

le carre bleu

feuille internationale d'architecture

10
la collection

LUNAR FACTORY

Center For Near Space
ITALIAN INSTITUTE FOR THE FUTURE

le carré bleu

fondateurs (en 1958)
Aulis Blomdstedt, Reima Pietllä, Heijo Petäjä,
Kyösti Alander, André Schimmerling *directeur de*
1958 à 2003

responsable de la revue et animateur
(de 1986 à 2006)
avec A.Schimmerling, Philippe Fouquey

directeur Massimo Pica Ciamarra

Cercle de Rédaction
Kaisa Broner-Bauer, Jorge Cruz Pinto, Pierre Lefèvre, Massimo Locci, Päivi Nikkanen-Kalt, Luigi Prestinzenza Puglisi, Livio Sacchi, Sophie Brindel-Beth, Bruno Vellut.

collaborateurs
Outre son important groupe en France, Le Carré Bleu s'appuie sur un vaste réseau d'amis, collaborateurs et correspondants en Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Angleterre, Canada, Chine, Cuba, Etats-Unis, Finlande, Japon, Jordanie, Grèce, Hollande, Hongrie, Israël, Italie, Norvège, Suède et Portugal.

Grace à l'initiative de la Bibliothèque de la « Cité du Patrimoine et de l'Architecture » à Paris, sur le site www.lecarrebleu.eu « tous les numéros du Carré Bleu depuis l'origine en 1958 sont disponibles gratuitement, soit la totalité des textes et noms des auteurs qui ont collaboré ou collaborent encore à notre feuille internationale d'architecture »

en collaboration avec
• Civilizzare l'Urbano ETS
• IN/Arch - Istituto Nazionale di Architettura
• Museum of Finnish Architecture - Helsinki
• Fondazione italiana per la Bioarchitettura e l'Antropizzazione sostenibile dell'ambiente
• Italian Institute for the Future / Center for Near Space

archives iconographique, publicité
redaction@lecarrebleu.eu

traductions
par Adriana Villamena
révision des textes français F. Lapiéd

mise en page Francesco Damiani

édition
nouvelle Association des Amis du Carré Bleu, loi de 1901 Président François Lapiéd
tous les droits réservés / Commission paritaire 593
« Le Carré Bleu, feuille internationale 'architecture' »

siège social
181, rue du Maine - 75 014 - PARIS

www.lecarrebleu.eu



dans le cadre des

EVENTI PADIGLIONE ITALIA “COMUNITÀ RESILIENTI”
BIENNALE ARCHITETTURA VENEZIA 2021

Judi 29 juillet 2021, de 17h00 à 19h00 aura lieu la conférence en streaming

de la Terre à la Lune / de la Lune à la Terre
projets pour le Quatrième Environnement
ce qui découle des expériences terrestres et ce qui revient de la recherche dans l'espace

couverture Vue de Goclenius et d'autres cratères - NASA / JSC 1968

juin 2021

LUNAR FACTORY

Center For Near Space
100 ITALIAN INSTITUTE FOR THE FUTURE



Le missioni di esplorazione verso la Luna si moltiplicano.

Dopo il 2020 nel quale la pandemia ha impattato anche sui programmi spaziali, il 2021 si presenta stimolante specie nella direzione del programma Artemis per il ritorno dell'uomo sulla Luna stavolta in modo permanente e per la crescita più rapida di sempre dell'industria spaziale privata.

A giugno la Astrobotic Technology invierà sul nostro satellite naturale il lander Peregrine con un set di 28 CLPS (Commercial Lunar Payload Services), primo veicolo spaziale privato sulla Luna. Ad ottobre la Russia riprenderà dopo circa 40 anni il suo programma robotico con il lancio di Luna 25.

A novembre sarà la volta del primo volo della capsula americana Orion che andrà oltre l'orbita terrestre, raggiungerà la Luna e tornerà a terra, la prima volta senza uomo a bordo. Molte altre missioni seguiranno. L'espansione dell'umanità nello spazio è ormai cominciata, dice il Center for Near Space, e tutto lascia prevedere che molto prima di quanto non si creda la quantità di persone ed attività nello spazio tra la Terra e la Luna sarà davvero consistente, con un'economia di molte migliaia di miliardi. Si parla già oggi di Città Cislunare e di economia cislunare.

Dopo Le Carré Bleu n°2-3/2017 dedicato a "OrbiTecture", questo n° de La Collection tratta della Fabbrica Lunare, cioè della prospettiva di realizzare sulla Luna - e anche in altri punti della Città Cislunare - una capacità produttiva basata sull'utilizzo di risorse extra-terrestri: energia, acqua, propellenti, materie primarie e preziose.

- panoramica dal dimensionamento della Città Cislunare al complesso sistema di trasporto
- logiche urbanistiche (diremmo qui): come progettare sulla Luna a possibili insediamenti di decine e decine di persone
- sistemi tecnologici di supporto alle sfide legislative per una gestione corretta e democratica di tali insediamenti
- aspetti sociali, culturali, di evoluzione tecnologica ed infrastrutturale, e non meno importante del ruolo delle nuove generazioni in questo entusiasmante processo

The exploration missions to the Moon multiply. After 2020 in which the pandemic also impacted space programs, 2021 is stimulating especially in the direction of the Artemis program for the return of man to the Moon this time permanently and for the fastest growth ever of the private space industry. By June this year, Astrobotic Technology will send the Peregrine lander to our natural satellite, with a set of 28 CLPS (Commercial Lunar Payload Services), the first private spacecraft to the Moon. In October, Russia will resume its robotic program after about 40 years with the launch of Luna 25. In November it will be the turn of the first flight of the American Orion capsule which will go beyond Earth's orbit, reach the Moon and return to Earth, the first time without a man on board. Many other missions will follow.

The expansion of humanity into space has now begun, says the Center for Near Space, and everything suggests that much sooner than we think the amount of people and activities in space between the Earth and the Moon will be really consistent, with an economy of many trillions. We are already talking about the Cislunar City and the Cislunar economy.

After Le Carré Bleu n°2-3/2017 dedicated to "OrbiTecture", this issue of La Collection deals with the Lunar Factory, i.e. the prospect of creating on the Moon - and also in other points of the Cislunar City - a production capacity based on the use of extra-terrestrial resources: energy, water, propellants, primary and precious materials.

- an overview from the dimensioning of the Cislunar City to its complex transportation system
- from the urban planning approach (as we say on Earth) about how to design on the Moon to possible settlements of dozens and dozens of people
- from technological support systems to legislative challenges for a correct and democratic management of these settlements
- social, cultural, technological and infrastructural evolution aspects, and no less important the role of the new generations in this exciting process.

Les missions d'exploration sur la Lune se multiplient. Après l'année 2020 où la pandémie a également impacté les programmes spatiaux, celle de 2021 est stimulante notamment dans le sens du programme Artemis pour le retour de l'homme sur la Lune, cette fois de façon permanente et pour la croissance la plus rapide jamais réalisée de l'industrie spatiale privée. Au milieu de l'année, Astrobotic Technology enverra l'atterrisseur « Peregrine » avec un ensemble de 28 CLPS (Commercial Lunar Payload Services), le premier vaisseau spatial privé sur la Lune, notre satellite naturel.

