifiquement conçues pour l'évènement.

À cette époque, les idées de nouvelles combinaisons fusent, que ce soient des scaphandres rigides, des combinaisons plus élaborées, jusqu'aux tenues légères qui couvrent (peu !) le corps des femmes astronautes. Par exemple l'égérie blonde et pulpeuse du magazine *Thrilling Wonder Stories*, arborant une fine pellicule de plastique transparent pour seule protection, ou bien l'aventurière également blonde et pulpeuse, *Barbarella*, incarnée au cinéma par Jane Fonda, dans le film éponyme de 1968, cette fois vêtue d'un body rigide, épousant parfaitement ses formes.

Ces designs influenceront profondément la culture occidentale, et l'enfance de certains grands-noms du cinéma, de l'art ou de la musique. On peut citer le cas de l'artiste David Bowie, dont les chansons, dès ses débuts au milieu des années 60, seront influencées par l'imaginaire de la conquête spatiale et l'esthétique pulp dans laquelle il a grandi. Il se fera en partie connaître grâce à son alter ego, *Ziggy Stardust*, dont le nom signifie littéralement poussière d'étoile. L'espace et sa conquête influenceront significativement sa musique et marqueront toute une génération.

Qu'elles soient réalistes ou purs fantasmes, les combinaisons spatiales demeurent une source continue d'inspiration. Elles font évoluer l'imaginaire collectif, au fur et à mesure des avancées scientifiques et leur sophistication aboutit parfois à des designs uniques et superbement innovants.

⁵ On notera le fait que « Laïka », n'est pas le vrai nom de la chienne prétendument premier animal envoyé dans l'espace. Son vrai nom, Kudryavka, était trop compliqué à prononcer pour les occidentaux, elle sera donc rebaptisée Laïka, « petit aboyeur » ou « batard » en Russe



EN HAUT À GAUCHE La couverture du 17ème album des aventures de Tintin, *On a marché sur la lune*, publié en 1954.

EN HAUT À DROITE La couverture de *Collier's* de 1953, montrant un des premiers prototypes de combinaison spatiale. Il en fait également un compte-rendu comme le prouve le titre.

À DROITE Barbarella, incarnée par Jane Fonda dans le film du même nom, réalisé par Roger Vadim en 1967. La série de bandes-dessinées dont est tiré le film, date elle, de 1962 et a pour modèle Brigitte Bardot.

Crédit photo : David Hum / Magnum Photo

EN BAS Combinaison spatiale pour chien, conçue pour la mission Spoutnik 5. Photo prise lors de sa vente au enchère en 2014.



DE L'ARCHITECTURE

Entre l'égérie sexy et légèrement vêtue de *Thrilling Wonder Stories* et une architecture innovante il n'y a qu'un pas.

En effet, les agences de design et d'architecture s'emparent avec enthousiasme des découvertes et des nouvelles technologies qui s'offrent à eux. La télévision et les journaux se chargent de diffuser les dernières découvertes des agences spatiales ce qui ne manque pas d'exciter l'intérêt des créateurs pour la conquête spatiale sous toutes ses formes. On peut par exemple citer le magazine populaire *Architecture Design* de février 1967 qui affichait, en page de couverture, l'image iconique d'une combinaison spatiale. Ce numéro fut l'un des plus populaires de toute l'histoire du magazine, épuisé en moins d'une semaine, et réimprimé immédiatement.

Et en première ligne de cette nouvelle vague artistique, entre référence pop et avancées scientifiques de plus en plus poussées, il y a *Archigram*. Ce collectif britannique, fondé en 1961, est révolutionnaire pour l'époque, surtout dans sa façon de critiquer le mouvement moderne de la première moitié du XX^{ème} siècle. Il s'interroge d'abord, au début des années 60, sur la mobilité ou l'habitat temporaire, puis finit par tomber dans la frénésie ambiante des designers et des architectes pour la conquête spatiale et les avancées technologiques et formelles qu'elle supposait. Entre culture pop, collages, et science-fiction, les représentations du collectif continuent, encore aujourd'hui, d'inspi-

rer les architectes et les designers.

Mais, pour revenir à la couverture agui-cheuse du magazine *Thrilling Wonder Stories*, on retrouve dans le dessin translucide et plastique de la combinaison, le design du projet *Suitaloon*, proposé par *Archigram* en 1967. Ce projet, bien que très proche de la première de couverture du magazine, suit une évolution bien réfléchie. Les jeunes architectes s'inspirent grandement des travaux de la NASA et de l'union soviétique, tentant de rester au plus proche de ce que la science, l'évolution des techniques et celles des matériaux leur permettait d'accomplir. De plus, le projet *Suitaloon* découle immédiatement d'un autre projet, le *Cushicle*, conçu en 1964.

Travail sur une combinaison terrestre, le *Cushicle* permettait à son détenteur de porter son habitat et de pouvoir le développer ou il le désirait et quand il le désirait. La combinaison était alors très rigide, à l'image des premières combinaisons spatiales et sous-marines. De plus les articulations de ce projet se fixaient sur le dos de l'utilisateur, comme une seconde colonne vertébrale, et n'entravaient pas ses mouvements, contrairement à celles des anciennes combinaisons, véritables dangers pour la vie de leurs utilisateurs, tant elles rendaient difficiles leurs mouvements.

A noter que cette combinaison pouvait accueillir une télé, sorte de mini-projecteur permettant à celui qui le portait de s'informer ou de se détendre devant un des programmes

2000+

Architectural Design, February 1967, price 5s.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Couverture de Architecture
Design Magazine,
(AKA AD Magazine), Février 1967

de l'époque. Ceci met en évidence l'importance pour le collectif de cette nouvelle technologie : la culture et l'information à la portée de tous.

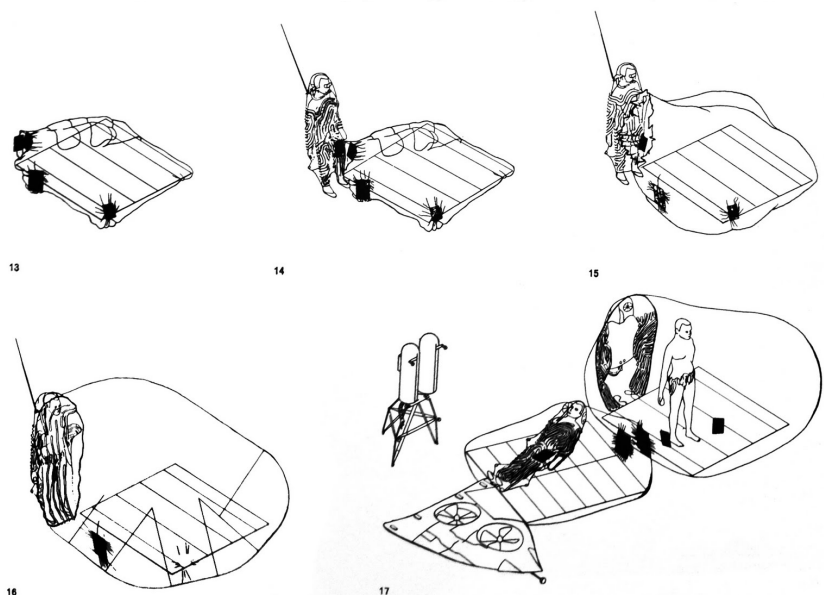
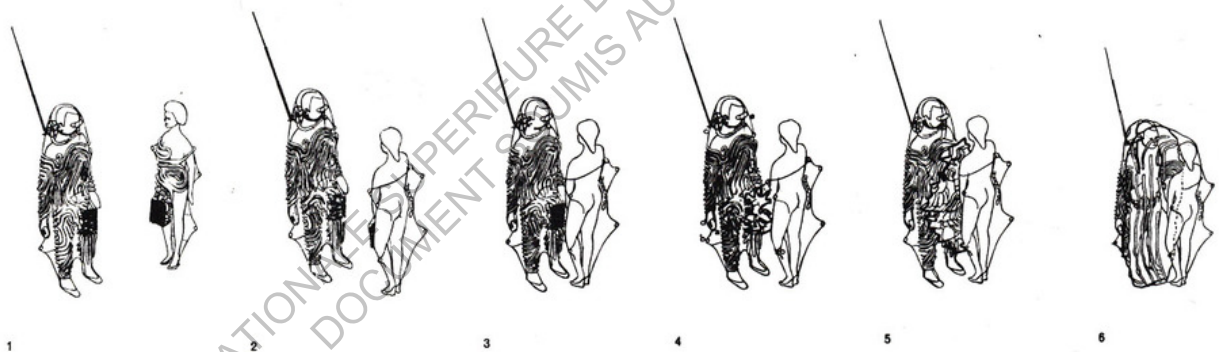
La *Suitaloon*, quant à elle, était plus légère et moins équipée. Dans sa version finale, cette combinaison mi-terrestre, mi-spatiale ne se composait que d'une bulle en PTFE fin et d'un grand coussin pour le repos de son/ses hôte/s ; un habitat minimal assumé. La *Suitaloon* était néanmoins dotée d'un système « d'entrée » qui permet au porteur de la combinaison d'inviter une autre personne dans son habitat personnel. Sur le dessin, c'est une femme qui rejoint son homme. Archigram imaginait déjà une réponse à la question que se poseront les scientifiques en 1969, lorsqu'un voyage de plusieurs mois dans l'espace sera envisagé : le sexe dans un environnement extra-terrestre sera-t-il

possible ?

Il faudra attendre 2006 et l'invention de la *2Suit*, par l'italienne Vanna Bonta, pour qu'une nouvelle combinaison spatiale propose le contact entre deux êtres humains. Cette combinaison, à la fois simple et complexe dans son fonctionnement, pourrait être adaptée en 3 ou 4*Suit*, dans l'optique de voir évoluer des familles en microgravité ou en gravité nulle. Que ce soit pour la procréation, ou pour « *la proximité humaine en détente [...] qui crée un sentiment de bien-être* » sa créatrice pense que cette question est primordiale dans l'évolution des vols interplanétaires.

EN HAUT ET A DROITE Archigram, *Suitaloon*, 1967
Croquis explicatifs du fonctionnement.

A GAUCHE La couverture de *Thrilling Wonder Stories*,
Août 1948.



« *Un vêtement spatial est fabriqué à partir d'un costume de vol, d'un peu de Goo-drich, d'un soutien-gorge, d'une ceinture, d'un imperméable, d'un vers de tomate*⁶ »⁷

Comme ses multiples couches, la combinaison finale de la mission Apollo 11 a demandé de nombreuses contributions. Mais Nicholas de Monchaux la décrira dans son livre *Spacesuit : Fashioning Apollo*, comme le croisement de trois disciplines, la physique aérospatiale, la mode et l'architecture.

Pour la première, l'auteur la décrit immédiatement comme « *un phénomène culturel collaboratif et non linéaire plutôt que le domaine abstrait d'une expertise exclusive et d'un progrès inévitable* ». Soit. Il la voit comme un domaine collaboratif, autant inspiré par des phénomènes culturels que par des découvertes scientifiques. Il va ainsi à l'encontre des croyances populaires qui mettaient les scientifiques aérospatiaux sur un piédestal, mais fait partager cette gloire entre plusieurs protagonistes venus de différents milieux.

En effet, la combinaison spatiale de la mission Apollo 11 ne fut pas confiée à des ingénieurs militaires, mais à une entreprise bien connue dans son domaine : International Latex Corporation (ILC), ou Playtex. Certes, il n'est plus rare aujourd'hui que la NASA propose des concours pour trouver des idées

innovantes, que ce soit pour habiller ses astronautes⁸, ou pour d'autres projets de plus grande ampleur, mais à l'époque, l'appel d'offre que lance la NASA est exceptionnel. C'est d'ailleurs une immense surprise lorsque l'entreprise de textile Playtex l'emporte, face au design rigide proposé par Litton Industries, une manufacture militaire habituée à travailler avec la NASA. L'entreprise spécialisée en lingerie fine vient donc s'installer, avec ses centaines de couturières, dans les locaux de l'agence gouvernementale en 1965. A cette époque, très peu de femmes travaillaient dans le secteur de l'aérospatiale aux États-Unis.

Les ingénieurs de la NASA furent extrêmement exigeants lors de la conception des combinaisons spatiales en partenariat avec les couturières de l'entreprise Playtex. Ils poussèrent la précision de leur demandes au-delà de ce qu'une main humaine peut accomplir. Les couturières pouvaient avoir à assembler ensemble jusqu'à 21 couches de vêtements, concentriquement et au millimètre près. Le travail sur les différentes versions de la combinaison finale durât presque 5 ans, jusqu'à ce que, prototype après prototype, le résultat soit parfait. Cette combinaison, vouée à de grandes choses, fut « poétiquement » baptisée combinaison spatiale A7L, et elle marqua l'histoire de la conquête spatiale.

⁶ Référence aux astronautes eux-mêmes, qui devaient tant se contorsionner pour entrer dans leur combinaison qu'ils rappelaient les mouvements d'un vers de tomate, d'où ce surnom.

⁷ Citation IN DE MONCHAUX Nicholas. *Spacesuit, Fashioning Apollo*. Page 78, MIT press. 2011

⁸ *Space Poop Challenge* : nasa.gov [en ligne] [consulté le 12 novembre 2017]

L'architecture apparait dans l'étrange fait que cette combinaison spatiale n'a eu recours à aucune nouvelle technologie pour exister. Ce sont les 21 couches de tissu qui la composent, qui fonctionnent de façon assez inédite, car en les assemblant on a recréé une véritable architecture portable. Effectivement, elle possède sa propre ventilation, son propre chauffage, sa propre structure, et certains de ses composants sont même utilisés à l'époque comme isolants de toitures.

Cette combinaison spatiale est une architecture complexe et complète. Elle protège son hôte de tout ce qui le menace, que ce soit la chaleur écrasante ou le froid glacial de l'espace. Elle possède également une couche spéciale qui protège les astronautes des météorites ! La combinaison A7L répond

donc à la définition d'Architecture, qui selon son étymologie du grec, est l'art de clore, de couvrir et de protéger des intempéries.

La combinaison spatiale est un hybride presque parfait entre la science, la mode et l'architecture. L'imaginaire ne s'arrêtera pas à cette seule réalisation. Les ingénieurs viendront la perfectionner au fur et à mesure des besoins et de l'avancée des technologies. Mais c'est la science-fiction qui se chargera de la designer pour le futur, allant parfois jusqu'à collaborer avec des ingénieurs aérospatiaux pour que leurs prototypes soient les plus réalistes possible.

EN DESSOUS Couturière de la société Playtex au travail dans les ateliers de la NASA

Source Nasa Archive





THE 21-LAYER SPACE SUIT

DuPont materials in Apollo moon suits were originally developed for earthbound use . . .

NYLON
LAYER 1
Ball valves, there were only natural fibers, silk, linen, cotton, and wool, and natural fibers were not available in space. The first material to be used in space was nylon. It was an original accomplishment—a fiber made by man no longer from chemicals. It contained two very important properties: strength and durability—ones which made it the most important material in the space suit, next to the astronaut, as a lightweight "second skin."

VINYL TUBING
LAYER 2
The layer of the space suit is designed to help keep the astronaut cool. There is a special kind of tubing called "vinyl tubing" which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

LYCRA®
LAYER 3
"LYCRA" SPANDEX FIBER
"LYCRA" invented by the DuPont, is a man-made fiber that has all the elastic qualities of natural rubber. It is stronger than natural rubber, and it is more durable. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

NOMEX®
LAYER 4
"NOMEX" NYLON FIBRE
The DuPont scientists learned to make many kinds of nylon. "NOMEX" is a high temperature resistant nylon. It cannot be melted or broken down by burning. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

NYLON COIL
LAYER 5
Chosen of all from the masses of nylon by their production costs, the astronauts used Nomex, a network of ducts carried along by the astronaut from the back pack. These ducts are made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

NEOPRENE-COATED NYLON
LAYER 6 & 8
Neoprene is a very special kind of synthetic rubber. It is not affected by heat, cold, oil, grease, oxygen, or ozone—and so found one layer of both through it in the space suit, next to most other. It acts as a barrier layer to help keep oxygen from a astronaut. The other common use of this fabric is in the manufacture of protective and heat-insulating blankets, and for large inflatable balloons.

MYLAR®
LAYER 6, 11, 13, 15, 17
"MYLAR" POLYESTER FILM
The DuPont people producing super strong "Mylar" in 1951. It is a form of PET (polyethylene terephthalate) and is a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

DACRON®
LAYER 10, 12, 14, 16
"DACRON" POLYESTER FIBER
"DACRON" is a man-made fiber, used extensively to apparel and home furnishings. Layers of one weight to heavy garments made of "Dacron" give men in the space suit, the layers of strong and flexible "Dacron" polyester are attached with the layers of "Mylar" in the form of a "sandwich" to provide for maximum against heat and cold.

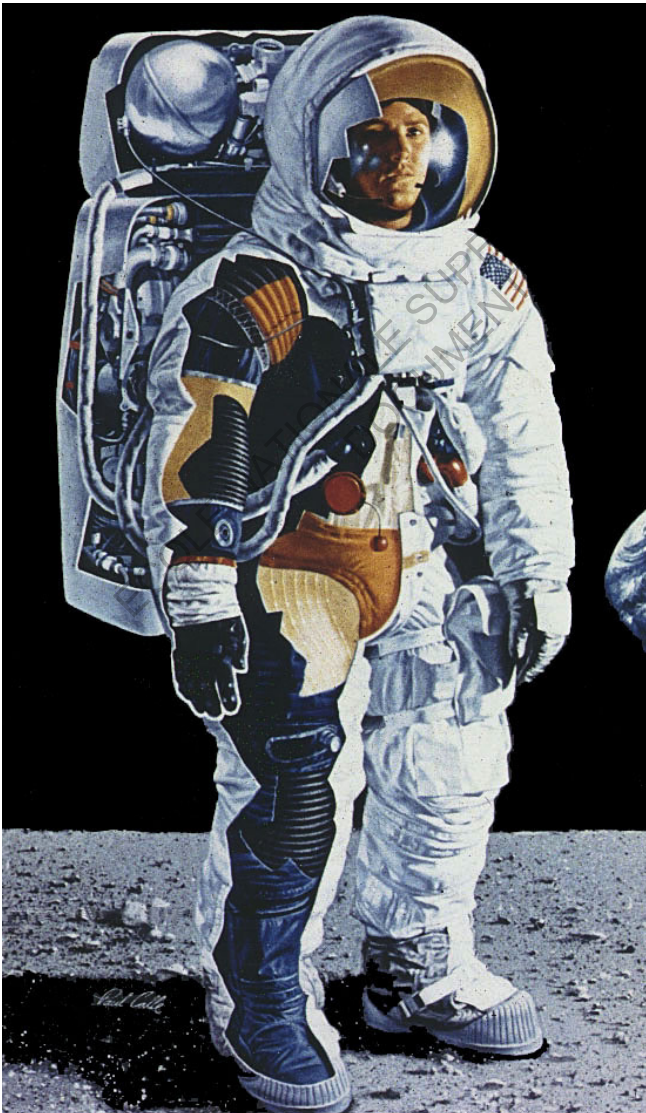
KAPTON®
LAYER 18, 19
"KAPTON" POLYIMIDE FILM
The DuPont invented "Kapton" in 1962. This material is used to protect the astronaut from extremely high temperatures. It is a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

TEFLON®-COATED GLASS FIBER
LAYER 20
"TEFLON" POLYFLUOROCARBON FIBER
"Teflon" (PTFE) is a man-made fiber, used for an alkali resistant, non-toxic, non-flammable, non-stick material. It is a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic.

TEFLON®
LAYER 21
"TEFLON" POLYFLUOROCARBON FIBER
This is the "Teflon" (PTFE) fluorocarbon which is used for the innermost layer of the space suit. It is a special kind of plastic which is made of a special kind of plastic. It is made of a small amount of this material, used in the other, inner, and outer, to provide an abrasion-resistant surface. Most of the space suit is covered with this special fiber.

Nature designed man to inhabit the earth, but his will to know drives him to explore other environments, such as the moon. The lunar environment is a hostile one, and in order to survive there, man requires special protective clothing. Science and technology have worked together to develop a suit. Science, particularly in the Lunar Extravehicular Mobility Suit (LEMV) which enables man to walk about the moon. This jacket replaces the complex layers of material from which the space suit is made.

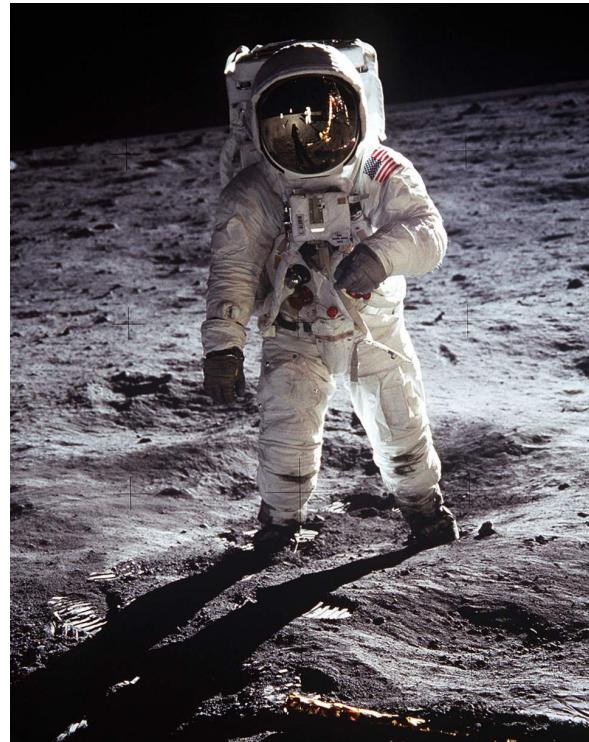
The DuPont, the world's largest chemical corporation, developed materials used in 20 of the 21 layers in the space suit, although it did not make the suit itself. ILC Industries makes the suits. But some of these materials were developed with the moon in mind. Some were new materials, like "Kapton" film, "Mylar," such as nylon, were discovered more than thirty years ago by scientists who had no idea of the distance the results of their research would travel some day. But achievements in science are often put to use in unexpected places. In the case of the space suit, materials which the DuPont had developed for use on earth ultimately found a place on the moon. We can expect to see them used, too, in some other out for outer space and farther planets.



EN HAUT Description des 21 couches de la combinaison A7L.
Source ILC Archive

À DROITE Vue éclatée de la combinaison A7L
Source Livre US space Suit

EN BAS Buzz Aldrin, en combinaison sur la lune, le 20 Juillet 1969
Source NASA archive



DES PREMIÈRES COMBINAISONS

Les premiers pas effectués sur la lune le 20 juillet 1969 ont marqué le monde entier. Retransmis à la télévision, ils sont le symbole que l'homme peut accomplir l'impossible. Les auteurs de science-fiction, les cinéastes, les architectes et la plupart des artisans de la création, déjà emballés par la course à la lune, ne seront que plus enthousiastes dans les années qui suivent. Malgré un ralentissement des projets spatiaux entre les années 1970 et 2000, l'espace fait à nouveau rêver les Hommes de tous horizons et de toutes professions, et les projets de combinaisons, comme de voyages spatiaux, recommencent à fleurir.

Les combinaisons, représentées dans les années 30 tels des scaphandres, seront reprises dans certains cas, comme pour la combinaison MK50, présentée dans *Aliens*⁹ de James Cameron, qui se définit comme une combinaison lourde et peu confortable bien que très résistante. Ce type d'arsenal, semblable à une armure, s'épanouira dans les films sur la conquête spatiale et dans les mondes imaginaires des planètes belliqueuses où la prise de pouvoir se fait par la force.

On peut citer les armures de la série japonaise *Gundam*¹⁰, exosquelettes gigantesques, hybridations entre humain et machine, représentés sous forme de robots gigantesques commandés par des humains placés en leur centre. Elles s'inscrivent parfaitement dans la continuité de ce que disait M. Clynes et N. S. Kline en 1960, même si elles marquent une évolution significative

entre elles et les premières combinaisons spatiales.

Mais les équipements au design d'armures seront surtout exploités dans les jeux vidéo, comme dans la série de jeux vidéo *Metroide*¹¹, éditée par Nintendo, et dont le scénario est partiellement inspiré de la saga Alien. Dans cette série de jeux datant de 1986, les combinaisons s'éloignent de celles des années 30, empruntant un look beaucoup plus pop et coloré et des formes plus souples. Ce sont tout de même des combinaisons lourdes, même si elles restent très élégantes et évoluent au fur et à mesure des épisodes vers un style futuriste au design de plus en plus épuré.

C'est vers un style beaucoup plus décontracté qu'évoluent les combinaisons ultérieures, inspirées des tenues moulantes des comics de science-fiction des années 50. Bien qu'elles habillent le plus souvent de jeunes femmes blondes et pulpeuses, elles sont loin d'être de pures fictions, et sont même très en avance sur leur temps.

En effet, on peut remarquer la similitude de fonctionnement entre ce type de combi-

EN HAUT A DROITE Ridley avec la combinaison MK50.

Source Film *Aliens le retour*, de Ridley Scott, sorti en 1986.

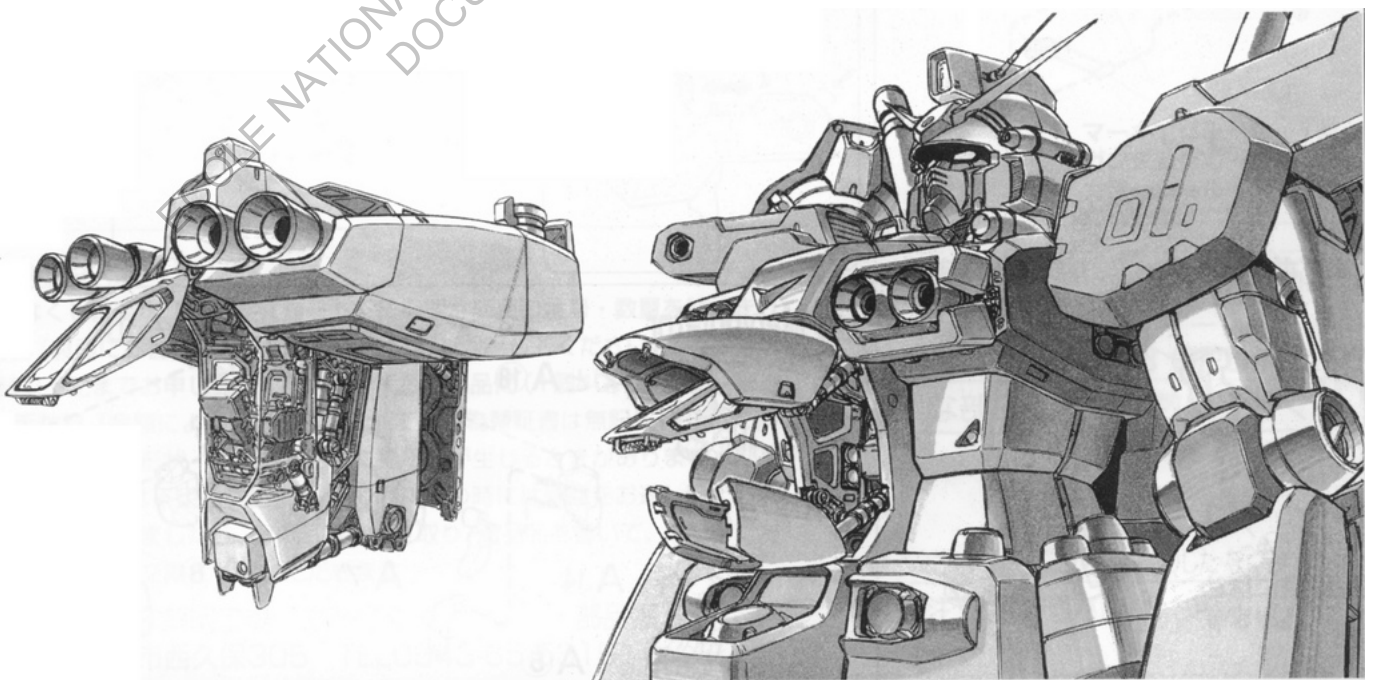
EN HAUT A GAUCHE Combinaison de Samu Arany, héroïne de la série de jeux vidéo *Metroid* de Nintendo sorti pour la première fois en 1986.

EN BAS Dessin d'une combinaison robotique (Mobil Suit), issu de la série d'animation japonaise *Gundam*. A gauche le cockpit monoplace et à droite l'armure.

⁹ CAMERON, James, *Aliens le retour*, États-Unis 1986

¹⁰ TOMINO, Yoshiyuki et YATATE, *Ajime, Mobil Suit Gundam (ou Gundam)*, Japon, 1979

¹¹ KANO, Makoto et SAKAMOTO, Yoshiro, *Metroid*, Japon, 1986



naisons et la *BioSuit* mise au point par Dava Newman avec ses étudiants du Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 2012. Celle-ci se base sur la théorie qui stipule qu'une couche très proche du corps, « *Skin-thigh suit* » ou un costume moulant, peut appliquer d'elle-même la pression nécessaire sur le corps d'un astronaute. Elle serait également plus pratique car plus simple à enfiler, contrairement aux combinaisons spatiales actuelles qui nécessitent l'aide de plusieurs personnes pour être revêtues correctement.

Cette idée s'inspire des recherches du Dr Paul Webb, réalisées dans les années 50, sur une combinaison « contre-pressurisée ». Malgré le succès des études menées par ce chercheur, Dava Newman explique l'abandon de ce principe par les ingénieurs de la NASA, du fait que les matières permettant cette « contre-pressurisation » n'étaient pas encore inventées. La chercheuse admet d'ailleurs que même aujourd'hui, les matériaux sont trop peu performants pour produire le niveau de pressurisation nécessaire.

Enfin, la conception de cette combinaison a nécessité la collaboration de nombreuses personnes, comme l'astronaute Jeff Hoffman qui a participé à 5 missions de la navette spatiale et porté de nombreuses fois les combinaisons extravéhiculaires, mais aussi l'agence anglaise Trotti and Associates, une firme de conception architecturale et également de nombreux étudiants en design.

Ce mode de fonctionnement collaboratif permettra, d'après Dava Newman, la sensibilisation de ses étudiants en ingénierie spatiale au dessin et à la création, et à l'inverse, celle des étudiants en design à l'inspiration dans les calculs et les équations : « *Nous avons tous*

appris des uns et des autres. »

Dava Newman reconnaît enfin que la version qu'elle présente est un prototype. Néanmoins, elle espère que les premiers pas de l'Homme sur la planète Mars se feront avec une version plus perfectionnée de la *BioSuit*.

Et enfin, nous évoquerons les artistes et les cinéastes qui vont inspirer les scientifiques de la NASA ou qui, du moins, travailleront avec eux. Il est important de préciser que chaque fois qu'un personnage porte le logo officiel de la NASA dans un film, c'est que celui-ci a reçu l'accord de l'Agence. Les films comme *Interstellar* qui arborent un logo remanié (justifié ici par une évolution futuriste de ce logo) n'ont pas obtenu l'accord de l'Agence, car jugés trop éloignés de la réalité.

Le cas le plus impressionnant parmi ces films est *The Martian*, ou *Seul sur mars* en français. Les tenues imaginées sont si réalistes que les ingénieurs de la NASA auraient demandé au réalisateur Ridley Scott, de leur procurer les croquis et prototypes des combinaisons afin de pouvoir s'en inspirer, démontrant encore un fois l'influence des disciplines non scientifiques dans la recherche spatiale.

EN HAUT A DROITE Dr Paul Webb dans sa combinaison. La photo montre la totalité des couches. Photo prise en 1971
Source NASA archive

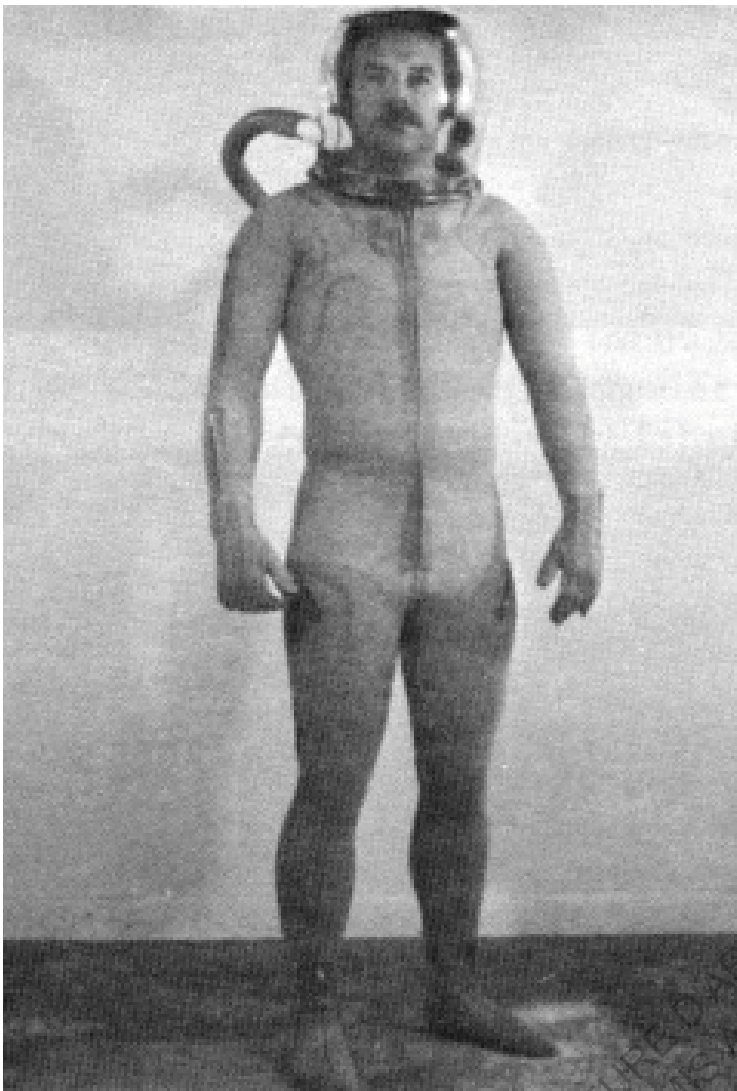
EN HAUT A GAUCHE Dava Newman dans la combinaison *BioSuit*. Photo prise en 2012 par Douglas Sonders.
Source Centre de recherche du MIT

EN BAS A DROITE Zoom sur l'épaule de la combinaison spatiale que Matt Damon porte dans le Film *Seul sur mars* de Ridley Scott

EN BAS A GAUCHE Image du film *Seul sur Mars* de Ridley Scott.

¹² NEWMAN, Dava IN *Ask Magazine*, Janvier 2012, p 37-40

¹³ Issu de l'interview : « *Ridley Scott Explains What He'd Change in "The Martian" Based on NASA's New Discovery* » par WIRED [en ligne] [consulté le 12 novembre 2017]



RECHERCHES INDIVIDUELLES MAIS CONQUÊTE COLLECTIVE

La combinaison spatiale chronologiquement et conceptuellement, est la première tentative de recréation d'environnement terrestre autour d'un corps humain. Elle engage de ce fait, une quantité non négligeable d'innovations qui vont, au fil du temps, façonner notre conception de la vie dans l'espace.

La science-fiction, bien moins contraignante car fabuleuse, saura-t-elle aussi, se réapproprier ces codes pour innover dans le design et l'esthétique des combinaisons spatiales, allant parfois jusqu'à pousser leur création à la limite du réel, et inspirant les ingénieurs, tant leurs combinaisons factices se révélaient réelles.

Néanmoins, l'espace ne peut être exploré seul, dans une petite combinaison. L'homme a besoin de s'entourer pour affronter l'immensité et les mystères de l'espace. C'est dans cette optique et avec l'envie d'étudier les effets de l'apesanteur sur l'homme, par exemple, que les russes et les américains se lancèrent, peu à peu, dans la construction de stations orbitales, abritant en permanence des Hommes de diverses nationalités.

Recréer un environnement à cette échelle est bien plus complexe, mais des scientifiques et des architectes, redoublant de logique et d'ingéniosité, ont poussé dans leurs créations, les technologies qu'ils détenaient, pour le confort et la survie de ceux qui y habiteraient.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Bruce McCandless II flotte dans l'espace, à 100 mètres de son vaisseau. Il est le premier, ce 12 février 1984, à s'éloigner autant de son orbiteur.

Nasa Goddard Photo and Video

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ARCHITECTURES COLLECTIVES

PORTRAITS

LES STATIONS SPATIALES
Habiter l'espace

COLOCATION OU
COLONISATION

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PORTRAITS

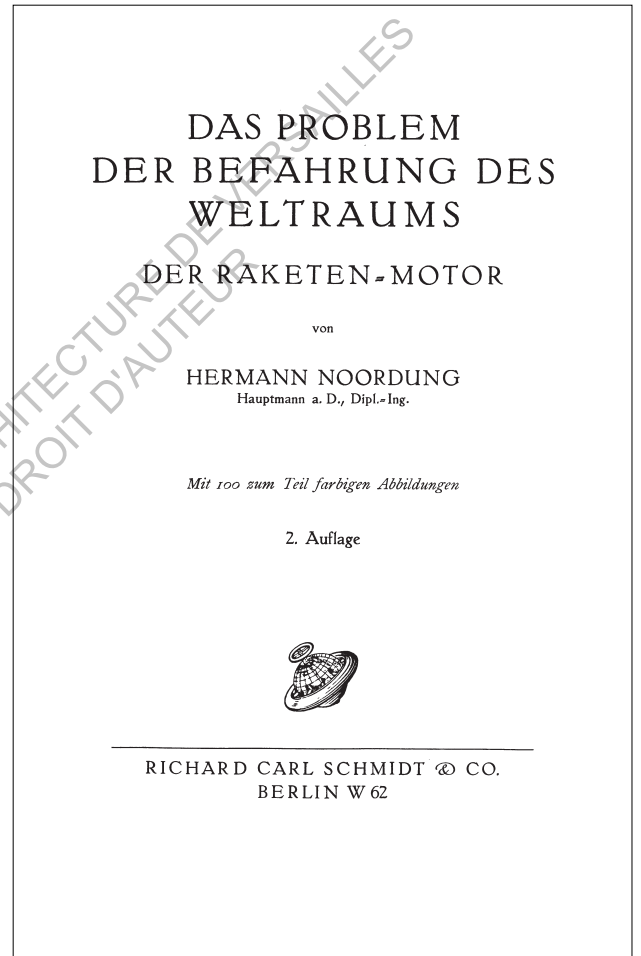
Hermann
POTOČNIK
1892 – 1929

Plus connu sous le pseudonyme d'Hermann Noordung, c'est un ingénieur spécialiste en armement et en conception de fusées. Il est d'origine slovène et est né dans l'ancienne Autriche-Hongrie. Hermann fera ses études dans une école militaire et se spécialisera dans l'ingénierie de construction, notamment dans celle des ponts et des chemins de fer.

Il combattra pendant la première guerre mondiale et sera décoré pour ses exploits. Malheureusement, il contractera la tuberculose en 1919. De retour du front, il se consacrera à des études en ingénierie électrique et mécanique à l'Université des Technologies de Vienne.

A partir de 1925, il concentre ses recherches sur les technologies spatiales, ce qui aboutira à une publication en 1928 : *Das Problem der Befahrung des Weltraums* (Les problèmes du voyage spatial), livre dans lequel il décrit comment les Hommes pourraient partir à la conquête de l'espace et y établir une colonie. Il livrera également des croquis détaillés d'une station spatiale, considérée par les historiens russes et américains comme la première architecture spatiale de l'histoire de l'humanité.

Il meurt de sa tuberculose un an après cette publication, en 1929.



NOORDUNG, Hermann, *Das problem der Befahrung des Weltraums*, Richard Carl Schidt & co, 1928, Berlin, 193p.

Galina Balashova

Architect of the Soviet Space Programme

Philipp Meuser

Basics

DOM
publishers

MEUSER, Philip. *Galina, Balashova: Architect of the Soviet Space Program*. États-Unis. Broché. 2015.

Galina
BALASHOVA
1931 – Aujourd'hui

Elle fait ses études à l'Institut d'Architecture de Moscou, puis travaille à partir de 1955 à débarrasser les bâtiments de leurs ornements staliniens, sous l'impulsion du président Khrouchtchev, désireux de faire disparaître le culte de la personnalité voué à son prédécesseur.

Elle épouse en 1956 un ingénieur travaillant sur l'OKB-1 (bureau d'étude consacré au programme Soyouz, un vaisseau spatial habité). C'est grâce à ce mariage qu'elle rencontrera le directeur de l'OKB-1, qui la charge du design intérieur de la capsule spatiale Soyouz-1.

Elle devient ainsi la première architecte spatiale de l'histoire.

Son travail consiste à rendre les habitacles des vaisseaux Soyouz « habitables » pour les cosmonautes Russes. En effet, ce travail avait d'abord été confié à des ingénieurs qui ne prenaient pas suffisamment en compte le confort nécessaire dans ce genre de vaisseau.

Elle livrera un travail époustoufflant dont les illustrations sont recensées dans le livre « *Galina Balashova : Architect of the Soviet Space Programme* »

LES STATIONS SPATIALES

Habiter l'espace

L'espace interplanétaire est un environnement extrêmement hostile. De ce fait, construire une station orbitale habitable, c'est avant tout recréer les conditions d'habitabilité terrestre de base, celles sans lesquelles il est impossible pour le corps humain d'assurer sa propre survie. Dans l'espace, il faut à la fois pouvoir donner au corps ce qui n'y existe pas naturellement, et le protéger des conditions extrêmes auxquelles il n'est pas adapté.

Grace à la technologie et à l'architecture, l'habitat spatial peut devenir un monde terrestre miniature, mais la station doit pouvoir développer son propre milieu complexe, abritant la vie de quelques êtres humains. Leur survie dépend avant tout de l'atmosphère qui règne dans la station. La pesanteur artificielle, la production d'eau ou de nourriture, les précautions d'hygiène de base ou la possibilité de pratiquer un sport sont autant de paramètres que les concepteurs de stations spatiales ont choisi d'ignorer ou de prendre en compte, selon leur « importance », établissant approximativement une nouvelle pyramide de Maslow, qui prend place cette fois dans l'espace.