En octobre, la Russie reprendra son programme robotique après environ 40 ans avec le lancement de « Luna 25 ». En novembre, ce sera le tour du premier vol de la capsula américaine Orion qui dépassera l'orbite terrestre, atteindra la Lune et reviendra sur Terre, la première fois sans homme à bord. De nombreuses autres missions suivront. L'expansion de l'humanité dans l'espace a maintenant commencé, dit le Center for Near Space, et tout suggère que bien plus tôt que nous ne le pensions, la quantité de personnes et d'activités dans l'espace entre la Terre et la Lune sera vraiment cohérente, avec une économie à plusieurs trillions. Nous parlons déjà de la cité Cis-lunaire et de l'économie cis-lunaire.

Après le n°2-3/2017 « OrbiTecture », le numéro 10 de La Collection du Carré Bleu est dédié à l'« Edification Lunaire », c'est-à-dire à la perspective de créer sur la Lune - et aussi en d'autres points de la cité Cis-lunaire - une capacité de production fondée sur l'utilisation de ressources extraterrestres : énergie, eau, propulseurs, matières premières et précieuses.

- Sont abordés :
- un aperçu du dimensionnement de la cité Cis-lunaire au système de transport complexe ;
 - de la logique d'urbanisme (comme nous disons sur Terre) à la façon de concevoir sur la Lune d'éventuelles implantations de plusieurs dizaines de personnes ;
 - des systèmes de soutien technologique aux défis législatifs pour une gestion correcte et démocratique de ces implantations ;
 - mais aussi des aspects d'évolution sociale, culturelle, technologique et infrastructurelle, pas moins importants que le rôle des nouvelles générations dans ce processus passionnant.

60 anni fa, il 12 Aprile del 1961, per la prima volta un uomo, il Col. Yuri Gagarin, usciva dall'atmosfera terrestre all'interno della capsula Vostok 1 che effettuò un'orbita attorno alla Terra.

Il suo volo dimostrò per la prima volta che il rappresentante di una specie vivente evolutasi ed adattatasi nel corso di 250.000 anni all'ambiente biosferico terrestre, poteva sopravvivere al di fuori dello stesso. L'uomo poteva pensare ad un'espansione della propria specie oltre il pianeta di origine, avendo avuto una prima dimostrazione che l'assenza di gravità e l'estrema ostilità dell'ambiente spaziale non costituivano un impedimento insuperabile per la sopravvivenza nello spazio.

Questo primo timido tentativo nello spazio era seguito alcuni anni dopo da un altro "grande balzo per l'umanità", vale a dire il primo passo sul suolo lunare del Col. Neil Armstrong.

Nel corso del mezzo secolo che è seguito c'è stato un formidabile impatto dello sviluppo delle attività spaziali sull'evoluzione delle conoscenze scientifiche e tecnologiche.

È stata raggiunta una conoscenza più approfondita del sistema solare attraverso le numerose sonde spaziali che si sono potute avvicinare a pianeti ed asteroidi del sistema solare e procedere anche al di fuori dello stesso.

60 years ago, on 12 April 1961, Col. Yuri Gagarin was the first man coming out of the Earth's atmosphere inside the Vostok 1 capsule to make an orbit around the Earth.

His flight demonstrated for the first time that a representative of a living species that evolved and adapted over 250,000 years to the terrestrial biospheric environment could survive outside it. Humankind could think of his expansion beyond the mother Earth, having had a first demonstration that the absence of gravity and the extreme hostility of the space environment did not constitute an insuperable impediment to survive.

This first timid attempt into space was followed a few years later by another "great leap for humanity", namely Col. Neil Armstrong's first step on the lunar soil.

Over the next half century there has been a formidable impact of the development of space activities on the evolution of scientific and technological knowledge.

A deeper knowledge of the solar system has been achieved through a number of space probes that have been able to approach planets and asteroids of the solar system and even proceed outside it.

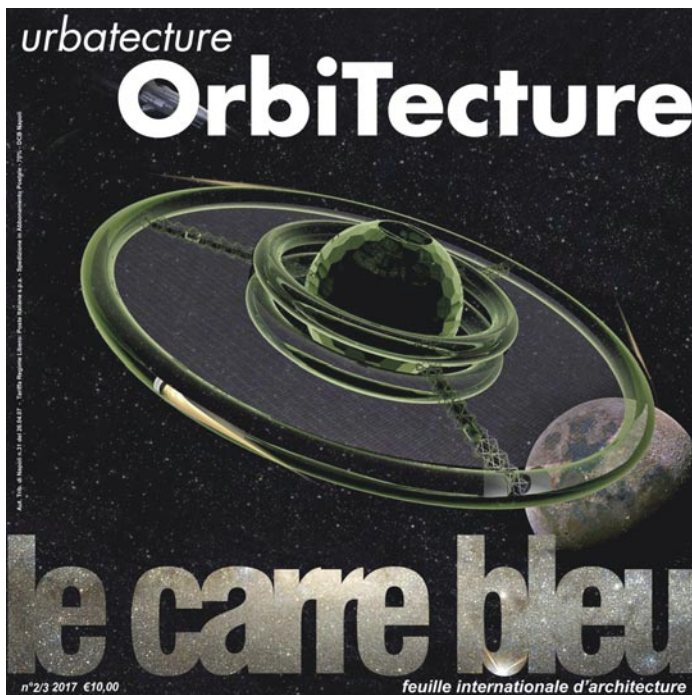
Il y a 60 ans, le 12 avril 1961, pour la première fois un homme, le colonel Yuri Gagarine, est sorti de l'atmosphère terrestre à l'intérieur de la capsule Vostok 1 qui a fait une orbite autour de la Terre. Son vol a démontré pour la première fois que le représentant d'une espèce vivante qui a évolué et s'est adaptée au cours de 250 000 ans à l'environnement biosphérique terrestre, pouvait survivre en dehors de celui-ci.

L'homme pouvait penser à une expansion de sa propre espèce au-delà de la planète d'origine, ayant eu une première démonstration que l'absence de gravité et l'extrême hostilité de l'environnement spatial ne constituaient pas un obstacle insurmontable à la survie dans l'espace.

Cette première tentative timide dans l'espace fut suivie quelques années plus tard par un autre « grand saut pour l'humanité », à savoir le premier pas du colonel Neil Armstrong sur le sol lunaire.

Au cours du demi-siècle suivant, le développement des activités spatiales a eu un impact formidable sur l'évolution des connaissances scientifiques et technologiques.

Une connaissance plus approfondie du système solaire a été acquise grâce aux nombreuses sondes spatiales qui ont pu approcher les planètes et les astéroïdes du système solaire et également procéder à l'extérieur de celui-ci.



I numerosi satelliti artificiali lanciati attorno alla Terra continuano a dare un contributo essenziale all'evoluzione delle telecomunicazioni, al controllo della navigazione, all'osservazione della sua superficie.

È stato possibile compiere esperimenti scientifici in condizioni di microgravità irrealizzabili sulla superficie terrestre.

Gli sviluppi delle tecnologie che hanno accompagnato questo progresso scientifico e tecnologico hanno dato origine ad applicazioni che sono entrate nel nostro quotidiano.

Esempi evidenti sono la geolocalizzazione, la televisione satellitare, la meteorologia, i sensori di fumi e gas, i sensori di prossimità per il parcheggio, ma anche materiali particolari come il Goretex, Nomex, Kevlar, Teflon.

La cresciuta attenzione per il futuro della Terra in termini di risorse disponibili, per la sostenibilità ambientale impattata dall'aumento dei processi industriali, spiega in qualche modo il ritorno dell'attenzione all'espansione dell'uomo al di fuori dell'ambiente terrestre, sollecitato ulteriormente dal sempre più crescente interesse commerciale privato che presto comprenderà anche lo sfruttamento delle risorse spaziali.

Il dibattito sta crescendo sulla convenienza e sugli impatti dell'azione dell'uomo al di fuori della terra. Quel che resta più che mai evidente è che l'ormai forte sensibilità sulla sostenibilità sulla Terra sia trasposta anche al di fuori della sfera terrestre: non dobbiamo alterare l'equilibrio degli altri corpi celesti del sistema solare, bensì dobbiamo curarne il mantenimento con spirito di sostenibilità.

Non trascurabile il fatto che questo approccio ci consentirà di sviluppare tecnologie sostenibili che ritorneranno direttamente utili anche sulla Terra, come ad esempio la riciclabilità sempre più ampia tipica dei sistemi ECLSS (Environmental Control and Life Support System).

The numerous artificial satellites launched around the Earth continue to make an essential contribution to the evolution of telecommunications, to the control of navigation, to the observation of its surface. It has been possible to carry out scientific experiments under microgravity conditions that are impossible to achieve on Earth.

The technological developments accompanying this scientific and technological progress allowed the rise of applications that have entered our daily life.

Clear examples are geolocation, satellite television, meteorology, smoke and gas sensors, proximity sensors for parking, but also special materials such as Goretex, Nomex, Kevlar, Teflon.

The increased attention for the future of the Earth in terms of available resources, for environmental sustainability impacted by the increase in industrial processes, explains in some way the return of the attention to the expansion of humankind outside the terrestrial environment, further urged by the ever-growing private commercial interest which will soon include the exploitation of space resources.

The debate is growing on the convenience and impacts of human action outside the earth. What remains more evident than ever is that the now strong sensitivity to sustainability on Earth is also transposed outside the terrestrial sphere: we must not alter the balance of the other celestial bodies of the solar system, but we must take care of their maintenance with a spirit of sustainability.

Not negligible is the fact that this approach will allow us to develop sustainable technologies that will be directly useful also on Earth, such as the ever-wider recyclability that is typical of ECLSS (Environmental Control and Life Support System) systems.

Technique and technologies are maturing and are rapidly becoming available to a wider number of actors and people, a harbinger of an inevitable democratization of Space.

Les nombreux satellites artificiels lancés autour de la Terre continuent d'apporter une contribution essentielle à l'évolution des télécommunications, au contrôle de la navigation, à l'observation de sa surface. Il a été possible de mener des expériences scientifiques dans des conditions de microgravité impossibles à réaliser à la surface de la terre.

Les développements technologiques qui ont accompagné ce progrès scientifique et technologique ont donné lieu à des applications qui sont entrées dans notre vie quotidienne.

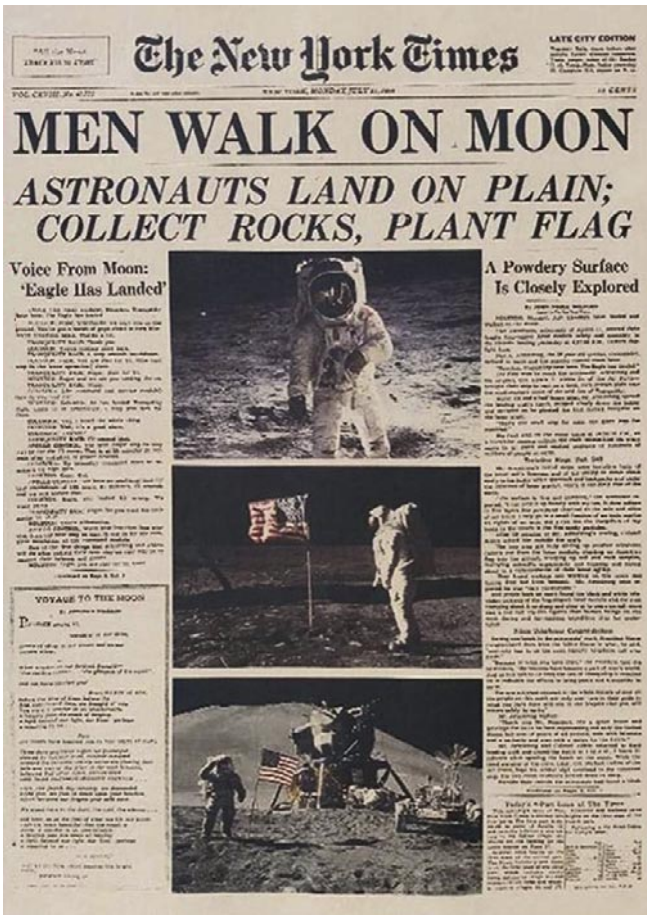
Des exemples évidents sont la géo-localisation, la télévision par satellite, la météorologie, les capteurs de fumée et de gaz, les capteurs de proximité pour le stationnement, mais aussi des matériaux spéciaux tels que le Goretex, le Nomex, le Kevlar, le Téflon.

L'attention accrue pour l'avenir de la Terre en termes de ressources disponibles, pour la durabilité environnementale impactée par l'augmentation des processus industriels, explique en quelque sorte le retour de l'attention sur l'expansion de l'homme en dehors du milieu terrestre, poussé par ailleurs par la croissance sans cesse de l'intérêt commercial privé qui comprendra bientôt également l'exploitation des ressources spatiales.

Le débat se développe sur les avantages et les impacts de l'action humaine en dehors de la terre. Ce qui reste plus évident que jamais, c'est que la sensibilité désormais forte à la durabilité sur Terre est également transposée en dehors de la sphère terrestre : il ne faut pas altérer l'équilibre des autres corps célestes du système solaire, mais il faut veiller à leur maintien avec un esprit de durabilité.

Non négligeable est le fait que cette approche nous permettra de développer des technologies durables qui seront directement utiles également sur Terre, comme la recyclabilité toujours croissante typique des systèmes ECLSS (Environmental Control and Life Support System).