Au fur et à mesure de l'évolution des stations spatiales dans l'imaginaire collectif, des formes et des environnements spécifiques se sont développés. Habitat modulaire d'exception, la station spatiale se développe comme un abri bourré d'une technologie dédiée à la survie et au confort de ses hôtes d'exceptions.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Station MIR en Orbite
Photo prise depuis le STS-71 / Na-
vette Atlantis en 1995
Source NASA

PRÉMICES ET ILLUSIONS

Les stations spatiales sont un fantasme beaucoup plus ancien que les combinaisons du même nom. Recréer un environnement habitable par l'homme à l'échelle d'une habitation semblait bien plus plausible et beaucoup plus simple à réaliser.

Les premières formes de stations spatiales à proprement parler naissent en 1890, avec les travaux de Konstantin Tsiolkovski. Il conçoit, sous forme de croquis, un écosystème fermé dans lequel l'équipage pourrait s'épanouir. Il imagine également les premiers sas de dépressurisation, par lesquels les cosmonautes pourraient passer pour effectuer leurs missions extravéhiculaires. Il est de ce fait, le premier à concevoir une station spatiale.

Néanmoins, le premier à mettre en pratique l'architecture extra-terrestre est Hermann Noordung dans son livre *Les problèmes du voyage spatial*, où il décrit sa station *Living Weel*, en 1928. Il propose une station en forme de roue d'une centaine de pieds de diamètre. Elle exploiterait la force centrifuge afin de repousser ses habitants vers ses parois extérieures, recréant ainsi une pesanteur dans la station. L'énergie serait fournie par le soleil, grâce à un miroir concentrant la lumière sur des tuyaux de chaudière, les faisant fonctionner comme une machine à vapeur.

C'est sur ce même dessin que le réalisateur Stanley Kubrick et l'écrivain de science-fiction Arthur C. Clark se baseront pour concevoir la station spatiale *Discovery 1* présente dans leurs œuvres respectivement cinématographique¹⁴ et littéraire¹⁵ : *2001, A Space Odys-*

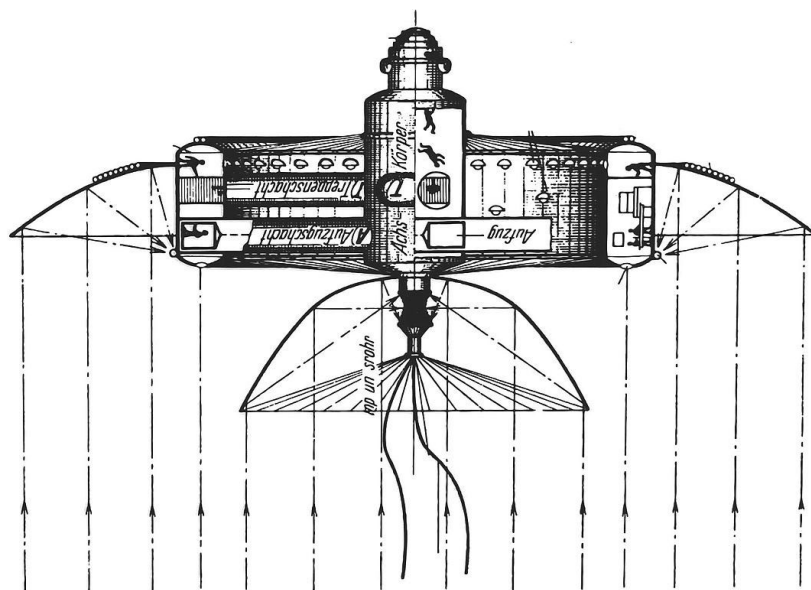
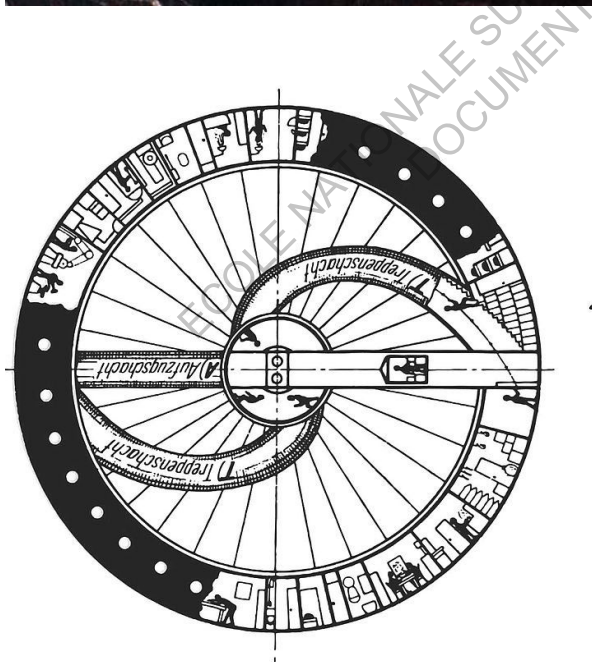
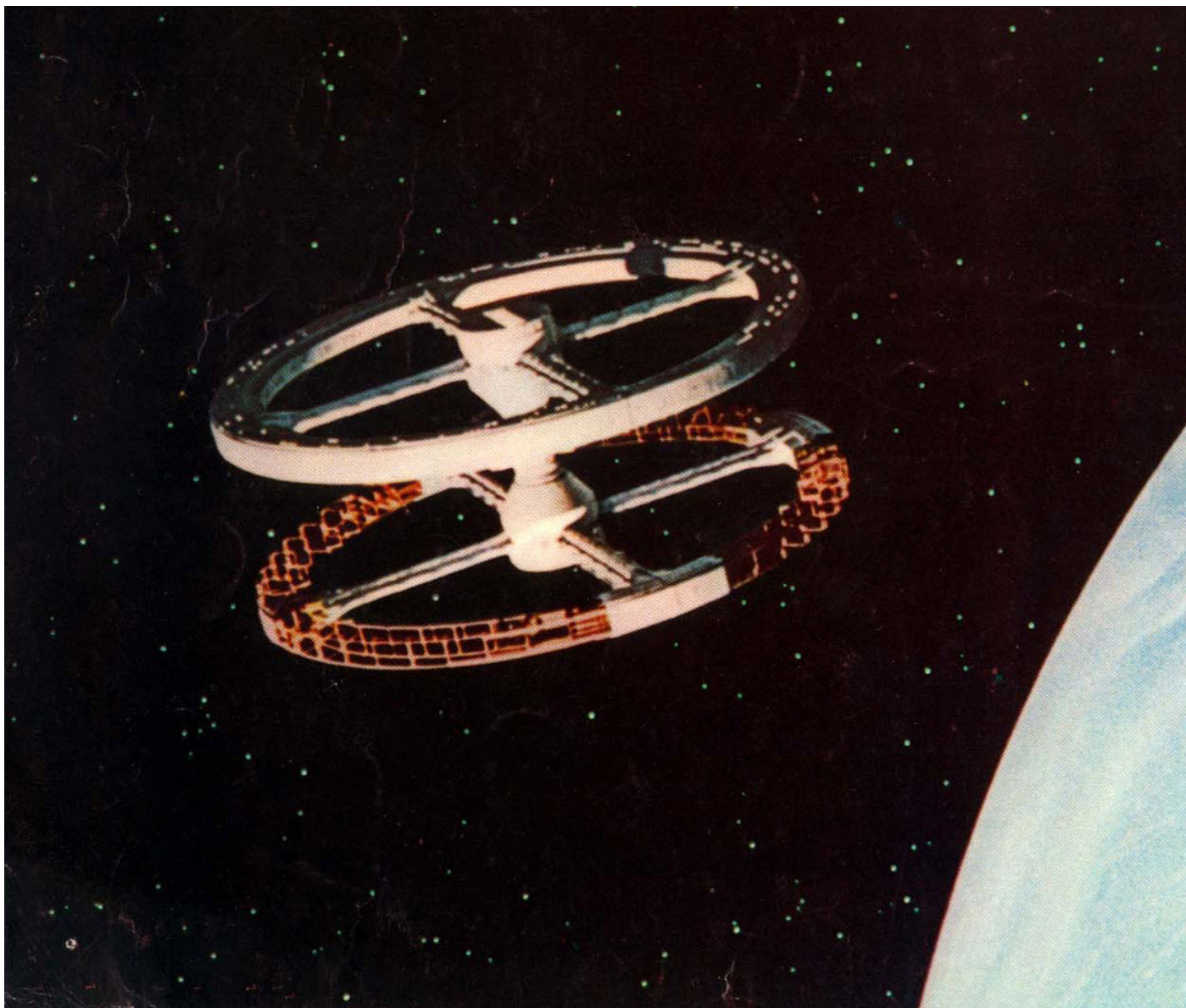
sey, sorti en 1968. On peut apprécier dans ce film une scène stupéfiante dans laquelle David, le protagoniste principal de cette histoire, fait un footing dans l'habitacle de son vaisseau. Cette scène est d'autant plus impressionnante qu'elle a nécessité un plateau tournant pour créer l'illusion de cette pesanteur perturbante pour un Homme vivant une gravité verticale et confronté à cette « gravité circulaire ».

D'autres stratagèmes furent mis en place bien avant le film de S. Kubrick. *La Magic Sphere*, installée à Coney Island de 1904 à 1907, était un manège composé d'une sphère tournant sur elle-même. La force centrifuge faisait pencher ses habitants de quelques degrés à la verticale et un immense miroir posé au-dessus d'eux leur donnait l'impression qu'ils évoluaient dans un espace sans réelle pesanteur. Il était étrange de voir ses occupants marcher sur les murs de la sphère tout en ne ressentant pas la pesanteur qui aurait dû les attirer inévitablement vers le sol.

À l'époque, la recreation d'une pesanteur artificielle est capitale dans la conception d'une station spatiale. En effet, les scientifiques pensaient qu'un être humain ne pourrait pas survivre en apesanteur en raison des problèmes de circulation sanguine induits. Néanmoins, il est prouvé aujourd'hui que ces effets ne sont pas nocifs, même s'ils affaiblissent considérablement le corps humain. La pesanteur artificielle est toujours considérée comme essentielle pour les voyages spatiaux de longue durée.

¹⁴ KUBRICK, Stanley, *2001 : A space Odyssey*, Metro-Godwin-Mayer. États-Unis. 1968, 149 min

¹⁵ CLARK, Arthur C., *2001 : A space Odyssey*. États-Unis. Hutchinson. 1968



EN HAUT La station spatiale *Discovery 1* du film de Stanley Kubrick, 2001, a *space Odyssey*, sorti en 1968.

EN BAS *Living Wheel*, créé par Noordung en 1928 et publié la même année dans son livre *les problèmes du voyage spatial*.

LABORATOIRE DU CIEL

En réalité, les américains et les russes commencèrent à considérer l'idée d'une station en orbite autour de la terre ou de la lune au début des années 60. En 1964, les ingénieurs de la NASA et plus précisément du Johnson Space Center, centre spécialisé dans les missions spatiales habitées, avaient déjà pensé à remplacer le module des missions Apollo par une petite station spatiale du nom d'Apollo X. Elle était vouée à ne jamais se poser sur la lune mais à se mettre en orbite autour de celle-ci pour y faire de multiples observations.

De plus, cette même équipe avait commencé à réfléchir à une possible réutilisation des étages de la fusée Saturne 5, afin d'en faire une station spatiale à moindre coût.

L'idée est intéressante ; les étages de la fusée se décrochent un à un au décollage et se désagrègent lors de leur entrée dans l'atmosphère terrestre. Le premier étage, rempli de kérosène au décollage, est inutilisable mais le second étage est rempli d'oxygène et d'hydrogène qui une fois évacués, laissent un espace propre et sans danger pour ses occupants. Cependant, l'étage est gigantesque. C'est un cylindre de dix mètres de diamètre sur trente-cinq mètres de long qui pèse plus lourd à vide que l'actuelle Station Spatiale Internationale, pourtant plus grande structure assemblée en orbite à ce jour. La station devait pouvoir accueillir 24 personnes et les vaisseaux de transport entre la Terre et ce mastodonte devaient avoir une capa-

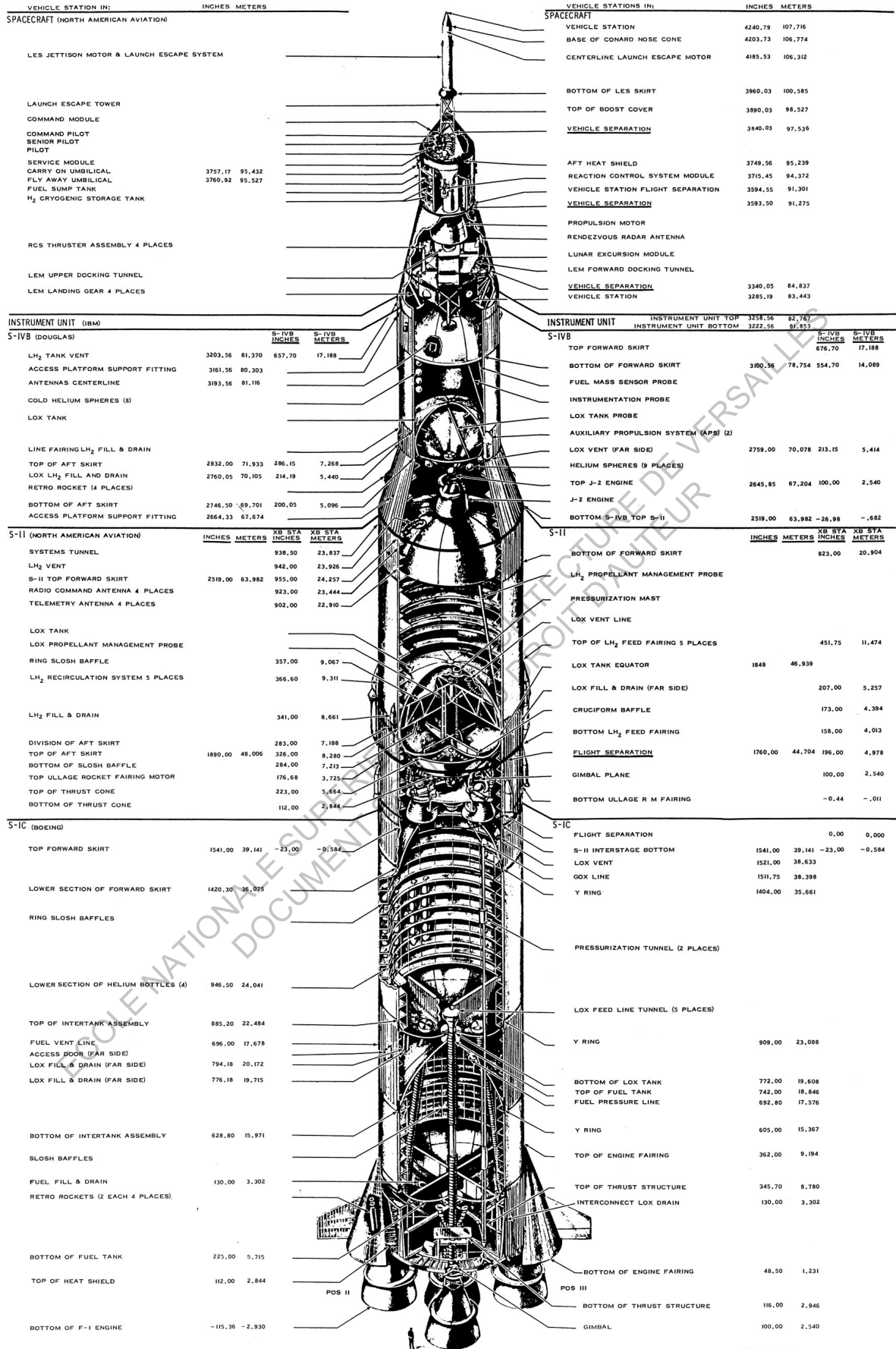
cité de 12 astronautes. Cette station devait aussi bénéficier d'une gravité artificielle, ce qui séduisait considérablement la NASA qui redoutait un dysfonctionnement biologique de l'équipage, puisque aucun homme à l'époque n'avait encore expérimenté l'apesanteur sur une longue durée.

Mais, après la réussite des programmes Apollo et l'abandon par les russes de leur programme lunaire, le Congrès américain commença petit à petit à baisser le budget de la NASA. En effet, tant les recherches que l'envoi d'astronautes dans l'espace coûtent très cher. Ce financement devient de moins en moins populaire auprès du grand public. La dernière mission lunaire Apollo 17, ne sera pas retransmise à la télévision et les missions suivantes, Apollo 18, Apollo 19 et Apollo 20 seront tout simplement annulées. Ces péripéties mettent clairement en lumière le désintérêt général des américains pour la conquête spatiale à partir des années 70, ainsi que les raisons qui ont poussé le Congrès à réduire encore et toujours le budget de la NASA, et ce, jusqu'à nos jours.

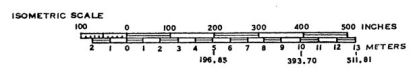
C'est dans ce contexte que l'agence spatiale américaine envisage de faire évoluer son programme spatial vers quelque chose de moins coûteux mais toujours intéressant du point de vue scientifique.

Nait alors le programme Skylab, qui reprend les recherches entreprises pour rendre habitable le deuxième étage de la fusée Saturne

SATURN V APOLLO FLIGHT CONFIGURATION



Axonométrie détaillé d'une fusée Saturn 5



EX LIBRIS
David T. Craig

SHEET 1 OF 2
REF: 10673 APOLLO SATURN AS-501

THE **BOEING** COMPANY
SPACE DIVISION, LAUNCH SYSTEMS BRANCH
HUNTSVILLE, ALA 35807

SATURN V APOLLO
FLIGHT CONFIGURATION

DRAWING ORIGINATED BY: HUNTSVILLE ENGINEERING
DATE: 1 MARCH 1967
DRAWN BY: DON SPRAGUE

FOR ADDITIONAL COPIES PHONE:

5. La durée du chantier et la technicité nécessaire à l'aménagement d'un tel espace par les astronautes, font de la mission initialement prévue un gouffre financier que la NASA ne peut se permettre.

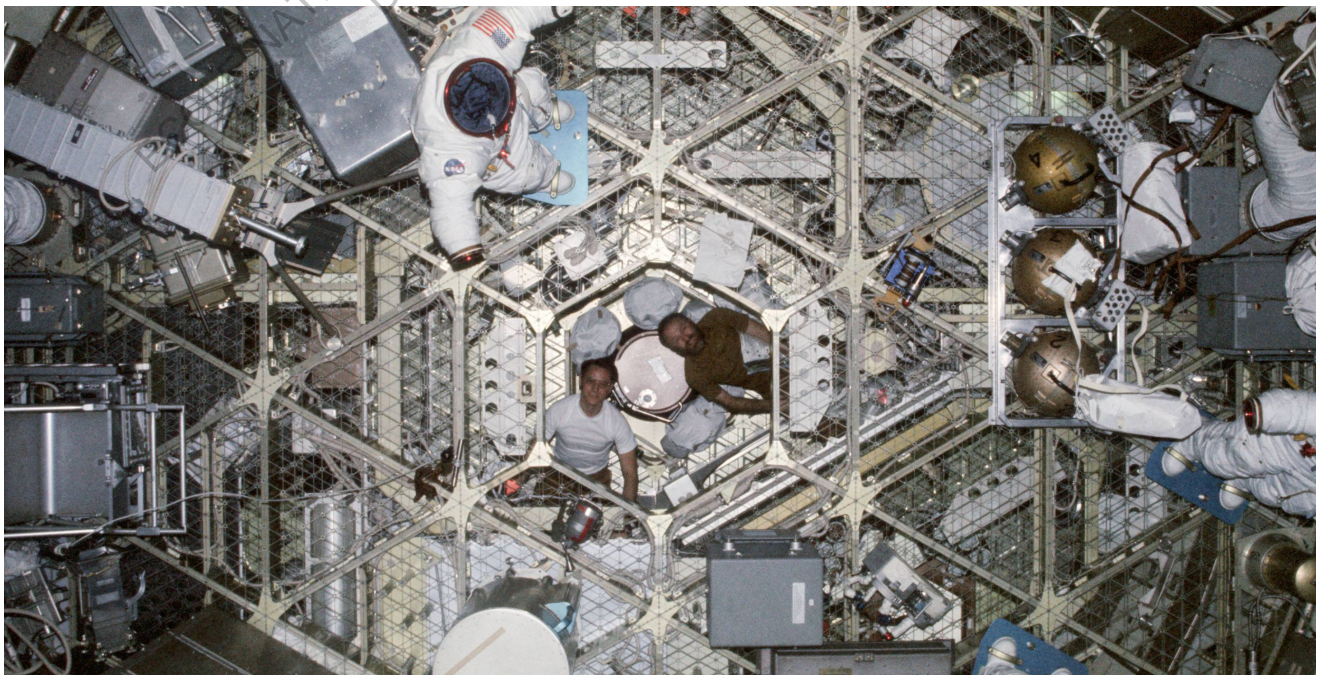
Les ingénieurs se rabattent donc sur un modèle plus petit, la fusée Saturne 1-B, bien moins utilisée que sa grande sœur Saturne 5, mais tout aussi performante et bien plus à l'échelle du projet que la NASA veut mettre au point. Seuls trois membres d'équipage se relayeront dans la station, la laissant parfois inactive pendant plus de 2 mois. Son rôle principal est de permettre l'étude des effets de l'apesanteur sur le corps humain, sur une longue période et à basse altitude.