La tecnica e le tecnologie stanno maturando e stanno rapidamente diventando disponibili ad un numero di attori e persone più ampio, elemento foriero di una ineluttabile democratizzazione dello Spazio.

Non va tuttavia trascurato che tutto ciò deve trovare il suo posto nel contesto attuale in cui è già in atto una nuova sfida tecnologica fra le grandi potenze spaziali (principalmente USA, Russia, Cina, ma anche Europa, Giappone, India) per la conquista di posizioni da cui imporre un proprio primato in una prospettiva politica ma anche economica.

Allo stesso tempo un numero crescente di nazioni sta focalizzando l'interesse scientifico ed industriale verso lo Spazio, con enfasi crescente sulla sua commercializzazione.

Tutto questo, tra l'altro, evidenzierà sempre di più la necessità di un aggiornamento delle normative di diritto applicabili, concordato su scala globale attraverso le Nazioni Unite.

L'espansione dell'umanità nello spazio è di fatto già cominciata, tanto che da 4-5 anni si dice che il primo uomo o donna che andrà su Marte è già nato. Per la diffusione della cultura spaziale e l'accettazione di questa tendenza un importante ruolo è oggi svolto da organizzazioni di vario tipo anche no-profit e volontaristiche, per far capire ad ogni persona che non stiamo parlando di fantascienza ma di un futuro più che mai imminente e addirittura forse già presente.

La *Città Cislunare*, come quella che il Center for Near Space dell'Italian Institute for the Future menziona e studia nelle sue anticipazioni degli scenari futuri basate sui segnali attualmente recepiti, viene trattata in questo numero de *La Collection* della prestigiosa rivista *Le Carré Bleu*, offrendo uno spaccato di diversi aspetti tecnici, industriali, economici ed umanistici. Anche in questo ambito l'Italia fa emergere le sue sensibilità e le sue eccellenze.

However, it should not be overlooked that all this must find its place in the current context in which a new technological challenge is already underway between the great space powers (mainly USA, Russia, China, but also Europe, Japan, India) for the conquest of positions from which to impose one's own primacy in a political but also economic perspective. At the same time, a growing number of nations are focusing scientific and industrial interest in Space, with increasing emphasis on its commercialization.

All this, among other things, will increasingly highlight the need for an update of the applicable legal regulations, agreed on a global scale through the United Nations.

The expansion of humanity into space has in fact already begun, so much so that for 4-5 years it is said that the first man or woman to go to Mars has already been born. For the spread of spatial culture and the acceptance of this trend, an important role is now played by various types of organizations, including non-profit and voluntary organizations, to make every person understand that we are not talking about science fiction but about a future more than ever imminent and even perhaps already present.

The *Cislunare City*, such as the one that the Center for Near Space of the Italian Institute for the Future mentions and studies in its anticipations of future scenarios based on the currently perceived signals, is treated in this issue of *La Collection* of the prestigious magazine *Le Carré Bleu*, offering a cross-section of different technical, industrial, economic and humanistic aspects. In this area too, Italy brings out its sensitivities and its excellence.

An important role in the development of future space activities is played by Italy, the eighth world power in the sector. As proof of this, our country is among the first eight signatories of the *Artemis Accords* and has already gained significant participation in the relative programme to return to the Moon.

La technique et les technologies mûrissent et deviennent rapidement accessibles à un plus grand nombre d'acteurs et de personnes, signe avant-coureur d'une démocratisation inévitable de l'espace. Cependant, il ne faut pas oublier que tout cela doit trouver sa place dans le contexte actuel dans lequel un nouveau défi technologique est déjà engagé entre les grandes puissances spatiales (principalement USA, Russie, Chine, mais aussi Europe, Japon, Inde) pour le conquête de positions à partir desquelles imposer sa propre primauté dans une perspective politique mais aussi économique.

Dans le même temps, un nombre croissant de pays concentrent leurs intérêts scientifiques et industriels sur l'espace, en mettant de plus en plus l'accent sur sa commercialisation. Tout cela, entre autres, mettra de plus en plus en évidence la nécessité d'une mise à jour des réglementations juridiques applicables, convenues à l'échelle mondiale par l'intermédiaire des Nations Unies.

L'expansion de l'humanité dans l'espace a en effet déjà commencé, à tel point que depuis 4-5 ans, on dit que le premier homme ou femme à aller sur Mars est déjà né.

Pour la diffusion de la culture spatiale et l'acceptation de cette tendance, un rôle important est désormais joué par différents types d'organisations, y compris les organisations à but non lucratif et bénévoles, pour faire comprendre à chacun que nous ne parlons pas de science-fiction mais d'un avenir plus que jamais, imminent et même peut-être déjà présent.

La *Cité Cis-lunaire*, comme celle que le Centre for Near Space de l'Italian Institute for the Future, évoque et étudie dans ses anticipations de scénarios futurs fondés sur les signaux actuellement reçus, est traitée dans ce numéro de *La Collection* du prestigieux magazine *Le Carré Bleu*, offrant un aperçu de différents aspects techniques, industriels, économiques et humanistes. Dans ce domaine aussi, l'Italie fait ressortir ses sensibilités et son excellence.

Un ruolo importante nello sviluppo delle future attività spaziali è quello svolto dall'Italia, ottava potenza mondiale nel settore; a riprova di ciò il nostro Paese è tra i primi otto firmatari degli *Artemis Accords* e si è già guadagnata una significativa partecipazione al relativo programma di ritorno sulla Luna.

La grande industria nazionale che da decenni raccoglie successi significativi è affiancata dalla competenza delle grandi organizzazioni di ricerca nazionali ed universitarie; la piccola e media impresa è altra componente essenziale così come lo sono le organizzazioni territoriali dei Distretti e Poli Aerospaziali di cui l'Italia è ricca.

Il Distretto Tecnologico Aerospaziale della Campania ad esempio vanta una tradizione scientifica di prim'ordine, che risale ai primi anni dell'era spaziale e svolge un'azione di forte stimolo soprattutto nei confronti delle PMI socie nella definizione di progettualità e per la loro integrazione in un'unica rete scientifica e industriale.

La politica dei Distretti, estesa su scala mondiale, deve favorire quelle condizioni che permettano di fare squadra verso l'obiettivo generale di espansione comune nello spazio, come illustri precedenti ci ricordano: San Marco, Spacelab, Stazione Spaziale Internazionale, Vega, oltre alle tante missioni scientifiche.

The large national industry, which for decades has been collecting significant successes, is supported by the expertise of the large national research organizations and universities. Small and medium-sized enterprises are another essential component as are the territorial organizations of the Aerospace Districts and Poles of which Italy is rich.

The Campania Aerospace Technological District, for example, boasts a first-rate scientific tradition, which dates back to the early years of the space age and plays a strong stimulus especially towards the SME members in the definition of projects and for their integration into a single scientific and industrial network.

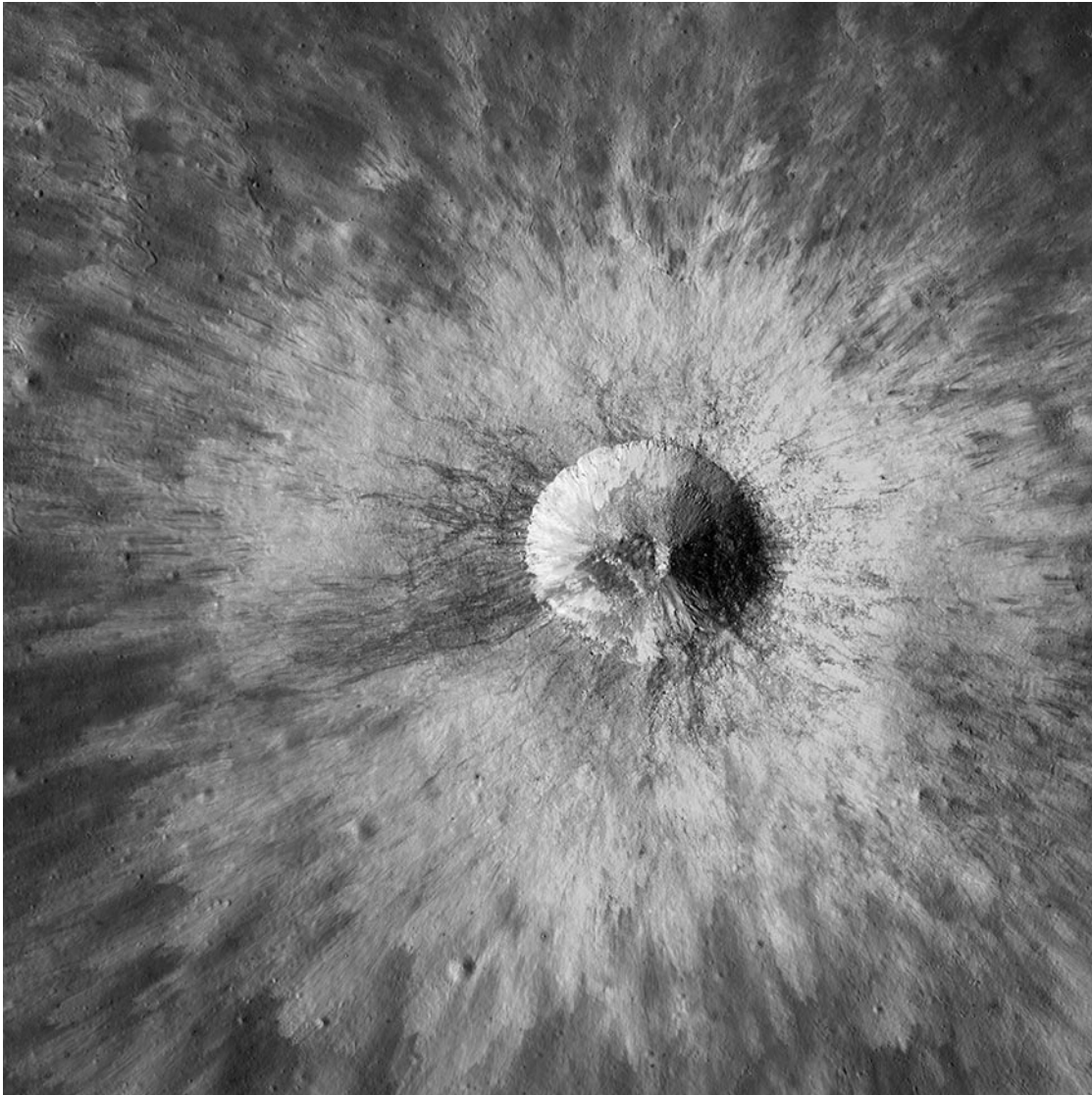
The policy of the clusters, extended on a global scale, may favour those conditions which allow teaming up towards the general objective of common expansion in Space, as distinguished records remind us: San Marco, Spacelab, International Space Station, Vega, as well as many scientific missions.

L'Italie, huitième puissance mondiale du secteur, joue un rôle important dans le développement des futures activités spatiales ; Pour preuve, notre pays fait partie des huit premiers signataires des *accords d'Artémis* et a déjà gagné une participation significative au programme relatif de retour sur la lune. La grande industrie nationale, qui depuis des décennies a récolté des succès significatifs, est accompagnée de l'expertise des grands organismes de recherche nationaux et universitaires ; les petites et moyennes entreprises sont une autre composante essentielle, tout comme les organisations territoriales des districts et pôles aérospatiaux dont l'Italie est riche.

Le District technologique aérospatial de Campanie, par exemple, bénéficie d'une tradition scientifique de premier ordre, qui remonte aux premières années de l'ère spatiale et joue un fort stimulant notamment envers les PME membres dans la définition des projets et pour leur intégration dans un seul réseau scientifique et industriel.

La politique des Districts, étendue à l'échelle mondiale, doit favoriser les conditions qui nous permettent de nous associer vers l'objectif général d'expansion commune dans l'espace, comme le rappellent d'illustres antérieurs précédents : San Marco, Spacelab, International Space Station, Vega, en plus de nombreuses missions scientifiques.





LUNAR FACTORY

- 15 **2069: la Cité Cislunaire**
Gennaro Russo, Giuseppe De Chiara, Claudio Voto
Center for Near Space dell'Italian Institute for the Future, Napoli, Italia
- 59 **Culture et patrimoine de l'espace extra-atmosphérique**
Olimpia Niglio - Hokkaido University, Japan / Vice President ISC ICOMOS PRERICO, France
former Minister of Culture of Asgardia, Austria
- 79 **Trois différentes approches: sur la Terre, dans l'espace, sur la Lune**
Massimo Pica Ciamarra - CNS Center for Near Space, Italy
- 99 **Nouveaux paradigmes d'OrbiTecture pour les habitats lunaires: LunaFab**
Guido De Martino, Raffaele Minichini, Massimo Pica Ciamarra, Gennaro Russo - Center for Near Space, Italy
- 117 **« Project Olympus » le premier système de bâtiment hors de la terre pour soutenir la future exploration de la lune**
Julian Ocampo Salazar - BIG Bjarke Ingels Group, Denmark
- 126 **LunaFab: une contribution à l'industrie lunaire**
Piero Messidoro, Davide Pederbelli, Fabio Paudice - Center for Near Space, Italy
- 163 **TURTLE, Unité Technique de Recherche pour un écosystème lunaire**
Antonino Salmeri, Paolo Pino – SGAC Space Generation Advisory Committee, Austria
- 175 **De la Station spatiale internationale au Gateway lunaire : solutions d'architecture et de logement**
Maria Antonietta Perino - Thales Alenia Space Italy
- 197 **Architectures de Référence pour le Village Lunaire**
John Mankins, MVA Moon Village Association, Austria
- 223 **Moon Village: bâtir une entreprise sur la lune**
Yoshifumi Inatani, MVA Moon Village Association, Austria
- 245 **Du Côté des Colonies Spatiales**
Veronica Moronese e Anass Hanafi, CNS Center for Near Space, Italy
- 265 **EAGLE, gouvernance efficace et adaptative pour un écosystème lunaire**
Antonino Salmeri, Giuliana Rotola, SGAC Space Generation Advisory Committee, Austria
- 285 **Preparing for Living on Moon and Mars**
Antonio Del Mastro - Mars Planet, Italy
- 310 **Espace vers l'humanité - le rôle de la jeunesse**
Molisella Lattanzi - Nemesis Planetarium, Italy