Première station spatiale habitée, Skylab connaîtra tout au long de son existence de multiples difficultés, qu'elles soient purement humaines, comme une mauvaise entente entre un équipage et les opérateurs de Houston, ou mécaniques puisqu'elle sera souvent endommagée par des débris circulant en orbite basse, dont les ingénieurs connaissent encore mal les effets. Mais elle sera aussi un formidable outil, permet-

tant aux ingénieurs d'en apprendre plus sur la conception d'une station spatiale. Skylab sera utilisée comme terrain d'essai pour des innovations, comme par exemple lors de la tentative d'installation d'une douche dans le module qui se soldera malheureusement par un échec et le retour à l'utilisation d'une simple serviette mouillée pour la toilette. Ces expérimentations ont abouti à la mise au point de la technologie qui permet aujourd'hui à l'ISS d'être parfaitement fonctionnelle.

La station sera abandonnée faute de moyens, lorsque le budget disponible sera réaffecté au développement de la navette spatiale américaine. Cette dernière aurait dû être en mesure de desservir Skylab et ainsi permettre la reprise de son exploitation. Ce ne sera pas le cas. La station spatiale irrémédiablement détériorée par une activité solaire anormalement forte finira par entrer dans l'atmosphère terrestre en 1979.

EN DESSOUS Photo de deux membre de l'équipage de la mission Skylab 3 Jack R. Lousma et Owen Garriott
Source : NASA





EN HAUT Photo prise le 1^{er} Juillet 1973
Le pilote Jack R. Lousma de la mission Skylab 3
après une douche dans la station orbitale.
Source : NASA

EN BAS Photo prise en 1973
L' Astronaute Owen Garriott mangeant un repas em-
paqueté à bord de la station Skylab.
Source : NASA



LE MODELE SOVIÉTIQUE

Au fur et à mesure que les expériences fleurissaient dans le vide spatial et que les premiers hommes étaient propulsés de plus en plus loin de leur berceau terrestre, les architectes et les scientifiques ne voyaient plus l'intérêt de recréer une pesanteur artificielle. Son coût, exorbitant, la complexité des dispositifs à développer pour la mettre en œuvre et les technologies actuelles, qui n'étaient, et ne sont toujours pas assez avancées pour que cette pesanteur soit significative, ne permettent pas de penser que nos stations spatiales en seront équipées dans un futur proche.

Les agences spatiales, se sont naturellement tournées vers un autre principe constructif bien plus réaliste : le modulaire.

L'architecture spatiale est éternelle.

Le coût de la construction, celui de l'envoi de matériaux dans l'espace et le danger que représente la présence d'objets aussi volumineux en orbite basse autour de la terre suggère que les stations doivent être les plus pérennes possible. En 1991, lors de la destruction de la station spatiale Saliout 7, son retour sur terre prévu dans l'océan pacifique, ne s'est pas déroulé comme attendu. En effet, sa chute ayant pris du retard, certains débris de la station, de quelques dizaines à plusieurs centaines de kilos, se sont dispersés en Amérique du

sud. Heureusement, l'incident n'a fait aucune victime.

Mais ce sont aussi les temps de conception très longs, et les avancées technologiques permanentes, qui ont poussé les scientifiques à créer des pièces démontables et interchangeables au fur et à mesure de leur obsolescence. Une station spatiale est une architecture système, qui s'adapte à différentes configurations et répond à des problématiques variées, parfois encore inconnues au commencement de sa conception.

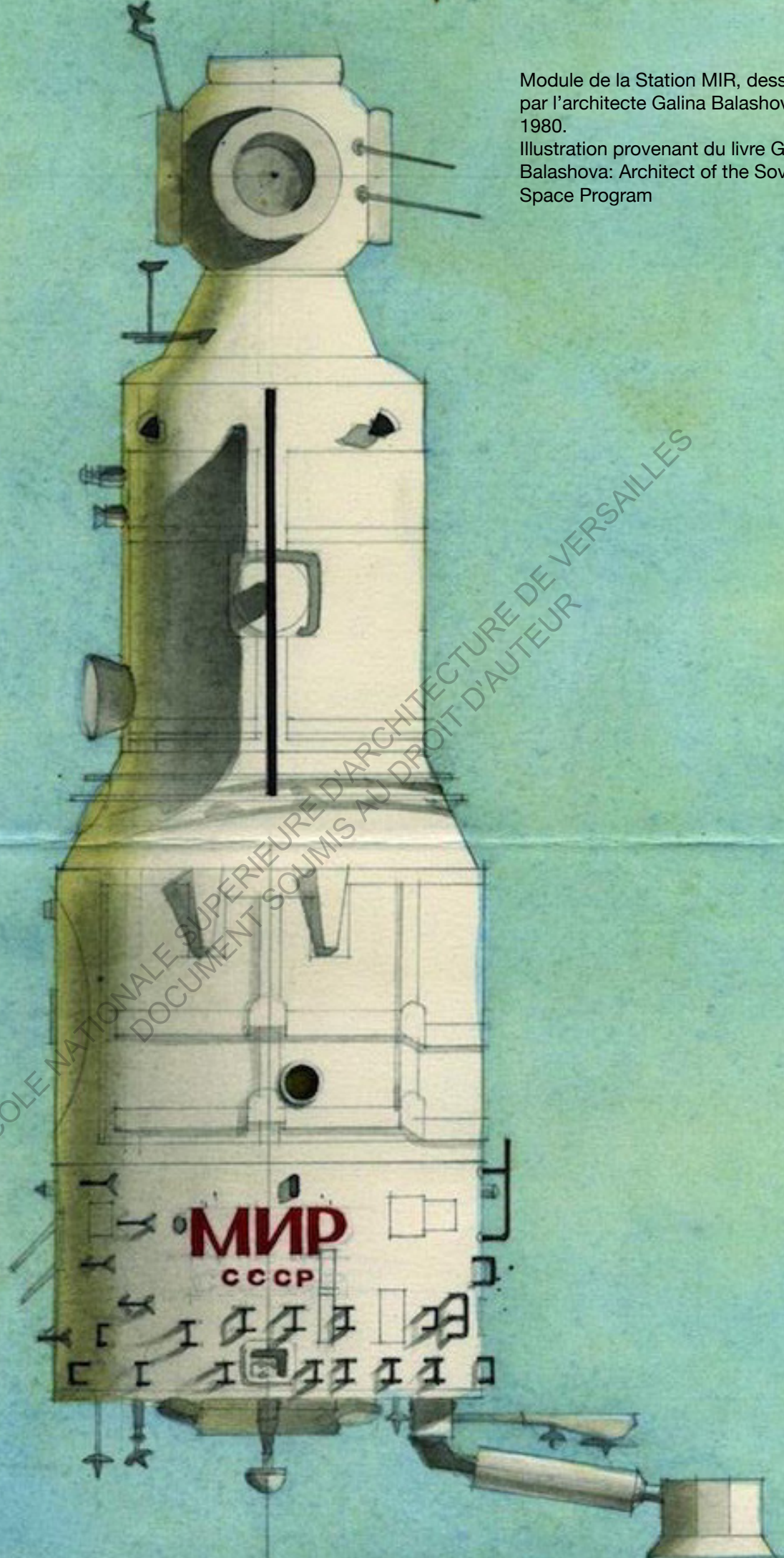
Les premières stations spatiales modulaires sont Russes. Très en avance sur les technologies américaines de la NASA, les russes développent les stations Saliout dès 1971. La conception de ces stations et de leurs différents cercles d'amarrages est intimement liée à la technologie des navettes Soyouz qui doivent s'accoupler à la station pour décharger vivres et équipages. La station est totalement dépendante des navettes, sans lesquelles elle ne serait pas habitable. Son développement, capsule par capsule, et son habitabilité sont basés sur les capacités des navettes Soyouz, conçues par le bureau de l'OKB-1 et par la première architecte spatiale de métier, Galina Balashova.

Celle-ci travaillera sous la direction de Sergueï Korolev, un autre visionnaire de la conquête spatiale soviétique. C'est lui qui, après avoir découvert la capsule Soyouz

Module de la Station MIR, dessiné
par l'architecte Galina Balashova en
1980.

Illustration provenant du livre Galina,
Balashova: Architect of the Soviet
Space Program

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



telle qu'elle avait été initialement imaginée par les ingénieurs soviétiques, déclarera « Dans l'espace, personne ne peut voler dans des toilettes ». Cette phrase nous fait comprendre l'exiguïté des espaces conçus à cette première étape. C'est à ce moment-là qu'il fit appel à l'architecte Galina Balashova, afin qu'elle dessine un intérieur résidentiel, confortable pour 3 cosmonautes pouvant rester jusqu'à 3 jours en orbite. Malgré le volume disponible extrêmement réduit, elle dessina toutes les possibilités que lui offrait l'habitable, en faisant varier le nombre de personnes et les activités possibles. Elle finit par concevoir dans une sphère, un salon praticable et confortable qui séduisit Korolev. Cette capsule est encore utilisée de nos jours comme navette entre l'ISS et la Terre.

A partir de 1976, elle travaillera sur la conception des stations Saliout 6 et Saliout 7, pour lesquelles elle perfectionnera les modes de fonctionnement architecturaux, avant de travailler sur la station MIR à partir des années 1980.

Cette énorme station spatiale, vouée à se développer bien plus que les stations Saliout, est réellement conçue comme un habitat. Lors de son lancement en 1986, le journal français *Le Parisien*, titrera à sa Une « *MIR : Le premier appartement de l'espace* »¹⁶ montrant réellement l'habitation et la conception architecturale dont bénéficie cette immense machine.

Dans cette station spatiale, Galina Balashova a intégré des zones clairement définies : une zone de repos, de travail, de ré-

paration, un coin salon et les prémices d'un système de toilettes. Elle a aussi l'idée d'utiliser des codes-couleurs, pour pouvoir distinguer les différentes zones mais aussi pour désigner un sol et un plafond, permettant ainsi aux cosmonautes, malgré l'apesanteur, de s'orienter les uns par rapport aux autres, dans un espace défini, comme sur Terre.

Ses dessins sur la station MIR, mais aussi ceux du design des capsules Soyouz, seront repris pour la conception de l'actuelle ISS. L'un des principaux modules de celle-ci « Svesda » avait été initialement prévu pour la station MIR 2, avant d'être finalement utilisé dans la station internationale.

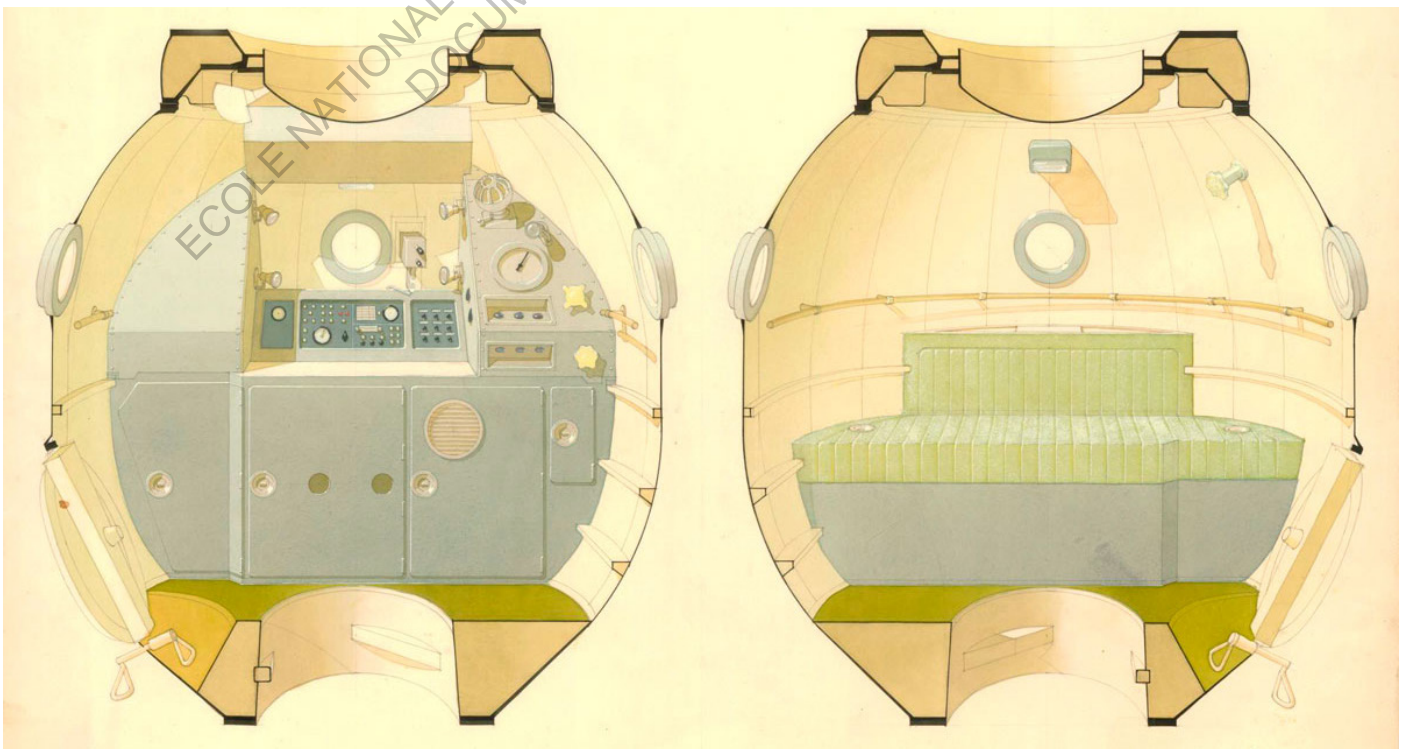
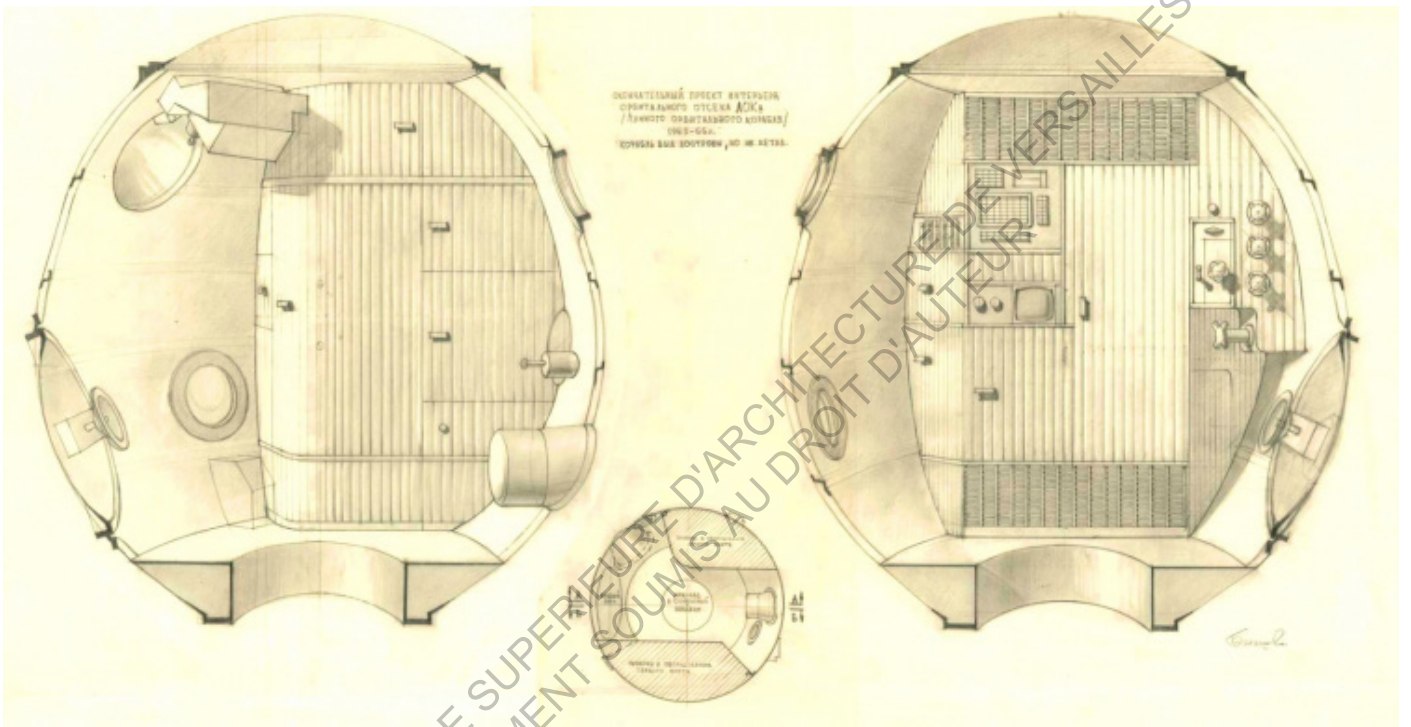
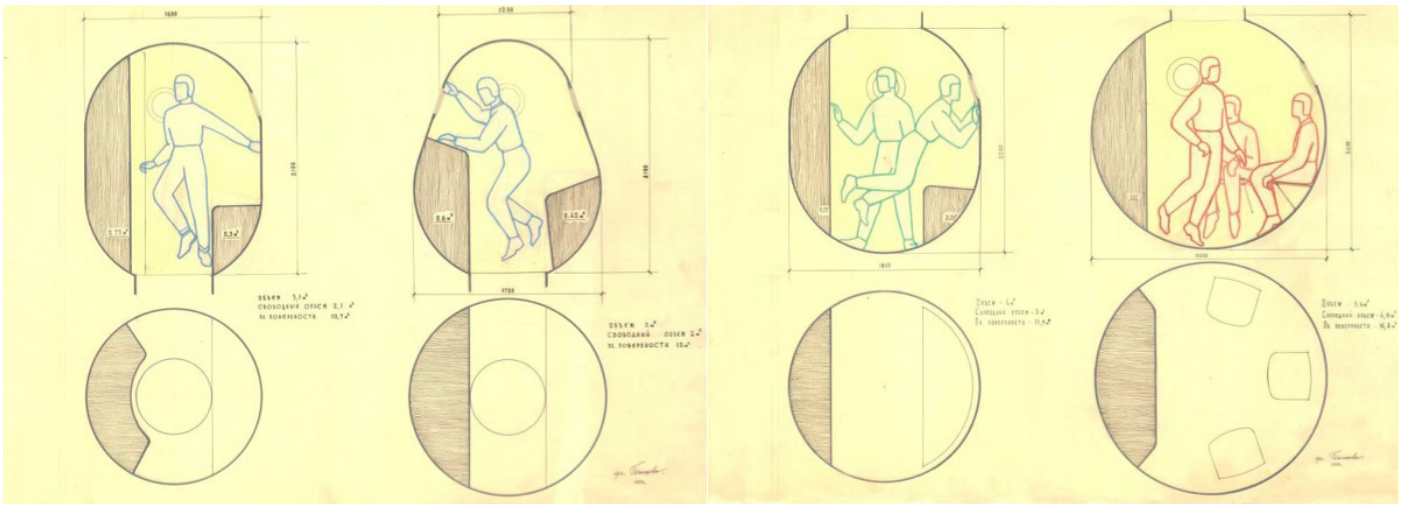
Au fur et à mesure des expériences qui ne seront pas toujours des succès, et bien que la technologie soit toute neuve pour l'époque, les navettes et la station s'améliorèrent progressivement. Les cosmonautes, grâce à leur entraînement, se perfectionnèrent dans l'entretien de la station. En outre, les recherches menées sur ces voyageurs, exposés à l'apesanteur sur des durées de plus en plus longues, furent, avec celles menées lors des missions Skylab, la base des connaissances actuelles sur les effets de l'apesanteur sur les êtres vivants, au niveau physiologique, biologique et psychique.

EN HAUT À DROITE Dessins de Galina Balashova pour déterminer l'espace minimum nécessaire à 1, 2 ou 3 personnes dans une capsule orbitale.

AU CENTRE ET EN BAS À DROITE Dessins de Galina Balashova pour le design des capsule Soyouz. Dessins fait en 1964 et validés par Sergueï Korolev.

Source : *Galina Balashova : Architect of the Soviet Space Program*

¹⁶ Leparisien.fr, [en ligne] *DANS LE RETRO. Espace, MIR aurait fêté ses 30 ans*. [Consulté le 17 décembre 2017]. <http://www.leparisien.fr/espace-premium/actu/dans-le-retro-espace-mir-aurait-fete-ses-30-ans-16-02-2016-5551299.php>



LA VRAIE VIE

Enfin, c'est sur les bases de la conception de Skylab, et de la station MIR que se développe la station spatiale International, ou ISS. Celle-ci ne diffère pas de ses ainées dans sa conception architecturale. C'est une station modulaire, qui continue encore aujourd'hui de s'agrandir et de s'améliorer, avec le module Bigelow, ajouté en 2016. Ce n'est plus dans la conception de l'espace que cette station se développe mais au niveau de l'habitabilité. Les modules ne changent plus, leur forme et leur taille étant liées à ce qu'une fusée est capable de lancer et à ce qu'un homme est capable d'assembler en apesanteur.

Si nous avons pu voir précédemment que la tentative d'intégrer une douche dans la station Skylab était un échec, ou que les hommes ont besoin de distinguer le plafond, les murs et le sol pour pouvoir s'orienter en apesanteur, nous n'avons pas encore abordé les besoins fondamentaux à prendre en compte pour pouvoir habiter l'espace comme manger, dormir ou se soulager.

Evidemment, en orbite, une cuisine traditionnelle est inutile puisque les astronautes ne cuisinent pas. La surface restreinte ne permet pas le luxe aux équipes de stocker des aliments de toutes sortes. Ceux-ci doivent être légers car chaque gramme envoyé dans l'espace coûte cher, ils doivent être humides et collants car des miettes flottant dans l'espace sont un danger pour l'outillage technique. De plus, la nourriture humide, grâce

à la tension de surface de l'eau, se maintient en place dans un récipient et peut être mangée beaucoup plus aisément par l'équipage. Ces stocks de nourriture sont conservés dans ce que les astronautes appellent des « greniers », sortes de pièces situées aux « plafonds » des différents laboratoires de chaque nationalité, et servant de zone de stockage pour toutes sortes de choses. On notera le terme de « grenier », aussi naturel qu'intuitif.

L'eau, elle, n'est pas livrée par cargo comme la nourriture, ou alors en très faible quantité. Elle est « produite » par les astronautes sous forme de transpiration, d'urine ou de vapeur d'eau rejetée lors de l'expiration. Un dispositif récupère cette eau, en partie par déshumidification de l'air ambiant, la traite, la filtre, puis la réinjecte dans les réservoirs d'eau potable.

Néanmoins, il y a bien un coin cuisine dans la station spatiale. La table qui s'y trouve est totalement modulable afin de pouvoir s'adapter aux différents groupes qui l'utilisent, mais elle est aussi recouverte de scratch et de sparadrap pour bloquer les sacs de nourriture et les ustensiles de cuisine. Cette kitchenette est même « luxueusement » équipée de 2 petits réfrigérateurs et d'un four à micro-onde. La cuisine, bien que « spatiale », dispose d'un « confort moderne », qui per-

A DROITE Photo de l'intérieure du compartiment de toilette situé dans le module Russe Zvezda de la station internationale
Source NASA



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

met à l'équipage de retrouver un semblant de vie « normale » dans l'espace.

Mais, l'une des principales difficultés de la vie en apesanteur, reste le soulagement des besoins naturels que sont uriner et déféquer. A cet effet, la NASA a lancé un concours fin 2016, nommé le *Space Poop Challenge*¹⁷, invitant toute personne à concevoir et proposer des solutions à ce problème. En effet lors des vols de courtes durées, on utilisait des couches, mais avec la multiplication des longs séjours dans l'espace, il a fallu imaginer de nouvelles solutions. Celle développée à bord de l'ISS est basée sur un principe de succion qui permet aux déchets de ne pas se disperser dans l'air¹⁸. Dans 2001, *l'odyssée de l'espace*, l'auteur décrit un procédé tout autre. Bien sûr, il se déroule dans un contexte imaginaire où les vols spatiaux sont beaucoup plus fréquents, pour rejoindre des colonies ou d'autres planètes du système solaire.

« Toute une génération de volontaires héroïques, quoique peu enthousiastes, avait contribué à la mise au point des toilettes qui étaient maintenant à peu près sûres. [...] Il se retrouva dans un petit réduit cubique pourvu de tous les aménagements que l'on pouvait trouver dans un avion [...] Un avis gravé annonçait : POUR VOTRE CONFORT VEUILLEZ LIRE ATTENTIVEMENT LES INSTRUCTIONS ! Lorsqu'il fut [prêt] il appuya sur le bouton

DÉPART. Tout près, un moteur électrique se mit à vrombir et Floyd sentit le mouvement qui s'amorçait. Ainsi que le prescrivait la notice, il ferma les yeux et attendit. Une minute après, une sonnerie retentit et il rouvrit les yeux. [...] la gravité était rétablie. Seule une faible vibration indiquait qu'il s'agissait d'une gravité de fortune entretenue par la rotation du compartiment des toilettes. [...] La force centrifuge ne devait représenter que le ¼ de la gravité normale »¹⁹.

Ici, le concept est différent : utiliser la force centrifuge pour rétablir une gravité, certes de fortune, mais suffisante pour assurer l'écoulement normal des urines. Cette solution pourrait être couteuse en raison de la technologie qu'il faudrait maîtriser pour la mettre en œuvre, mais dans la perspective d'une exploitation à grande échelle, si la démocratisation des voyages spatiaux démarrait, il serait peut-être légitime de tenter cette approche, dans une volonté de faciliter l'utilisation par les usagers.

Enfin, l'apesanteur qui ne permet pas de s'allonger, perturbe les phases de sommeil des équipages. Bien que certains astronautes affirment que l'apesanteur garantit la meilleure position pour dormir, puisque quelle que soit la position du corps, on se retrouve confortablement soutenu

par le « vide ». Mais le sommeil n'est pas uniquement réparateur. On ne peut bien dormir

¹⁷ nasa.gov [en ligne], *Space Poop Challenge* [consulté le 24 août 2017] <https://www.nasa.gov/feature/space-poop-challenge>

¹⁸ iESA. *Comment faire pipi dans l'espace, une astronaute de l'ISS vous explique* [vidéo publié le 8 mai 2015 par l'Agence Spatiale Européenne (ESA)] IN [uffingtonpost.fr](http://www.huffingtonpost.fr), [consulté le 10 septembre 2017] http://www.huffingtonpost.fr/2015/05/11/pipi-dans-espace-video-iss-toilettes-espace-astronaute_n_7255680.html

¹⁹ CLARKE, Arthur C. *Navette pour la lune* IN 2001, *a Space Odyssey*, J'ai Lu, Paris, p. 41 - 50

que dans une intimité sécurisante, isolé dans une chambre où l'on ne craint pas d'être dérangé. C'est pour cela qu'ont été créés les sas personnels.

Boîtes blanches de la taille d'un homme, elles sont assez grandes pour contenir une personne debout et quelques effets personnels. Elles sont au nombre de quatre autour des portes qu'elles entourent. Elles sont ainsi placées tout le long de la station, rapprochant les astronautes de leurs laboratoires de travail respectifs. Elles sont ce qui ressemble le plus à une chambre à bord de l'ISS.

Les astronautes y disposent d'un ordinateur personnel pour pouvoir communiquer avec leur famille et leurs amis. Ils y ont aussi assez de place pour écrire, dessiner, écouter de la musique quand ils en ont le temps ; leurs plannings étant toujours très chargés. Ce sas, contient également un sac de couchage arrimé aux parois, pour que le corps endormi ne se déplace pas aléatoirement dans le vide et ne vienne cogner contre les bords du sas. Les astronautes peuvent

ainsi dormir paisiblement, sans risque pour eux- même et pour leurs compagnons d'expédition.

Ce sas est non seulement essentiel pour leur corps qui a besoin de sommeil mais aussi pour leur équilibre mental. L'homme a besoin d'une vie communautaire mais également d'intimité, pour ne pas tomber malade. Cette pièce remplit parfaitement ce rôle au sein de la station.

L'ISS est la machine à habiter spatiale la plus développée et la plus ingénieuse que l'Homme ait mise au point jusqu'ici. Elle est l'aboutissement d'un ensemble d'innovations, nées dans les années 1920, qui se sont perfectionnées au fur et à mesure des expériences, et qui encore aujourd'hui ne cessent d'améliorer les conditions de vie de ses habitants, tout en continuant d'innover.

EN BAS Image d'un repas type dans la Station Spatiale International.
Source : Nasa



COLOCATION OU COLONISATION

La station spatiale est de loin l'engin spatial humain le plus sophistiqué existant à ce jour. Elle accueille la vie et la préserve. Forte des échecs et des réussites passées de Skylab et de la station MIR, elle a su se développer avec assez d'ingéniosité pour satisfaire la vie humaine. On vit dans la station spatiale comme sur terre ou presque.

Dans ce grand appartement polyglotte, les hommes peuvent séjourner quelques jours, plusieurs mois, mais jamais plus d'un an. L'astronaute Scott Kelly, rentré sur Terre en mars 2016, après un séjour de 340 jours en orbite, détient le record de l'Homme ayant passé le plus de temps consécutif en apesanteur. L'expérience qu'il avait menée, censée valider un possible voyage vers la planète Mars, n'avait fait que confirmer ce que les ingénieurs de la NASA pensaient : l'apesanteur peut être néfaste, ou même mortelle (l'équipage n'est plus protégé des radiations par le champ magnétique terrestre) à long terme pour l'Homme²⁰.

La colonisation du système solaire et de l'univers ne peut donc pas se faire sans pesanteur. Une troisième forme d'habitat spatial pour l'homme va naître de cette observation: la caravelle spatiale, le vaisseau monde ou encore la colonie pure et simple.

²⁰ L'EXPRESS.fr [en ligne], *Peau, taille, vue... Le corps de l'astronaute Scott Kelly chamboulé par l'espace*, [consulté le 17 décembre 2017] https://www.lexpress.fr/actualite/sciences/peau-taille-vue-le-corps-de-l-astronaute-scott-kelly-chamboule-par-l-espace_1797360.html

2015: THE YEAR AHEAD

TIME

SCOTT KELLY

WILL SPEND ONE YEAR IN SPACE

HIS IDENTICAL TWIN WILL STAY ON EARTH WHILE NASA STUDIES THEM BOTH
P32

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PLUS
BUSH VS. CLINTON REDUX
P62

WHAT TO FEAR NOW
P47

THE PROBLEM WITH POT CANDY
P72

AMY SCHUMER'S WORLD
P94

JOEL STEIN'S PREDICTIONS
P114

Couverture du magazine *TIME* datant de la semaine du 29 décembre 2014 au 5 janvier 2015

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ARCHITECTURES MONDES

PORTRAITS

CARAVELLES ET COLONIES

L'humanité à la conquête del'univers

LE TEMPS ET
L'ARGENT

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PORTRAITS

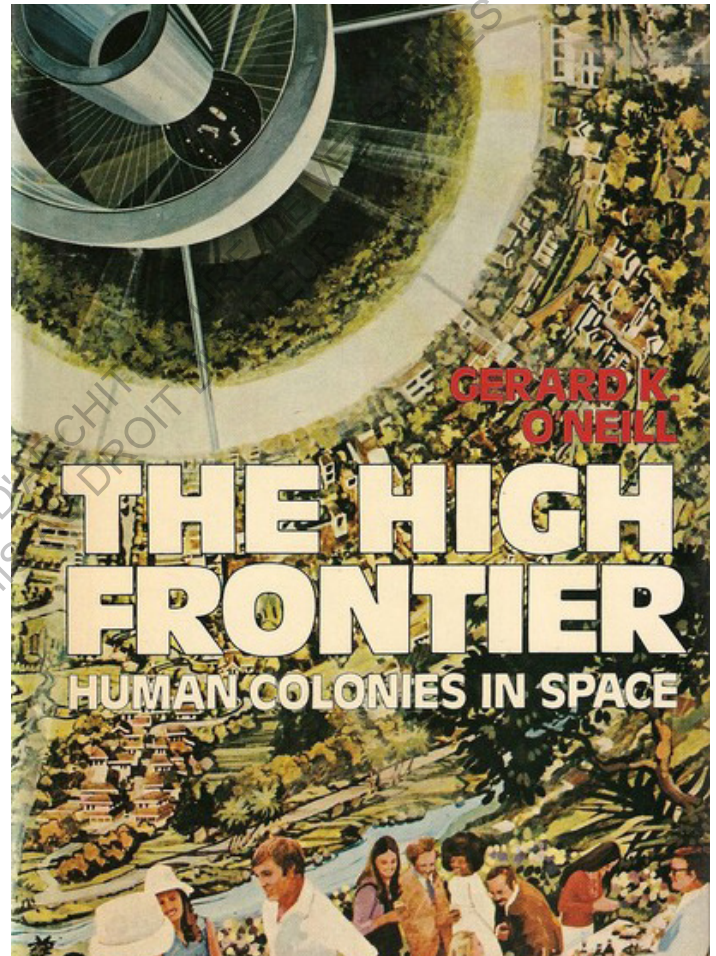
Gerard
K. O'NEILL
1927 - 1992

Du côté des États-Unis, ce n'est que plus tard que des scientifiques s'intéressent sérieusement à la conquête spatiale et plus précisément à celle de grande ampleur.

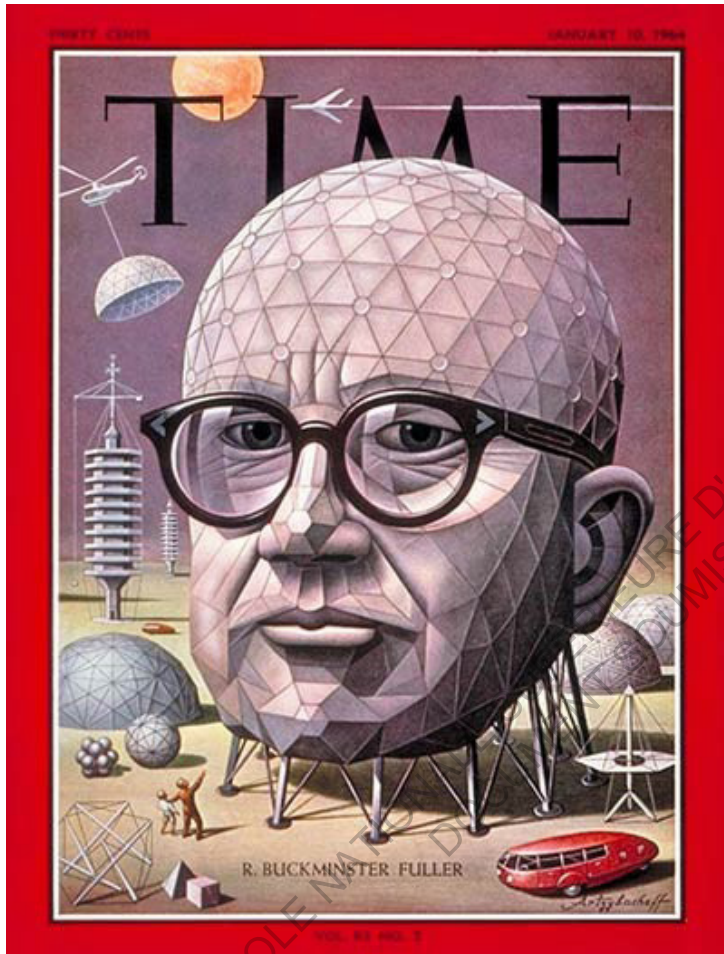
L'espace interplanétaire et la possibilité pour l'homme d'y vivre est un sujet qui passionne G.K. O'Neill. Avec ses étudiants à l'université de Princeton, il imagine des structures cylindriques, inspirées du travail de John Desmond Bernal (1901-1971) physicien Britannique, connu pour l'invention de la Sphère de Bernal en 1929.

Il écrit un livre *The High frontier : Human Colonies in Space*, paru en 1977. Celui-ci constitue un chemin tracé pour les ingénieurs de la NASA, leur indiquant les possibilités qui s'offrent à eux après la réussite de la mission *Apollo 11*. Il envisage par exemple la mise en place d'une colonie permanente sur la lune, et une exploitation minière de son sol.

Il restera optimiste toute sa vie en ce qui concerne la conquête spatiale qu'il juge essentielle dans le développement de l'Humanité.



O'NEILL, Gerard, *The High frontier : Human Colonies in Space*. États-Unis. 1977.



Time Magazine. États-Unis. Janvier 10, 1964.
Image : Time Inc.

Richard
BUCKMINSTER FULLER
1895 – 1983

Architecte, designer, écrivain et inventeur, R. Buckminster Fuller, est un visionnaire pour son époque. Il n'écrira pas moins de 30 livres et popularisera des mots tel que « Vaisseaux terre », issus de ses recherches sur les dômes géodésiques.

C'est après avoir servi durant les deux guerres mondiales que Buckminster Fuller commence à enseigner aux cours d'été à Black Mountain College, en Californie, durant les années 1948 et 1949. C'est lors de ces cours d'été que lui et un groupe d'étudiants et de professeurs repenseront les dômes géodésiques, projet qui le rendra célèbre. Même si le dôme géodésique avait été inventé une trentaine d'années plus tôt par le Dr Walther Bauersfeld, Buckminster Fuller est connu pour avoir popularisé les structures géodésiques.

Le gouvernement américain, impressionné par la rapidité et la facilité avec laquelle Buckminster Fuller construisait ses dômes géodésiques, l'employa afin qu'il construise pour l'armée. En quelques années, il construisit des dômes dans le monde entier, le plus célèbre étant le pavillon des Etats-Unis, construit pour l'exposition universelle de Montréal de 1967.

CARAVELLES ET COLONIES

L'Humanité à la conquête de l'Univers

Ce que nous faisons, actuellement autour de la Terre ne sont encore que les balbutiements d'une civilisation d'explorateurs. Faut de moyens et de technologies, nous testons les limites de notre champ de vision. Nous sommes à peine sorti de notre berceau... et l'univers est si vaste ! Une simple expédition sur Mars prendrait presque 2 ans avec nos technologies actuelles. De plus, nous avons pu voir qu'un voyage de cette durée affaiblirait considérablement les organismes de l'équipage si le vaisseau ne disposait pas d'une pesanteur artificielle.

Ce qui nous intéresse ici, reste encore, purement théorique. Scientifiques, architectes et auteurs de science-fiction ont, depuis un siècle environ, créé des formes et imaginé des méthodes pour pouvoir amener l'homme à l'autre bout de l'univers et lui permettre d'y demeurer. La création de ces vaisseaux est diverse. Quitter la Terre devenue invivable, partir à la recherche de matériaux ou de carburants à l'autre bout du système solaire, ou la dévorante soif de découverte des Hommes, sont des thèmes plus que répétés dans la littérature et le cinéma de science-fiction.

Ici, deux types d'architecture sont intéressantes. La première est celle que je nommerais « Caravelle ». Ce sont des vaisseaux spatiaux de taille considérable, pouvant accueillir un grand nombre de voyageurs. Ils circulent à travers l'espace, amenant les populations vers de nouvelles planètes habitables ou déjà « Colonisées ». La seconde, concentre et protège les populations débarquant des Caravelles en provenance directe de la Terre. Elle permet à court terme de recréer l'environnement terrestre, et à plus long terme de terraformer la nouvelle planète.

Image tirée du film la planète aux trésors du studio d'animation Disney.

CLEMENT, Ron et MUSKER, John,
Treasure Planet, États-Unis, 2002.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

CYLINDRES ET TORES

Certains scientifiques avaient pour ambition de quitter la terre et de coloniser Mars ou la lune. D'autres, ont de bien plus grands projets pour la race humaine. C'est le cas du professeur, physicien et scientifique spatial, Gerard K. O'Neill, ou avant lui de John Desmond Bernal. Ceux-ci, ont envisagé d'envoyer l'humanité dans l'espace dans d'immenses caravelles aux formes géométriques variables, et en utilisant des procédés bien spécifiques.

John Desmond Bernal imaginera une immense sphère, coquille creuse de 1,6 kilomètres de diamètre, où pourrait résider à long terme ou même de manière permanente, une population terrestre d'environ 30.000 habitants. La sphère, en tournant sur elle-même, restaurerait une gravité pour les humains qui l'habitent. J. D. Bernal en profite pour intégrer un sol cultivable, afin de pouvoir l'exploiter mais aussi pour produire de l'oxygène de façon naturelle et continue. Il ajoute également à son complexe, des espaces spécifiques pour la culture, dans des serres écartées des lieux de résidence. Cette caravelle se doit d'être totalement autonome tant dans la production de nourriture que dans la qualité de vie de ses colons. Cette première tentative de J. D. Bernal semble parfaitement adaptée.

Le Dr Gerard K. O'Neill et ses étudiants de l'université de Princeton, s'inspireront grandement du travail de leur confrère pour

la création de leur propre caravelle. C'est en étudiant les points forts et les points faibles de la sphère de Bernal que le groupe de travail du professeur O'Neill pensât sa première caravelle, la *Island One*. Ce cylindre creux, de 500 mètres de diamètre, plus petit, mais recréant plus efficacement la gravité à son équateur, était presque une copie de l'original du Dr Bernal. Néanmoins, celui-ci s'étirait davantage en longueur, lui permettant ainsi d'accueillir plus de population et facilitant aussi sa rotation. Il l'entoure également de miroirs destinés à rediriger la lumière vers les serres agricoles et à protéger les colons des radiations solaires délétères.