2069: la Città Cislunare

1. Introduzione

L'era dell'Espansione dell'Umanità nello Spazio è ormai già iniziata. L'azione esplorativa sistematicamente fatta da quasi sessant'anni da NASA, Roscosmos, ESA e sempre più dal crescente numero di agenzie spaziali nazionali sta sottolineando tutte le grandissime ricadute che l'economia spaziale ha avuto e avrà sul benessere della vita sulla terra. La sua evoluzione richiede tuttavia lo sviluppo della componente privata/commerciale, che darà presto luogo alla nascita di un vero settore merceologico che potremmo definire *Made in Space*.

CNS ritiene che nella seconda metà di questo secolo - simbolicamente 100 anni dopo il "primo passo di una persona fuori dalla Terra", ovvero nel 2069 - una comunità permanente di 1000 individui distribuiti in *vari quartieri* (o *distretti*) abiterà lo spazio cis-lunare: una vera Città Cislunare [1], utile anche come punto intermedio o di partenza per missioni scientifiche verso Marte e asteroidi vicini.

Lo spazio geo-lunare è infatti l'ambiente più vicino e più adatto su cui concentrarsi. Infrastrutture scientifiche, industriali e ricreative situate in orbita bassa terrestre (Low Earth Orbit, LEO), orbita bassa lunare (Low Lunar Orbit, LLO) e punti di librazione Lagrangiani sosterranno la vita al di fuori dell'atmosfera terrestre, mentre diversi tipi di trasporto garantiranno mobilità e collegamenti con la Terra.

2069: The Cislunar City

1. Introduction

The era of the Humankind Expansion into the Space started already. The exploration action implemented for almost sixty years by NASA, Roscosmos, ESA and by an increasing number of national Space Agencies is highlighting the enormous fallbacks of space economy on the well-being on Earth. Though, its further evolution is tied to the development of private/commercial initiative, which will originate a commodity sector which we can name *Made in Space*.

It is CNS opinion that symbolically 100 years later than "the first step of a person out of the Earth" the cislunar space will be lived by a permanent community distributed in different quarters (or districts): a true Cislunar City [1], which will also be an intermediate or starting spot for scientific missions to Mars and nearby asteroids.

The geo-lunar space is the nearest and best suitable environment which is worth to focus on. Scientific, industrial and recreational infrastructures, located in a Low Earth Orbit, (LEO), Low Lunar Orbit (LLO) and Lagrangian libration points will support life out of the Earth atmosphere, while several transportation vehicles will guarantee mobility and connection with the Earth.

1. Introduction

L'ère de l'expansion de l'humanité dans l'espace a déjà commencé. L'action exploratoire menée systématiquement depuis près de soixante ans par la NASA, Roscosmos, ESA et de plus en plus par le nombre croissant d'agences spatiales nationales souligne toutes les énormes répercussions que l'économie spatiale a eu et aura sur le bien-être de la vie sur la terre. Cependant, son évolution nécessite le développement de la composante privé / commercial, qui va bientôt donner lieu à la naissance d'un véritable secteur de produits que l'on pourrait définir comme *Made in Space*.

CNS estime que dans la seconde moitié de ce siècle - symboliquement 100 ans après le « premier pas d'une personne hors de la Terre », ou en 2069 - une communauté permanente de 1000 individus répartis dans divers quartiers (ou districts) habitera l'espace cis-lunaire : une vraie Cité Cislunaire [1], également utile comme point intermédiaire ou de départ pour des missions scientifiques sur Mars et les astéroïdes proches.

L'espace géo-lunaire est en fait l'environnement le plus proche et le plus approprié pour se concentrer.

Les infrastructures scientifiques, industrielles et récréatives situées en orbite terrestre basse (LEO), en orbite lunaire basse (LLO) et aux points de libration lagrangienne soutiendront la vie dehors de l'atmosphère terrestre, tandis que différents types de transport garantiront la mobilité et les connexions avec la Terre.



Vivere nello spazio richiede un'efficace integrazione e una valutazione simultanea di molti aspetti. Per affrontare questa ricerca, è stato costituito nel CNS il gruppo di lavoro multiculturale/multigenerazionale *OrbiTecture*, che coinvolge scienziati, tecnologi, architetti, botanici, artisti, sociologi, psicologi e così via, ma anche studenti universitari e delle scuole superiori. Il GdL lavora su storie e ragionamenti relativi alle attività di costruzione al di fuori del nostro pianeta, facendo ampio uso di tecniche robotiche innovative di manifattura additiva, sia per la struttura principale che per le strutture secondarie interne dell'infrastruttura spaziale.

Lo sviluppo della Città Cislunare richiederà habitat di grande comfort con luoghi di socializzazione, esercizio fisico, coltivazione e produzione alimentare, laboratori di ricerca, a supporto delle attività industriali senza le quali la città non sarebbe sostenibile.

2. La Città Cislunare

La Città Cislunare sarà costituita da una pluralità di distinte unità, di dimensioni diverse fra loro, un arcipelago di quartieri caratterizzati ciascuno da una funzione prevalente (non esclusiva) capace di accogliere nel tempo anche unità successive; il tutto interconnesso al suo interno tramite una rete di trasporti giornalieri oltre che connesso verso l'esterno (Marte, asteroidi, ecc.).

Pensare la Città Cislunare come “arcipelago” di unità minori fra loro differenziate rende agile la sua realizzazione nel tempo, facilita successive aggregazioni, manutenzione, gestione, sostituzioni: così come succede sulla terra, durante la realizzazione qualcuna delle unità potrebbe diventare obsoleta e comunque potrebbero rendersi necessarie o opportune modifiche di programma di sviluppo.

Living in Space demands an effective integration and a simultaneous evaluation of several aspects. To face this research CNS launched a multicultural/multigenerational *Orbitecture Working Group (WG)* which involves scientists, technologists, architects, botanists, artists, sociologists, psychologists, etc., but also university and high school students.

The WG is working on arguments relative to construction activities to be accomplished by wide utilisation of innovative robotic techniques of Additive Manufacturing for both main and secondary interior components of the space infrastructures. The development of the Cislunar City will request high comfortable habitat with areas for socialisation, physical activities, cultivation and food production, research laboratories and industrial activities which are necessary to make the city sustainable.

2. The Cislunar City

The Cislunar City will consist of several separate units, with different dimensions: an archipelago of districts each one characterised by a prevailing (not exclusive) function which can also accommodate successive units in time.