Pour O'Neill, cette version n'est pas aboutie, malgré le fait que sa forme semble idéale pour contenir l'air et maintenir une pression optimale pour le voyageur spatial, c'est *Island Three*, qui se rapproche le plus de ce que le Dr Gerard K. O'Neill pense être le projet d'habitat spatial du futur. On le nommera plus tard *Le Cylindre de O'Neill*. Il ne s'agit plus d'un seul cylindre mais de deux, en rotation simultanée. Pour chacun de ces cylindres, de 30 kilomètres de longueur et de 3 kilomètres de rayon, la rotation engendre la création d'une force centrifuge nécessaire à l'apparition d'une gravité terrestre.

A DROITE La vue depuis l'intérieur d'un *Cylindre de O'Neill*, pendant une éclipse solaire
Dessin de Rick Guidice
Source : NASA



La vue depuis l'intérieur d'un cylindre
O'Neill, pendant une éclipse solaire
Dessin de Rick Guidice

Source : NASA

Cette idée de cylindre, inspirée par les travaux de J. D. Bernal, était déjà reprise dans *Rendez-vous avec Rama*²¹, un roman d'Arthur C. Clark dans lequel un vaisseau extra-terrestre prend la même forme que le *Cylindre de O'Neill*. Ici, seules la nature des cylindres, recouverts de métal et non de terre et de verdure, et l'absence de miroirs et de fenêtres pour l'accès à la lumière, diffèrent de la création du professeur O'Neill et de ses élèves.

Mais si O'Neill s'inspire de la science-fiction, c'est surtout cette dernière qui emprunte à ses créations. En effet, le cylindre d'O'Neill inspire de nombreuses œuvres de fiction. Elle sert, par exemple de modèle au japonais Yoshiyuki Tomino, lors de la création de sa série d'animation manga *Mobile Suit Gundam*²². Les jeux-vidéo aussi emprunteront ce modèle, avec la suite de jeux *Mass Effect*²³ dont la « Citadelle », immense station spatiale abritant le gouvernement galactique, est également inspirée des plans de *Island Three*. Enfin, plus récemment dans le film *Interstellar*²⁴ de Christopher Nolan, c'est la *Station Cooper*, en orbite autour de Saturne, avec sa gravité toute spéciale, qui nous montre avec bien plus de dynamisme, ce que pourrait être la vie dans ce gigantesque cylindre.

Mais le travail de Gerard K. O'Neill ne s'arrêtera pas à ces créations. En effet, la NASA le charge en 1975 de travailler avec un nouveau groupe de recherche, composé cette fois de physiciens et de chercheurs aguerris, sur un projet de nouvelle station spatiale : le *Tore de Stanford*. Ce cylindre est considéré comme une évolution du

cylindre d'O'Neill. L'objectif des recherches est d'en faire ressortir les qualités et d'en gommer ses défauts. Le vaisseau spatial se présente sous forme d'un anneau de 1,8 kilomètres de diamètre. Il s'inspire également du *Living Weel* de Herman Noordung. Il est en cela beaucoup plus grand que le projet original, mais reprend tout de même l'idée de concentrateur solaire, qui redirige les rayons vers le *Tore* en toutes circonstances. De plus, le cylindre effectuant une rotation par minute pour assurer une gravité, la concentration d'énergie solaire permet aux habitants de recevoir des heures de lumière et de ne pas être déstabilisés par la rotation rapide de la caravelle. Ce concentrateur permet également à la station de se déplacer puisqu'elle fonctionne à l'énergie solaire, inépuisable.

Malgré sa taille impressionnante, ce projet est possiblement réalisable. O'Neill avait pensé extraire les matériaux nécessaires à la construction de la caravelle directement dans le sol lunaire, puis à les acheminer, pour un assemblage réalisé dans l'espace. Une mine d'astéroïde aurait été une autre source possible de matériaux pour O'Neill.

La forme et le fonctionnement atypique de ce *Tore* fut également une source d'inspiration pour de nombreux auteurs de science-fiction. Nous noterons le film *Elisium*²⁵, du réalisateur Neill Blomkamp, reprenant exactement le *Tore* de Stanford comme station spatiale en rotation autour de la terre. On peut également rapprocher ce projet de celui de Wernher Von Braun, qui crée une station tournante plus petite mais basée sur ce même principe.

²¹ CLARKE, Arthur C. *Rendez-vous with Rama*. Gollancz. 1973.

²² TOMINO, Yoshiyuki. *Mobile Suit Gundam*. Sunrise. 1981. 148 min.

²³ BIOUSWARE. *Mass Effect*. Electronic Art. 2007-2012.

²⁴ NOLAN, Christopher. *Interstellar*. USA, 2014, 169 min

²⁵ BLOMKAMP, Neill, *Elisium*, USA, 2013, 109 min

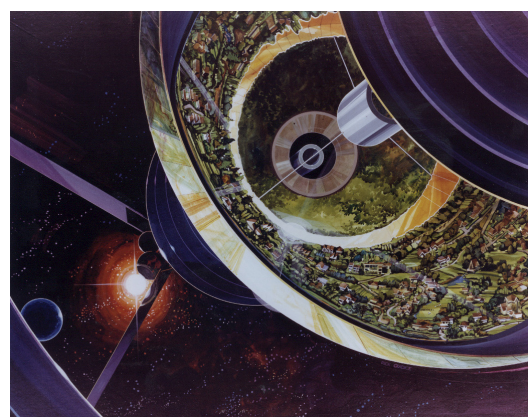
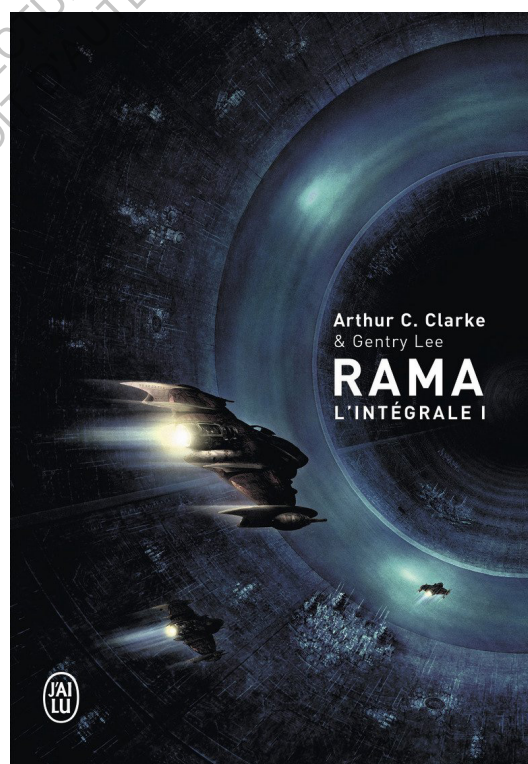
Dans les années 60 et 70, la NASA était toujours à la recherche de projets d'exploration et de colonisation de grande ampleur. C'est pour cela que toutes les propositions, de différentes formes et de différentes dimensions, étaient examinées avec beaucoup de sérieux. Il est vrai que dans l'état actuel de nos recherches et au vu du peu de choses réellement accomplies, il est peu probable que ces projets de caravelles aboutissent un jour à une véritable réalisation valable et viable. Néanmoins, la capacité imaginative de nos auteurs nous offre encore aujourd'hui des projets divers et variés, d'une qualité artistique et mécanique rare. Preuve que mal-

gré le défi qu'est la conquête, et encore plus la colonisation spatiale, l'Homme ne se laisse jamais abattre par la réalité.

A GAUCHE Image tirée du film *Interstellar*, de Christopher Nolan, à 152 min du film

EN HAUT DROITE Couverture du livre *Rama, L'intégrale* de Arthur C. Clarke et de Gentry Lee. On peut voir sur cette couverture un vaisseau traversant un Cylindre de O'Neill.

EN BAS A DROITE Dessin de la sphère de Bernal. Ici on peut voir l'intérieur de la sphère, et son agencement intérieure.



CARAVELLES ET CALLES MODERNES

La science-fiction moderne laisse beaucoup moins de place à ses passagers. Le problème de la surpopulation, les crises financières et l'épuisement des ressources de notre planète, laisse à penser que lorsque nous déciderons de quitter la Terre, il faudra s'entasser dans de petits caissons exiguës, et non fantasmer sur d'immenses plaines verdoyantes, comme nous avons pu le voir précédemment.

En cela, il faut différencier deux sortes de caravelles : Dans la première, les voyageurs sont plongés dans un sommeil cryogénique. C'est-à-dire que les passagers, ou du moins la plupart d'entre eux, sont inertes pendant toute la durée du voyage. Ils sont entassés dans des caissons empilés les uns sur les autres, comme on pourrait le voir dans une morgue.

On peut découvrir un exemple de ce concept au début du film *Avatar*²⁶, du réalisateur James Cameron. Jake Sully, le personnage principal, fait le voyage entre la Terre et la planète Pandora, satellite naturel de Jupiter, voyage qui dure 6 ans, sans qu'il voit passer le temps.

Dans la deuxième sorte de caravelles, les voyageurs circulent librement et vivent éveillés pendant toute la durée du trajet. Les passagers consomment des vivres et produisent le ravitaillement indispensable à la station,

comme l'électricité ou le carburant.

Ce genre de caravelles apporte une diversité et une richesse architecturale bien plus intéressante, car chaque auteur ou dessinateur peut imaginer la sienne et nous la communiquer. Par exemple, dans la bande-dessinée, *Shangri-La*²⁷, Mathieu Bablet, son auteur et dessinateur, nous décrit très simplement le mode de fonctionnement des logements de sa caravelle. En une case, il nous montre une coupe transversale montrant plusieurs logements. Il nous présente ainsi le fonctionnement de l'entrée, des toilettes, ou du lit et nous permet de comprendre comment ils s'activent.

Les mini-logements que nous montre M. Bablet sont à mon sens très ingénieux puisque leur forme atypique leur offre une synergie parfaite. De plus, l'auteur et dessinateur se fait architecte dans cette case, empruntant les codes de l'architecture, la coupe, et se prêtant à l'exercice complexe du logement individuel. Ainsi il représente un objet de grande qualité, que n'importe qui peut analyser et comprendre.

EN HAUT Première case de la page 50 de la bande-dessinée *Shangri-La*. On y voit la coupe des logements créé par son auteur, Mathieu Balet.

EN BAS Image tirée du film *Avatar* de James Cameron, à 22m de la version longue du film

²⁶ CAMERON, James. *Avatar*. États-Unis. 2009. 178 min

²⁷ BABLET, Mathieu. *Shangri-La*. Ankara. France. 2016

²⁸ STANTON, Andrew. *Wall-E*, Pixar. 2008, États-Unis, 98 min



Dans le film du studio d'animation Pixar, *Wall-E*²⁸, les logements sont de simples cabines de bateaux. Le vaisseau spatial Axiom est en effet un véritable navire, et donne au mot « caravelle » tout son sens. Les auteurs imaginent le voyage interplanétaire comme une croisière de luxe et en reprennent l'architecture et tous les codes. Les cabines et chambres sont sur le côté, au centre on trouve une grande rue ou s'alignent les boutiques, les loisirs et les écoles, ainsi que la piscine tout au bout du bâtiment. Enfin, la cabine du capitaine surplombe le tout, permettant de garder un œil sur l'équipage et sur les passagers.

Néanmoins, l'Axiom reste une caravelle spéciale. Elle transporte certes des passagers vers une nouvelle planète, mais celle-ci est censée être la Terre. En effet, notre planète, polluée, aride et balayée de violentes tempêtes, n'est plus habitable par les Hommes. Dans ce film, la Compagnie maîtresse de la Terre, la Buy n Large compagnie, décide d'envoyer l'humanité dans l'espace, en attendant que la planète se régénère. Cela prendra 255 642 jours, soit environ 700 ans²⁹.

L'idée d'une caravelle spatiale implique plusieurs concepts qui remettent en cause l'exploration à grande échelle. En effet, la durée très longue des trajets implique que le groupe de départ qui se lance dans la colonisation

spatiale, ne verra peut-être jamais la destination finale, dédiant ainsi leur vie à un objectif qu'ils n'atteindront pas. Cela peut se dérouler sur plusieurs générations, imposant ainsi à leur descendance, une mission qu'elle n'aura pas choisi de mener. De plus, il n'est pas certain que ces voyageurs connaissent leur destination à l'avance, ni même le nombre d'années qui les séparent de leur objectif. Dans le film *Wall-E*, par exemple, l'humanité doit attendre que la Terre soit à nouveau habitable, sans savoir quand les hommes pourront y retourner. Au fur et à mesure du temps qui passe et des générations qui défilent, ils oublient presque son existence, tant l'Axiom est devenu leur foyer.

La solution serait peut-être de revoir nos prétentions à la baisse en considérant une colonisation plus proche de notre planète, à l'intérieur de notre système solaire. En attendant que de nouvelles technologies de propulsion nous permettent de voyager d'un bout à l'autre de la galaxie, nous pourrions réfléchir à établir une colonie spatiale bien plus près de notre planète, même si viser les étoiles lointaines est beaucoup plus exaltant.

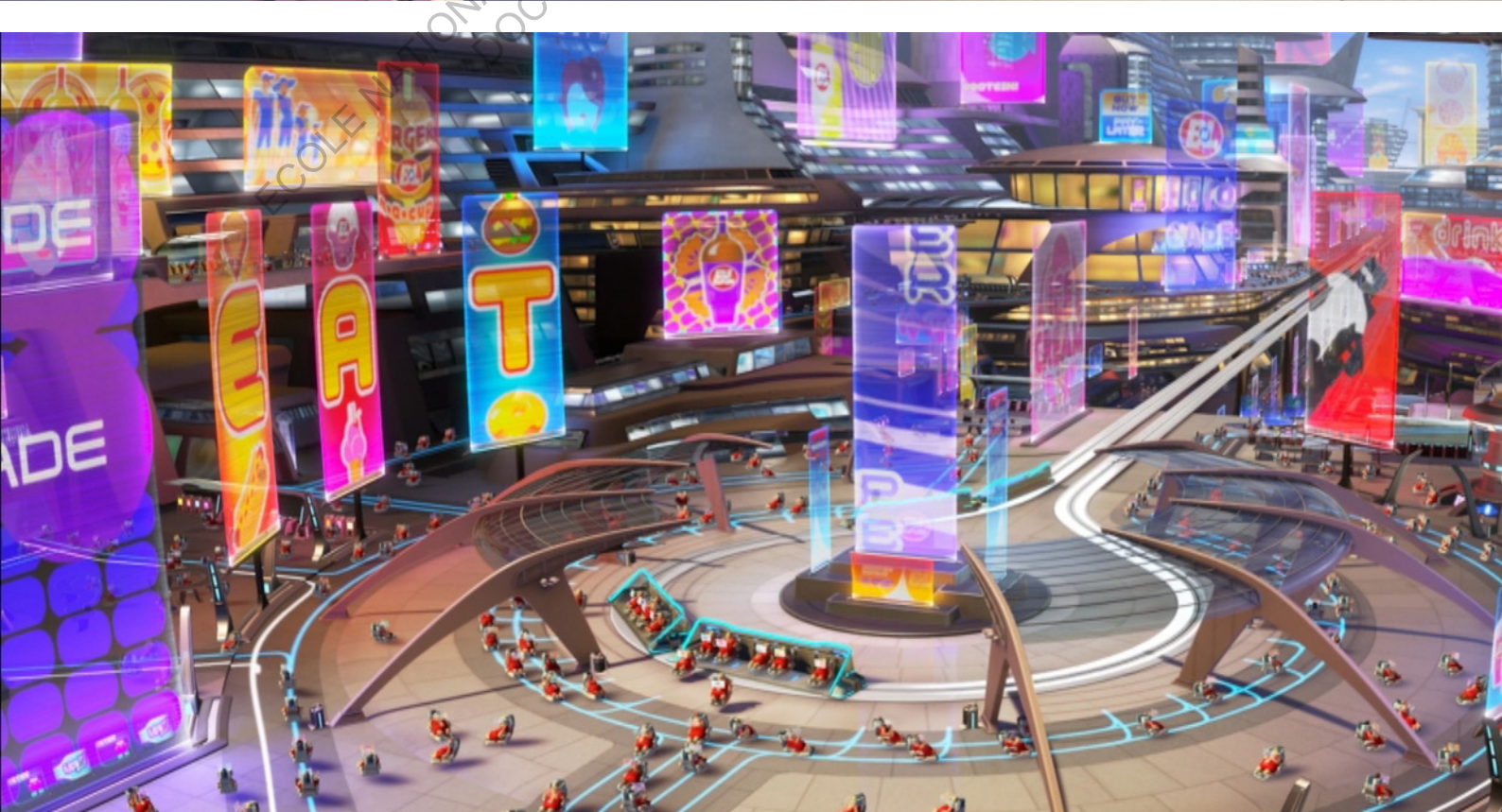
EN HAUT Image extérieure du vaisseau *Axiom*.

AU CENTRE Espace de cohabitation à l'intérieur du vaisseau *Axiom*. (piscine)

EN BAS Réseaux de circulation à l'intérieur du vaisseau *Axiom*.

Source : STANTON, Andrew, *Wall-E*, Pixar, 2008

²⁹ STANTON, Andrew. *Wall-E*. Pixar. États-Unis. 2008. à 46 min



ESPACE ET TRANSITIONS

Après avoir vu ce que l'Homme a pu conceptualiser d'immense et de gigantesque pour coloniser l'espace, il est bon de se rappeler que les premières colonies spatiales, celles qui sont les plus vraisemblables à notre époque, se concentreront à proximité de notre planète. Elles sont une évolution des stations spatiales que nous connaissons, mais vont se développer bien au-delà de ce que nous connaissons pour le moment.

Un exemple de cette évolution exponentielle de nos stations spatiales se trouve dans le film de Luc Besson, *Valérian et la cité des milles planètes*³⁰. L'épilogue commence avec des images vidéos de 1975, montrant des Américains, accueillis par des soviétiques à l'intérieur de la station MIR, inaugurant ainsi les premières collaborations mondiales dans une station spatiale internationale. Le film fait un saut de plusieurs dizaines d'années jusqu'en 2020, avec l'arrivée d'un vaisseau chinois dans la station spatiale. Celle-ci, déjà légèrement plus développée qu'aujourd'hui, accueille ainsi un nouveau module, qui vient encore l'agrandir. L'épilogue se poursuit et l'on voit les passagers de la station continuer à accueillir des populations de toutes nationalités, faisant grossir considérablement la station. Entre temps, on notera qu'un module instaure une gravité artificielle dans la station spatiale internationale, rendant possible les

longs séjours³¹.

Le fait que la station puisse accueillir des Hommes sur le long terme, que sa population soit en croissance et potentiellement résidente définitive, la font passer du statut de simple station spatiale à celui de colonie spatiale. Un gouvernement s'organise, la station devient un état, et le développement se poursuit. Nous passerons sur l'arrivée des caravelles aliens qui ne sont pas le sujet. Par contre, ce qui est intéressant, c'est de constater que cette station, en se développant exponentiellement, devient un danger pour la Terre. Sa taille et sa masse obligent les dirigeants à prendre une décision: la station doit voyager. Celle-ci, s'hybride donc entre colonie et caravelle, afin de pouvoir retrouver un point d'accroche sur lequel elle pourra rester, sans craindre de mettre en danger une planète ou elle-même.

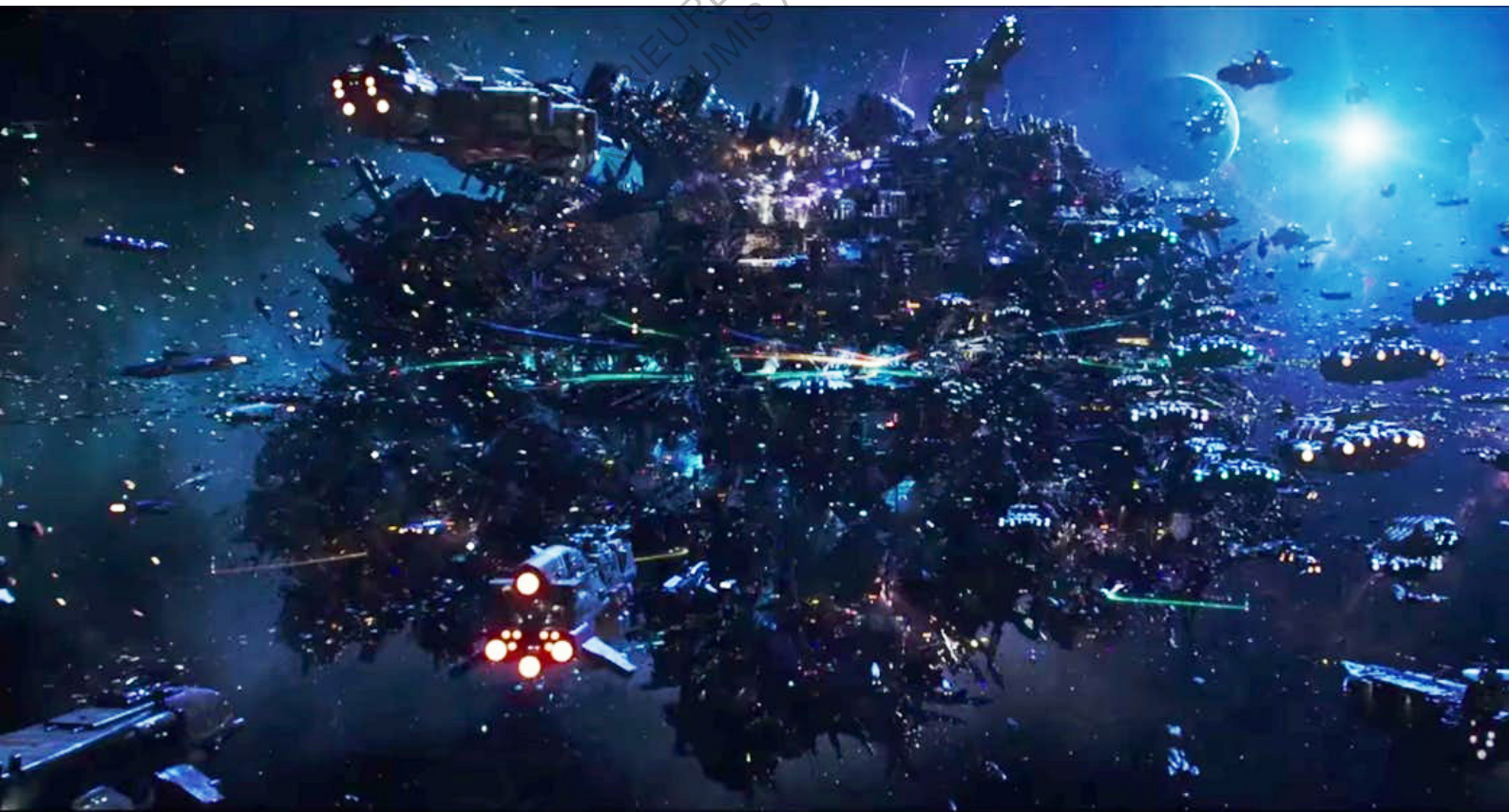
Ce sujet n'est pas forcément une simple projection de science-fiction. Des scientifiques se sont penchés sur les possibilités physiques qu'avait une station à grossir pour

EN HAUT Image extérieure de la station spatiale internationale d'ici 2020 selon le film *Valérian et la Cité des Milles Planètes* de Luc Besson

EN BAS Image extérieure de la *Cité des Milles Planètes*, évolution de l'ISS, en 2740 selon le film *Valérian et la Cité des Milles Planètes* de Luc Besson

³⁰ BESSON, Luc. *Valérian et la cite des milles planètes*. États-Unis. 2017

³¹ Description de l'épilogue de de BESSON, Luc. *Valérian et la cite des milles planètes*. États-Unis. 2017. de 0,30min à 4,30 min



accueillir, au fur et à mesure de son expansion, des populations de plus en plus importantes. Ils se sont particulièrement intéressés à la forme de la sphère. Ayant le rapport volume sur surface le plus efficace, la sphère n'a pourtant jamais réussi à devenir une typologie pertinente pour les habitats terrestres. Cela est dû aux effets de la gravité, mais aussi à la difficulté d'utiliser efficacement la géométrie courbe pour des fonctions à petite échelle comme le logement ou les bureaux.

Le professeur A. Volger travaillera à déterminer la surface minimale d'une sphère dans l'espace pour l'adapter à vie humaine. Il arrive à la conclusion que la bonne dimension d'une sphère est de 8 mètres de diamètre pour un équipage constitué de 8 personnes. Il explique ensuite que si les sphères sont équipées de connexions, elles peuvent s'agréger entre elles au fur et à mesure de la construction de la station jusqu'à atteindre des dimensions appropriées pour constituer des colonies spatiales.

La dimension de la sphère peut varier entre 8 mètres et 16 mètres de diamètre, pour s'adapter à différents programmes. Mais la principale qualité de la sphère est qu'elle pourrait se monter très rapidement et être légère à transporter, en particulier

si elle est gonflable. C'est le cas du module qui a été ajouté à la station spatiale en mai 2016, le Beam.

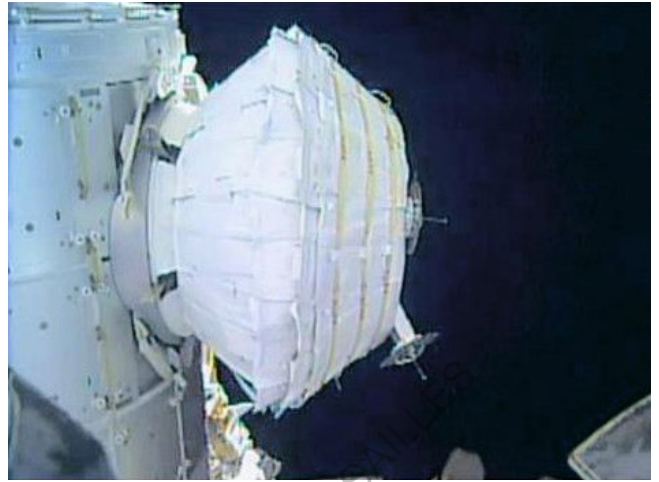
Ce module conçu par les ingénieurs de la NASA et la société privée Bigelow Aerospace, serait bien plus résistant aux chocs avec des débris spatiaux. Ce module permet à la société Bigelow de tester la technologie qu'elle veut mettre en place. Malgré le fait qu'il ne soit pas habité pour l'instant, et en attendant d'être sûr que celui-ci soit parfaitement opérationnel, le résultat est positif. Le module servira bientôt de stockage, en attendant de pouvoir être habité ou de servir de laboratoire test³².

La sphère reste une très bonne configuration pour la conception de stations spatiales. Mais pour les colonies sur le sol d'une planète, que ce soit la terre, ou tout autre sol dur, la sphère n'est plus la solution. C'est le dôme, demi-sphère utilisée depuis plus de deux mille ans sur terre qui paraît être particulièrement intéressante.

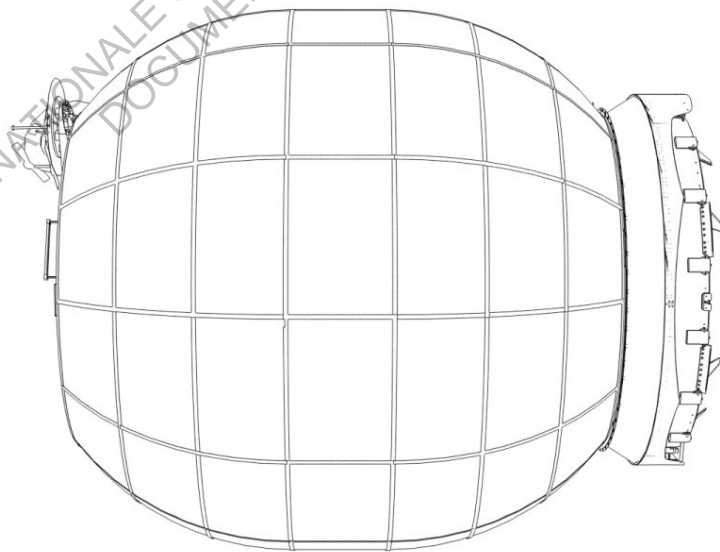
EN HAUT Images du déploiement du module de la station spatiale internationale Beam. Images prises en mai 2016

EN BAS Élévation du module Beam
Source NASA

³² Futura-science.com [en ligne] ISS : Beam, le module gonflable, restera plus longtemps que prévu, [consulté le 22 décembre 2017] <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/utilisation-espace-iss-beam-module-gonflable-restera-plus-longtemps-prevu-63097/>



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



DÔMES ET BIOSPHERES ARTIFICIELLES

Le Panthéon de Rome, construit en 123 avant Jésus Christ, s'étend sur 43 mètres avec une épaisseur minimale de 60cm, il est toujours debout aujourd'hui. Le dôme est, depuis des milliers d'années, la forme qui permet de couvrir les plus grandes portées avec un minimum de matériaux. Au 20ème siècle, grâce aux nouvelles méthodes de construction en métal, on a pu pousser encore plus loin l'efficacité et le rendement surface/volume.

L'ingénieur et architecte Richard Buckminster Fuller a consacré une grande partie de sa vie à développer des dômes géodésiques. Il a conçu des constructions efficaces et extrêmement légères. Le but qu'a poursuivi cet ingénieur toute sa vie était de faire plus, avec le moins possible.

« Tous les dômes partagent certains avantages. Leur forme incurvée est intrinsèquement forte, donnant une envergure claire, autosuffisante sans colonne. Les dômes sont économes en ressources et en énergie car, de toutes les formes possibles, une sphère contient le plus de volume avec le moins de surface. Le rapport surface-volume favorable n'est pas la seule raison de la performance thermique remarquable d'un dôme, l'aérodynamique intérieure et extérieure joue

un rôle. La perte de chaleur d'un dôme est encore réduite par l'intérieur concave, et enfin un dôme réfléchit et concentre la chaleur radiante intérieure qui autrement échapperait de sa peau »³³

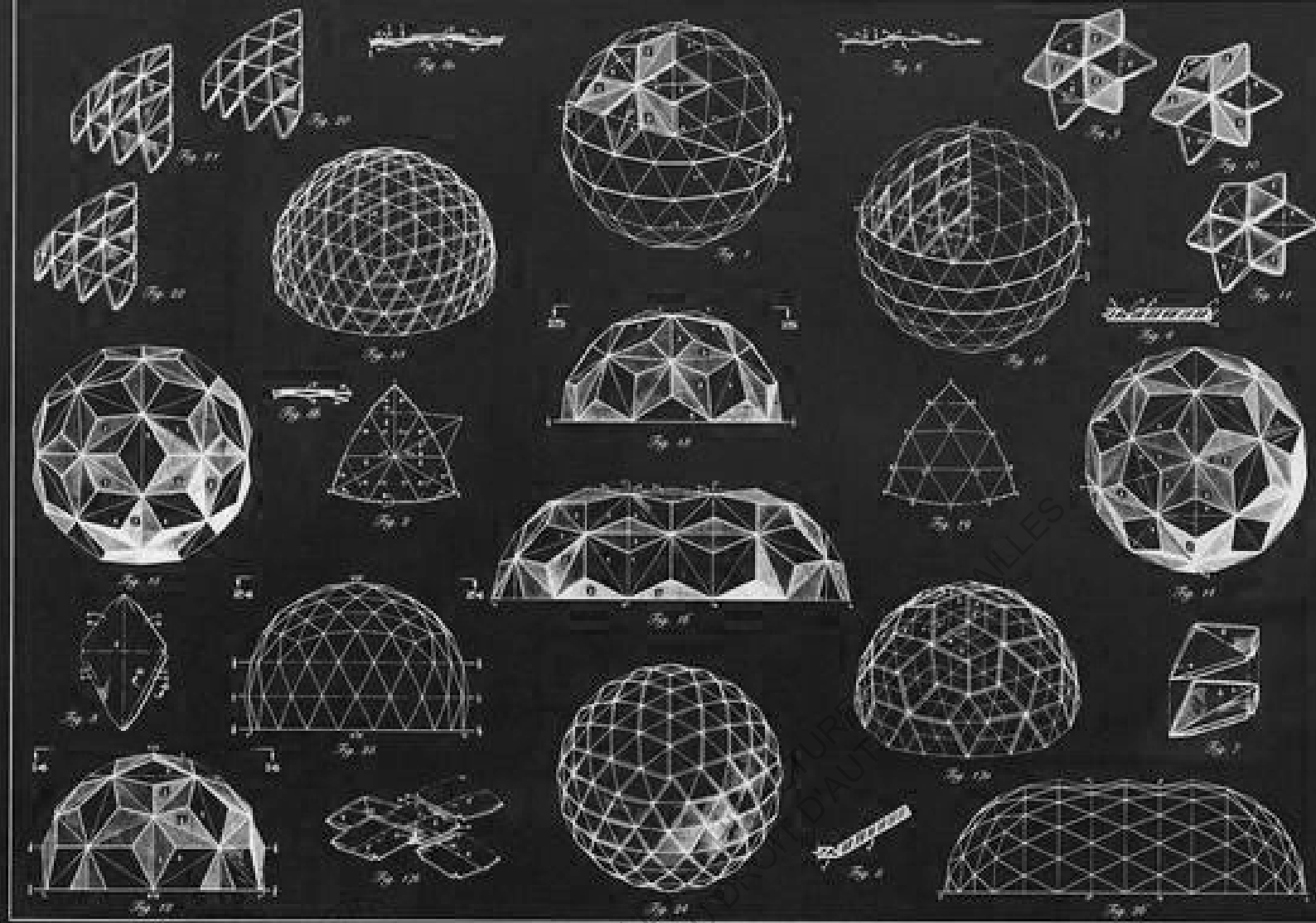
Déjà dans les années 60 et 70, Richard Buckminster Fuller avait émis l'idée de protéger la ville de New York par un dôme. Ce dôme qu'il proposait de construire, aurait mesuré 3 kilomètres de diamètre. Le projet intitulé Dome Over Manhattan, avait pour objectif de réguler les conditions climatiques, de réduire la consommation d'énergie et ainsi de diminuer la pollution atmosphérique de la ville.

Fuller avoue bien volontiers que son projet est trop ambitieux et que le temps n'est pas encore venu. Pourtant il explique que la ville aurait tout à y gagner : pas de neige à déblayer, pas de chauffage en hiver et une température toujours stable sous ce fantastique dôme. Néanmoins, aujourd'hui la Californie

EN HAUT Croquis et recherches de Richard Buckminster Fuller sur les dômes, de différente taille. Il expérimente les différentes façons d'assembler les faces de ses dômes pour les différentes formes qu'il souhaite créer.

EN BAS Montage photo de Richard Buckminster Fuller et de son projet *Dome Over Manhattan*.

³³ BALDWIN, John. *From Bucky Works: Buckminster Fuller's Ideas for Today*, John Wiley & Sons, New York, 1997



fait face à des problèmes environnementaux bien supérieurs à ceux que vivait New York à l'époque. Ce radicalisme formel s'apprête peut-être déjà à être testé sur le sol terrestre.

Cependant, le dôme serait la forme idéale à déployer sur un sol extra-terrestre. Sur une planète plus froide que la Terre, il permettrait de se chauffer naturellement en recréant l'effet de serre. Il serait léger à transporter et à monter sur place, puisqu'il pourrait être gonflable au moins dans les premiers temps d'une expédition, en attendant d'être reconstruit dans des matériaux plus durs, éventuellement déjà disponibles sur place. Il permettrait aussi de développer une esthétique et un mode de construction propre à la planète en cours de colonisation. Tout comme avec les stations spatiales sphériques, la variation d'échelle et de diamètre des dômes permettrait de mettre en place plusieurs sortes de programmes sur un même sol. On peut citer dans ce cas, le projet *Air Ocean City* créé par l'artiste Abraham Raimund en 1966. Cette unité habitation en dôme ou entièrement flottante accueille des cellules sphérique qui se multiplie au fur et à mesure de l'arrivée des colons.

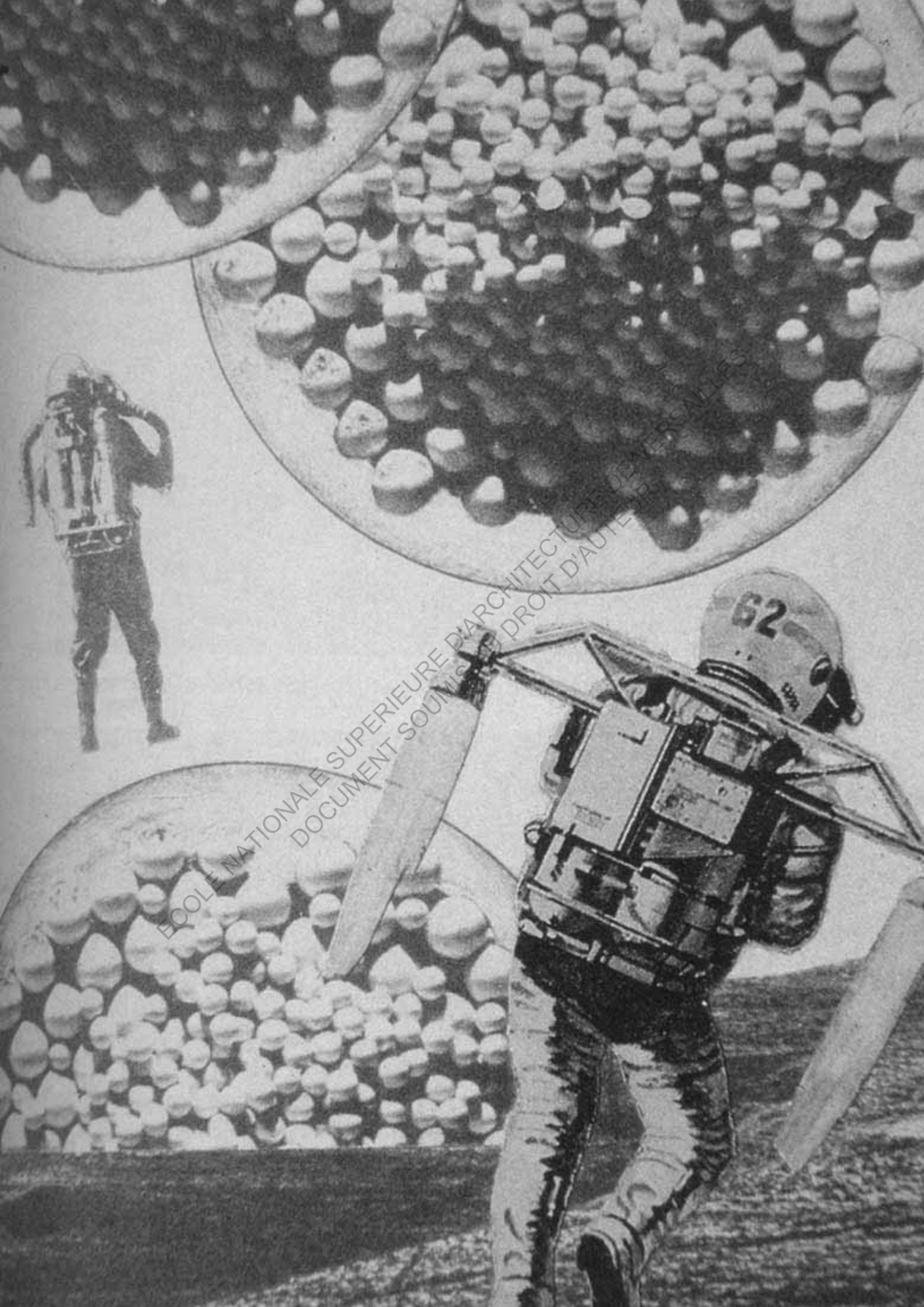
L'utilisation de dôme pour l'habitation en milieu extrême a déjà été testée sur le sol terrestre. En effet, les laboratoires établis dans des lieux très inhospitaliers pour l'Homme

comme l'Arctique ou l'Antarctique, utilisent des techniques comparables pour se protéger de leur environnement hostile. On y retrouve des méthodes similaires à celles pressenties pour la colonisation des planètes lointaines. Avoir la possibilité de les tester, à petite échelle, sur notre sol terrestre permet de se projeter bien plus facilement dans le futur.

Par exemple, le laboratoire américain de l'Antarctique Nord, se trouve être un dôme. Il a été construit en 1975 et est toujours habité de nos jours.

A une toute autre échelle, serait-il possible d'entourer entièrement une petite planète ou une grande lune, d'une sphère composée de matériaux extrêmement résistants et totalement transparents, dans l'espoir d'y reconstituer une atmosphère ? Cette idée saugrenue pourrait être couplée avec l'idée d'une construction entièrement réalisée par des nanobots, préparant ainsi l'arrivée des premiers colons avant même leur départ de la Terre. Cette méthode, brutale, mais recréant immédiatement un environnement favorable à l'Homme, relève d'un autre concept, la Terraformation.

A DROITE Montage photo du projet *Air Ocean City*
Collage avec deux astronautes de Abraham Raimund
réalisé en 1966



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

TERRAFORMER

La terraformation est l'étape finale d'une colonisation humaine. En effet, si l'on oublie la théorie de Clyne et Klines, l'Homme a besoin d'un environnement favorable à son existence. Cela implique une quantité de facteurs bien précis que les scientifiques savent reproduire, au moins pour une partie d'entre eux. La terraformation consisterait à reproduire, presque à l'identique les conditions terrestres sur l'ensemble du sol d'une planète.

Le procédé est très bien expliqué dans la *Trilogie de Mars*³⁴, de l'auteur de science-fiction Kim Stanley Robinson. Ces trois livres, respectivement nommé Mars la rouge, Mars la verte et Mars la bleue, racontent de manière très précise la colonisation et la terraformation de la planète Mars. Il la décrit en 3 étapes, la première, consiste à réchauffer la planète, en rejetant dans l'air le dioxyde de carbone enfermé dans les roches martiennes. La deuxième étape, consiste en l'apparition de plantes primitives et simples, comme la mousse et le lichen, permettant la photosynthèse et la création d'oxygène. Enfin, la dernière étape consiste en le retour du cycle de l'eau, tel que nous le connaissons sur Terre. Le roman commence dans les années 2050, pour se finir après les années 2210, car la terraformation pourrait durer 1

à 2 vie humaine, d'après les scientifiques de la NASA.