Everything is internally connected by a network of daily transports and also connected towards the outside (Mars, asteroids, etc.)

The concept of the Cislunar City as an “archipelago” of minor differentiated units allows its agile realisation in the time, facilitates successive aggregations, maintenance, management, substitutions units: like on Earth during its realisation a few units could become obsolete or modifications to their utilisation could also become necessary and convenient.

Vivre dans l'espace nécessite une intégration efficace et une évaluation simultanée de nombreux aspects.

Pour aborder cette recherche, le groupe de travail multiculturel / multi-générationnel « *OrbiTecture* » a été mis en place au CNS, qui implique des scientifiques, des technologues, des architectes, des botanistes, des artistes, des sociologues, des psychologues, etc., ainsi que des étudiants des universités et des lycées.

Le groupe travaille sur des histoires et des arguments liés aux activités de construction en dehors de notre planète, en utilisant largement des techniques de fabrication additive robotique innovantes, à la fois pour la structure principale et pour les structures secondaires internes de l'infrastructure spatiale. Le développement de la Cité Cislunaire nécessitera des habitats très confortables avec des lieux de socialisation, d'exercice physique, de culture et de production alimentaire, des laboratoires de recherche, pour soutenir les activités industrielles sans lesquelles la ville ne serait pas durable.

2. La Cité Cislunaire

La Cité Cislunaire sera composée d'une pluralité d'unités distinctes, de tailles différentes, un archipel de quartiers caractérisés chacun par une fonction prédominante capable d'accueillir des unités ultérieures au fil du temps ; le tout interconnecté en interne via un réseau de transport quotidien ainsi que connecté à l'extérieur (Mars, astéroïdes, etc.).

Penser la Cité Cislunaire comme un « archipel » d'unités mineures différenciées entre-elles rend sa réalisation agile dans le temps, facilite les agrégations ultérieures, la maintenance, la gestion, les remplacements : comme cela se produit sur terre, lors de la construction certaines unités pourraient devenir obsolètes et en tout cas elles pourraient apporter des modifications nécessaires ou appropriées au programme de développement.

Le diverse unità dell'arcipelago, anche se complementari fra loro, entreranno in funzione in maniera indipendente per poi integrarsi nell'insieme. Non saranno realizzate da uno stesso soggetto: differenti soggetti privati parteciperanno alla costruzione della Città Cislunare, così come i governi di diversi Paesi. Quindi un insieme semplice ma al tempo stesso complesso dove coesisteranno gestioni autonome, che presuppongono l'efficace coordinamento dell'insieme, magari sotto la programmazione e la gestione "urbanistica" delle Nazioni Unite (ONU).

Per quanto riguarda la regolamentazione e la gestione della Città Cislunare e dei suoi quartieri, pur nell'ambito di un concetto di autonomia, CNS ritiene che sarà necessario il rispetto di regole generali e la definizione di un assetto sociale e di diritto non semplicemente "esportato" dalla Terra, ma pensato e sviluppato con l'ottica di chi sta lì [2].

Uno dei principali o più importanti studi complessivi che è opportuno affrontare è quello della Città Cislunare nel suo insieme al fine di bilanciare adeguatamente la distribuzione delle funzioni tra i suoi quartieri e di definire le tecnologie di supporto che permettano la migliore vita della popolazione. La corretta identificazione di funzioni come nodo di interscambio, molo di attracco, rifornimento di carburante, manutenzione, costruzione, alloggi, aree di lavoro, spazi di socializzazione, è elemento importante così come l'acquisizione e il trasporto di materie prime (dalla Terra, dalla Luna, dagli asteroidi più vicini alla Terra).

Lo sviluppo di un sistema di trasporto complesso in grado di garantire qualcosa dell'ordine di 100000 passeggeri equivalenti all'anno è un altro problema fondamentale da affrontare, per ridurre al minimo tempi e costi del processo di sviluppo nel tempo della Città Cislunare.

Lo sviluppo della Città Cislunare richiederà la definizione di habitat in orbita e sulla superficie del nostro satellite naturale che soddisfino requisiti industriali e di ricerca scientifica ma anche esigenze di vita quotidiana.

The different units of the archipelago will complement each other but will enter operation independently to integrate themselves as a whole. They will not be realised by the same subject: different private entities will participate to the construction of the Cislunar City and different country governments as well. It will be a simple and complex entity where autonomous administrations will coexist, which implies an effective coordination of the whole under (exempli gratia) the planning and urban management of the United Nations.

With respect to regulation and management of the Cislunar City and its districts, according CNS it will be necessary to honour general rules, within the frame of the autonomy concept and the definition of a social and law order not simply "brought" from Earth but thought of and developed within a local optics [2].

One of the main and most important inclusive study which is worth to run is to think of the Cislunar City as a whole to adequately balance the distribution of functions amongst its quarters and to define the technologies supporting best living to the population. The correct identification of functions as interchange hub, docking peers, fuel supply, maintenance, construction, lodges, work areas, socialisation areas is a key element like the acquisition and transportation of raw materials (from Earth, from Moon, from asteroids nearby Earth).

The development of a complex transportation system which may guarantee some 100,000 pax-equivalent/year is a key problem to face to minimise times and costs of the Cislunar City development process.

The development of the Cislunar City will request the definition of habitats in orbit and on the surface of our natural satellite which satisfy industrial and scientific research requisites, but also day-by-day needs.

Les différentes unités de l'archipel, même complémentaires les unes des autres, entreront en fonctionnement de manière indépendante puis s'intégreront dans l'ensemble. Elles ne seront pas construites par la même entité : différentes entités privées participeront à la construction de la Cité Cislunaire, tout comme les gouvernements de différents pays. Un tout simple mais en même temps complexe où coexisteront des gestions autonomes, ce qui suppose une coordination efficace de l'ensemble, peut-être sous la planification et la gestion « urbaine » des Nations Unies (ONU).

Concernant la régulation et la gestion de la Cité Cislunaire et de ses quartiers, même dans le cadre d'un concept d'autonomie, CNS estime qu'il sera nécessaire de respecter les règles générales et la définition d'une structure sociale et juridique qui ne soit pas simplement « exportée » de la Terre, mais conçue et développée avec la perspective de ceux qui sont là [2].

L'une des études globales principales ou des plus importantes à aborder est celle de la Cité Cislunaire dans son ensemble afin d'équilibrer adéquatement la répartition des fonctions entre ses quartiers et de définir les technologies de soutien qui permettent une meilleure vie de la population. L'identification correcte des fonctions telles que le pôle d'échange, la jetée d'amarrage, le ravitaillement, l'entretien, la construction, le logement, les zones de travail, les espaces de socialisation, est un élément important ainsi que l'acquisition et le transport de matières premières (de la Terre, de la Lune, des astéroïdes les plus proches de la Terre).

Le développement d'un système de transport complexe capable de garantir quelque chose de l'ordre de 100 000 équivalents passagers par an est un autre problème fondamental à résoudre, afin de minimiser le temps et les coûts du processus de développement de la Cité Cislunaire dans le temps.