Alors, comment l'architecture peut-elle contribuer à la terraformation massive d'une surface aussi étendue ? Certains architectes se sont posés la question avec beaucoup de sérieux. C'est le cas des architectes Antonio Ares Sainz, Joaquin Rodriguez Nuñez et Konstantino Tousidonis Rial, tout trois espagnols et qui, lors d'un concours 2013 *Skyscraper Competition*, ont proposé leur projet *Nomad*. L'objectif de ce projet est de modifier la chimie de l'atmosphère et du sol martien pour la rendre accueillante pour la colonisation humaine.

Des usines mobiles, montées sur chenilles, sillonneraient la planète afin de charger son atmosphère en CO₂, de réchauffer sa surface et de faire fondre l'eau présente à sa surface sous forme de glace. La première étape de la terraformation serait donc entreprise par ces machines. Puis les colons, arriveraient pour commencer à planter des arbres, transformant le CO₂, massivement présent dans l'air, en oxygène et achevant de recréer une atmosphère viable pour l'Homme.

Même si ce genre de projet reste totalement fictif et irréalisable, l'imaginaire grandit

³⁴ STANLEY ROBINSON, Kim, *Mars trilogy*, États-unis, 1992-1999

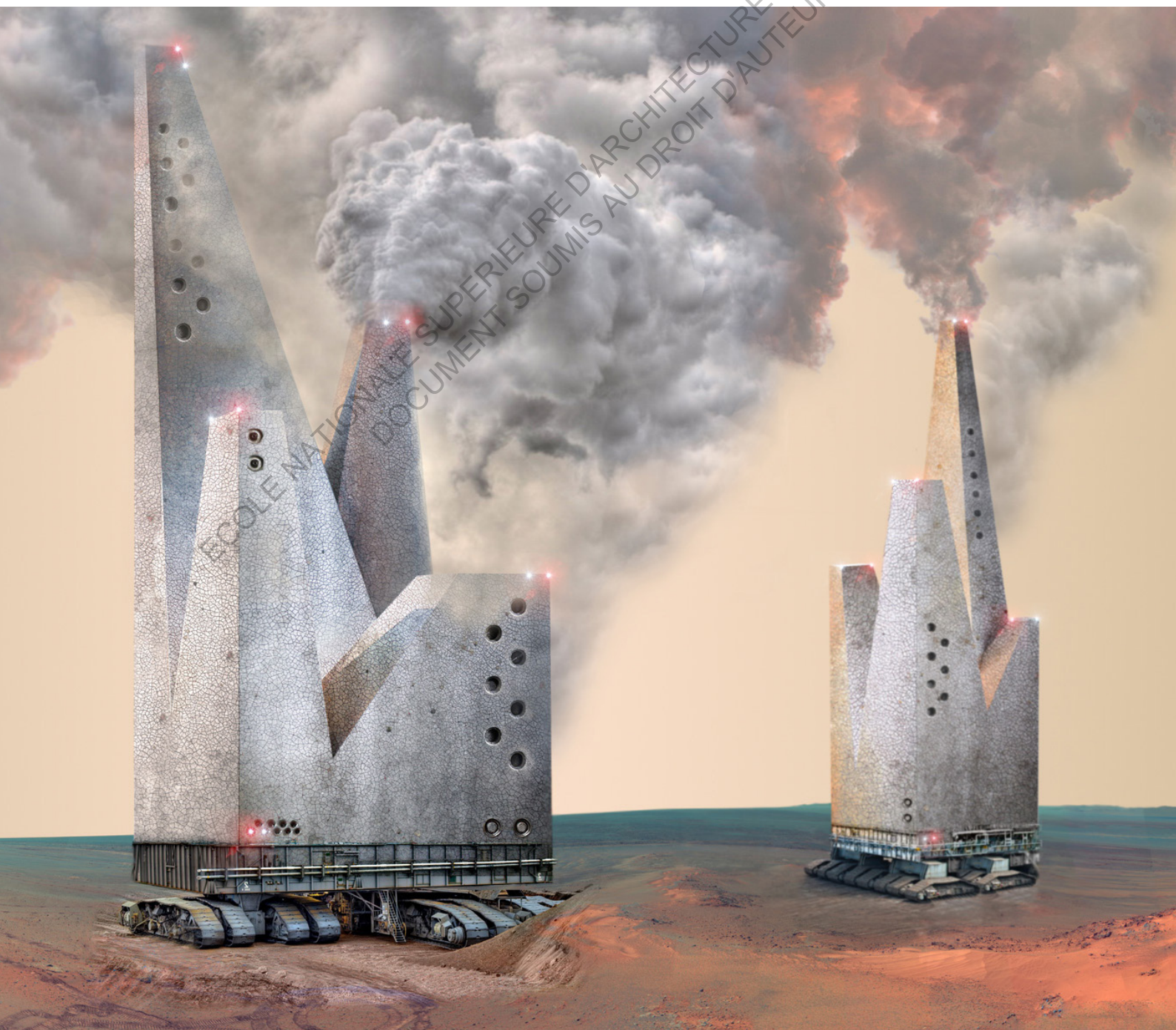
et fait naître de plus en plus d'idées d'architectures liées à la science. Certes, les projets proposés sont loin d'être réalisables ou même plausibles d'un point de vue scientifique mais ils ont l'originalité de poser des questions.

Certains professeurs en écoles d'architecture font travailler leurs élèves sur des procédés « terraformateur » et bien que ceux-ci restent balbutiants et peu plausibles, ils poussent l'élève à faire preuve d'imagination et d'adaptation à un autre environnement que celui qu'il connaît. Malgré les avancées

assez lentes de la conquête spatiale à notre époque, le métier d'architecte sera de plus en plus sollicité dans le futur pour ce genre de projets, et il est important de l'apprendre aux générations futures dès maintenant.

EN DESSOUS Rendue photo-réaliste du projet de Antonio Ares Sainz, Joaquín Rodríguez Nuñez et Konstantino Tousidonis Rial, *Nomad*.

Il montre le fonctionnement de leur projet sur le sol lunaire et nous donne une échelle de sa taille grâce au petit escalier situé en bas de la tour de gauche.



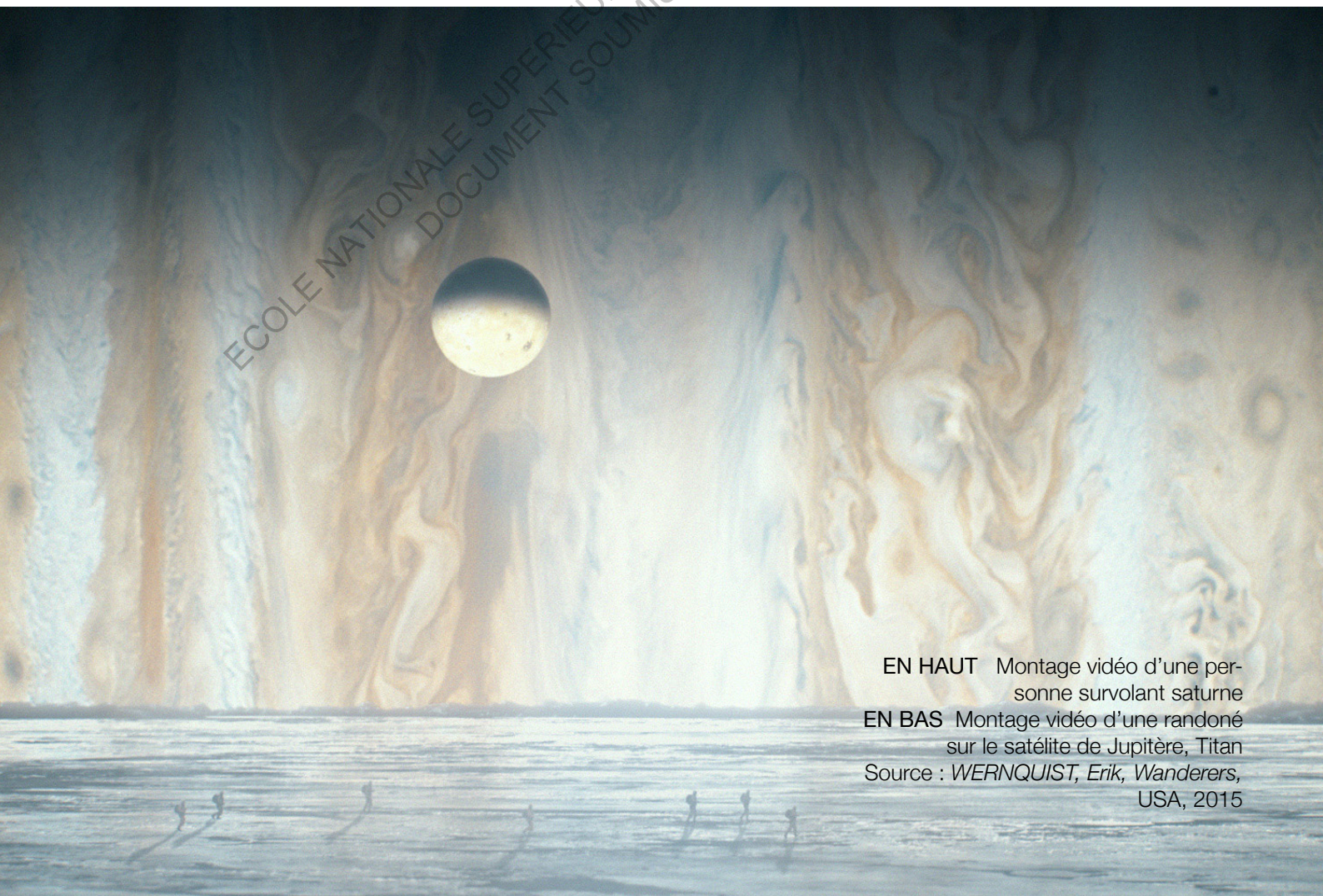
LE TEMPS ET L'ARGENT

L'extraordinaire richesse des projets que l'Homme a pour l'espace est incroyable : tant de formes et de concepts différents, qu'ils soient sur un sol ou en apesanteur. L'Homme n'a de cesse de créer toutes sortes de concepts pour pouvoir conquérir des planètes et explorer l'immensité de l'univers. Des personnes enthousiastes nous vantent avec frénésie les futures pérégrinations de l'homme sur d'autres sols du système solaire, comme le court métrage de Erik Wernquist, *Wanderers*³⁵, faisant l'éloge à la fois des voyages spatiaux, mais aussi des colonies qui prennent différentes formes selon l'endroit où elles se trouvent. C'est un film très inspirant pour ceux qui rêvent de conquérir l'espace... mais ce n'est qu'une fiction !

La réalité est toute autre. Dans le modèle mondial actuel, l'espace n'est pas rentable. L'envoi d'une civilisation entière pour l'exploration de notre univers est exclue. Le temps de la conquête de l'ouest est révolu. Malgré tout l'enthousiasme qui semble s'exprimer autour de la conquête spatiale, il semblerait que tous les protagonistes qui portaient ce projet à bout de bras soient morts dans les années 70, décennie au cours de laquelle nous avons cessé de progresser dans ce domaine.

Le vrai moteur de la conquête spatiale, et de ce fait de l'architecture spatiale, était la guerre. A présent, seul l'argent serait assez puissant pour nous permettre de retrouver nos ambitions.

³⁵ WERNQUIST, Erik, *Wanderers*, États-Unis, 2015



EN HAUT Montage vidéo d'une per-
sonne survolant saturne
EN BAS Montage vidéo d'une randonnée
sur le satellite de Jupiter, Titan
Source : WERNQUIST, Erik, Wanderers,
USA, 2015

CONCLUSION

« L'illusion que nous avons une place privilégiée dans l'univers, est remise en cause, par ce point de lumière pâle. Notre planète est un grain de poussière solitaire dans la grande noirceur cosmique nous enveloppant. [...] Pour l'instant la terre est le seul monde à abriter la vie. Il n'y a pas d'endroit à moyen terme, ou notre espèce pourrait migrer. Visiter ? Oui. Coloniser ? Pas encore. Que cela nous plaise ou non, la Terre est tout ce que nous avons. Il a été dit que l'astronomie rend humble et forge le caractère. A mes yeux il n'y a sans doute pas de meilleure démonstration de la folie des vanités humaines que cette image distante de notre monde minuscule. Ce point bleu pâle, le seul foyer que nous n'ayons jamais connu. »³⁶

Carl Sagan

Il est vrai que pendant l'âge d'or de la conquête spatiale, architectes et scientifiques ont produit des formes et des architectures inventives et ingénieuses. La science-fiction avançant de concert avec les deux disciplines citées précédemment, l'imaginaire s'est de plus en plus développé, offrant un univers fabuleux, fait de combinaisons aux multiples formes, de stations spatiales plus incroyables les unes que les autres et de colonies prospères.

Malgré ces rêves, les recherches actuelles semblent nous dire que nous n'irons pas dans l'espace, ou du moins pas plus loin que ce que nous avons déjà exploré. Nous en avons l'envie, mais pas l'impérieuse nécessité qui ferait bouger les lignes. Les budgets qu'il faudrait trouver pour développer un plan de colonisation, au moins du système solaire, ne seront jamais dégagés sans des motivations qui dépassent de loin la simple curiosité, ou le récréatif pur.

L'ISS, est la plus grande structure de toute l'histoire de l'humanité envoyée et assemblée dans l'espace, mais elle est aussi le projet le plus cher que l'humanité ait consenti à s'offrir.

Des sociétés privées, comme l'agence Space X, dirigée par le milliardaire Alan Musk, investissent de plus en plus dans l'espace, s'alliant parfois avec la NASA pour leurs projets les plus complexes. Space X a notamment le projet de colonisation martienne le plus ambitieux et le plus avancé que l'on connaisse à ce jour. Mais ces entreprises ne travaillent pas pour la science. Elles comptent bien profiter d'un retour sur investissement à brève échéance. Elles visent un public de milliardaires et de mécènes, seul capable de leur

³⁶ Citation IN SAGAN, Carl, Pale blue dot : A vision of the humain future in space, USA, 1994, p. 8. Parlant de la photographie prise par la sonde Voyager 1, à 6,4 milliards de Kilomètre de la terre. Elle apparaissait alors, comme un point bleu pâle, a pale blue dot. **Image en 4ème de couverture**

assurer rentabilité et profits.

Un dernier espoir est possible grâce au Crowdfunding. Littéralement « financement participatif », le crowdfunding permet à n'importe qui de proposer un projet et dans l'idéal, de le faire financer par des internautes enthousiastes. Il pourrait permettre à de jeunes talents passionnés par les domaines de l'espace et de l'architecture spatiale, de financer leurs recherches, leurs prototypes... et ainsi, plus tard de faire progresser la technologie.

Qu'il s'agisse de recherche sur de nouveaux carburants, de nouvelles formes de propulseurs, ou de nouvelles stations spatiales, les idées ne manquent pas pour mener à bien ce voyage, et l'architecture aura sans nul doute un rôle essentiel à jouer dans le futur de la conquête spatiale.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

BIBLIOGRAPHIE

A

- *AMAZING STORIES* (COMICS). USA. 1929

B

- BABLET, Mathieu, *Shangri-La* [Bande Dessinée]. Ankara. France. 2016

- BALDWIN, John. *From Bucky Works: Buckminster Fuller's Ideas for Today*, États-Unis. 1997

- BESSON, Luc, *Valérian et la cite des milles planètes* [Film]. États-Unis. 2017

- BLOWARE. *Mass Effect* [Jeu Vidéo]. États-Unis. Electronic Art. 2007-2012

- BLOMKAMP, Neill, *Elisium* [Film], États-Unis, 2013

- BUCKMINSTER FULLER, Richard. *Manuel d'instruction pour le vaisseau spatial «Terre»*. USA. 1969

C

- CAMERON, James, *Aliens le retour* [Film], États-Unis. 1986.

- CAMERON, James. *Avatar* [Film], États-Unis. 2009

- CLARKE, Arthur C. *2001 - 3001 Odyssées de l'espace*. États-Unis. 2001

- CLARKE, Arthur C. *Rendez-vous with Rama*. États-Unis. Gollancz. 1973

- CLEMENT, Ron et MUSKER, John, *La planète au trésor* [Film]. États-Unis, 2002.

- COOK, Peter. *Archigram*. Angleterre. 1972

- *Collier's* [Magazine]. États-Unis. 1953

- *Cyborg and space* [article] IN *Astronotic's*. États-Unis. Septembre 1960

D

- DE MONCHAUX, Nicolas. *Spacesuit, Fashioning Apollo*. MIT press. États-Unis. 2011.

- *Design Magazine* (AKA AD) [Magazine]. États-Unis. Février 1967

E

- ESA. *Comment faire pipi dans l'espace, une astronaute de l'ISS vous explique* [vidéo en Ligne] IN *uffingtonpost.fr*
http://www.huffingtonpost.fr/2015/05/11/pipi-dans-espace-video-iss-toilettes-espace-astronaute_n_7255680.html

- L'EXPRESS.fr, *Peau, taille, vue... Le corps de l'astronaute Scott Kelly chamboulé par l'espace* [en ligne]. https://www.lexpress.fr/actualite/sciences/peau-taille-vue-le-corps-de-l-astronaute-scott-kelly-chamboule-par-l-espace_1797360.html

F

- FOREST, Jean-Claude. *Barbarella* [Comics]. France. 1962-1964

- *Futura-science.com*. *ISS : Beam, le module gonflable, restera plus longtemps que prévu* [en ligne]. <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/utilisation-espace-iss-beam-module-gonflable-restera-plus-longtemps-prevu-63097/>

G

- *GLOBES : Architecture et science explore le monde* [Exposition]. Cité de l'architecture et du patrimoine. Paris. France. 17 novembre 2017 au 26 Mars 2018

H

- HERGÉ. *Objecti Lune*. Belgique. 1953

- HERGÉ. *On a marché sur la Lune*. Belgique. 1954

I

- *Illustration* [Magazine], Angleterre, 1875

K

- KANO, Makoto et SAKAMOTO, Yoshiro, *Metroid* [Jeu Vidéo], Japon, 1986

- KUBRICK, Stanley, *2001 : A space Odyssey* [Film]. États-Unis. 1968.

L

- Leparisien.fr, *DANS LE RETRO. Espace, MIR aurait fêté ses 30 ans* [en ligne]. <http://www.leparisien.fr/espace-premium/actu/dans-le-retro-espace-mir-au-rait-fete-ses-30-ans-16-02-2016-5551299.php>

- *LIFE* [Magazine], datant du 6 Mai 1950

M

- COHEN, Marc M. et BRODY, Adam R. *Human Factors Issues for Interstellar Spacecraft*. États-Unis. 1991

- MEUSER, Philip. *Galina, Balashova: Architect of the Soviet Space Program*. États-Unis. 2015.

N

- Nasa.gov [en ligne] <http://nasa.gov.com>

- NEWMAN, Dava. IN *Ask Magazine*. États-Unis. Janvier 2012. p 37-40

- NOLAN, Christopher. *Interstellar* [Film]. États-Unis. 2014.

- NOORDUNG, Hermann, *Das problem der Befahrung des Weltraums*. Allemagne. 1928

O

- O'NEILL, Gerard, *The Hight frontier : Human Colonies in Space*. États-Unis. 1977.

S

- SHERWOOD, Brent. *Module Architecture for In Situ Space Laboratories*. États-Unis. 2011

- SLAVID R., *Architecture des limites : Construire en milieu hostile du désert au vide interplanétaire*, France, 2009

- STANLEY ROBINSON, Kim, *Mars trilogy*, États-Unis, 1992-1999

- STANTON, Andrew, *Wall-E* [Film], Pixar, 2008, États-Unis, 98 min

- Strabic.fr [en ligne], *Spacesuit : les dessous d'Aldrin*, <http://strabic.fr/Spacesuit-Les-dessous-d-Aldrin>

- SCOTT, Ridley. *Seul sur Mars* [Film]. États-Unis. 2016.

T

- *Thrilling Wonder Stories* [Comics]. États-Unis. Aout 1948.

- *TIME* [Magazine]. États-Unis. Semaine du 29 décembre 2014 au 5 janvier 2015

- *TIME* [Magazine]. États-Unis. Semaine du 10 janvier au 16 janvier 1964

- TOMINO, Yoshiyuki et YATATE, Ajime. *Mobil Suit Gundam* [Manga], Japon, 1979

- TU Delft. *Concept House : Towards customised industrial housing*. Pays-Bas. 2005

V

- VADIM, Roger. *Barbarella*, [Film]. USA 1967

- VOGLER, Andreas. *Modular Inflatable Space Habits*. Allemagne. 2002

W

- WERNQUIST, Erik. *Wanderers* [Court-Métrage]. États-Unis. 2015

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