Le comunità di persone dedicate alla gestione dei quartieri e dei loro sistemi, per mantenerli, per curare gli aspetti economico-finanziari della vita nello spazio, per iniziare una vita economico-commerciale più generale che tenga conto della necessità di ospitare turisti o viaggiatori, avranno bisogno dell'adozione e del soddisfacimento di nuovi requisiti aggiuntivi per i quali sono necessari approfonditi studi preliminari e sviluppi tecnologici. CNS ritiene che questi studi proiettati in un tempo non troppo prossimo possono identificare requisiti innovativi che le attuali attività spaziali non percepiscono e che -se invece considerati- potrebbero aiutare e supportare una dinamica evolutiva migliore per rendere possibile una vita ordinaria nello spazio più sostenibile di quanto non sia ad esempio quella degli astronauti della Stazione Spaziale Internazionale.

Le assunzioni di base per la definizione della Città Cislunare possono riassumersi nei punti seguenti:

- Limitare i costi di trasferimento dalla Terra di strutture/impianti riducendone la massa da trasportare e implementandone la realizzazione in condizioni di gravità ridotta, sia all'interno dei moduli pressurizzati (ove va considerata la produzione anche degli alimenti) sia nel vuoto esterno. Fare quindi ampio uso della tecnologia di manifattura additiva, anche nel vuoto;
- Associare alla fabbricazione nello spazio con l'uso di materie prime lunari/asteroidee (ISRU), oltre che terrestri, capacità di assemblaggio, integrazione e prove funzionali nello spazio in modo da stabilire un vero Made in Space;
- Sfruttare adeguatamente i molti vantaggi offerti dalle condizioni di gravità ridotta per ottimizzare i processi produttivi;
- Curare condizioni di benessere abitativo e lavorativo, ivi compreso la progettazione e realizzazione di abbigliamento innovativo specifico;

The communities of people dedicated to the management of quarters and their systems, their maintenance, engaged to take care of financial-economical aspects of living in space, will start a more general economical-commercial style of living which includes the need to host tourists or travellers. They will necessitate to adopt and satisfy additional requirements which will require in depth preliminary studies and technological developments.

It's CNS opinion that these studies, projected in a sufficiently long time, may identify innovative requirements which the on-going space activities don't perceive.

On the contrary, once taken in consideration, they could help and support a better evolutive dynamics to make feasible an ordinary living in space better sustainable than the one of the International Space Station astronauts.

The basic assumptions to define the Cislunar City may be summarised by the following items:

- To limit the costs of transfer from Earth of structures/installations by reducing the mass to transport and implementing their construction in a condition of reduced gravity, both inside the pressurised modules (where also the production of food must be considered) and in the outside vacuum. Wide usage of Additive Manufacturing in the outside vacuum conditions will be applied;
- To associate to the manufacturing in space utilising lunar, asteroid and terrestrial raw materials, a capability to assembly, integrate and accomplish functional tests in space, so to establish a true Made in Space;
- To adequately exploit the multiple advantages given by the reduced gravity condition to optimise the production processes;
- To look after conditions of living and working comfort, including the design and realisation of specific innovative clothing;

Le développement de la Cité Cislunaire nécessitera la définition d'habitats en orbite et à la surface de notre satellite naturel qui répondent aux besoins de la recherche industrielle et scientifique mais aussi aux besoins de la vie quotidienne. Communautés de personnes dédiées à la gestion des quartiers et de leurs systèmes, à leur entretien, à prendre en charge les aspects économique-financiers de la vie dans l'espace, à démarrer une vie économique-commerciale plus générale qui prend en compte la nécessité d'accueillir des touristes ou les voyageurs devront adopter et satisfaire à de nouvelles exigences supplémentaires pour lesquelles des études préliminaires approfondies et des développements technologiques sont nécessaires. CNS estime que ces études projetées dans un temps pas trop proche peuvent identifier des exigences innovantes que les activités spatiales actuelles ne perçoivent pas et qui - si elles sont plutôt considérées - pourraient aider et soutenir une meilleure dynamique évolutive pour rendre une vie ordinaire dans l'espace la plus durable possible, par exemple pas celle des astronautes de la Station spatiale internationale.

Les hypothèses de base pour la définition de la Cité Cislunaire peuvent être résumées dans les points suivants :

- Limiter les coûts de transfert des structures / systèmes depuis la Terre en réduisant la masse à transporter et en mettant en œuvre leur construction dans des conditions de gravité réduite, tant à l'intérieur des modules pressurisés (où la production de nourriture doit également être envisagée) que dans le vide externe. Par conséquent, faire un usage intensif de la technologie de fabrication additive, même sous vide;
- Associer la fabrication dans l'espace à l'utilisation de matières premières lunaires / astéroïdes (ISRU), ainsi que terrestres, avec la possibilité d'assembler et d'intégrer des tests fonctionnels dans l'espace afin d'établir un véritable Made in Space

- Limitare la dipendenza dalla Madre Terra massimizzando i principi di sostenibilità, con agricoltura, produzione di energia¹, combustibili e costruzione *in-situ*
- Estendere allo spazio i principi e i concetti della Green Economy e della Circular Economy, al di là di quanto non sia già fatto.

3. Caratteristiche dello Spazio Cislunare

La Città Cislunare sarà distribuita tra l'orbita bassa terrestre (LEO; entro i 2000 km dalla superficie), i punti lagrangiani del sistema Terra-Luna e l'orbita lunare bassa (LLO; entro i 100 km dalla superficie).

È utile qui richiamare alcuni aspetti e caratteristiche di questi punti dello spazio. L'orbita lunare bassa soffre degli effetti delle perturbazioni gravitazionali dovute a varie cause tra cui concentrazioni di massa sotto la superficie lunare, indicate come *mascons*, generate dall'impatto in tempi remoti di grandi corpi [3-4]. Quando un satellite ci passa sopra, i mascons lo tirano in avanti, indietro, a sinistra, a destra o verso il basso, con direzione e intensità dipendenti dalla traiettoria del satellite. In assenza di periodiche correzioni di orbita, la maggior parte dei satelliti rilasciati in orbite lunari basse finisce per schiantarsi sulla Luna. Ci sono tuttavia "orbite congelate" ad inclinazione di 27°, 50°, 76° e 86° (l'ultima è quasi sopra i poli lunari) in cui un veicolo spaziale può rimanere per un tempo indefinito.

Per quanto riguarda i punti lagrangiani (Fig. 1), dove le forze gravitazionali e quelle della dinamica rotazionale (forze di Coriolis e centrifughe) di Terra e Luna si bilanciano, ricordiamo che L1, L2 e L3 sono punti di equilibrio instabile e quindi una qualsiasi piccola perturbazione tende ad allontanare ciò che si trova in loro corrispondenza. Per ovviare a ciò, tenuto conto della posizione molto conveniente rispetto a Terra e Luna, è possibile mantenere il sistema spaziale nei dintorni del punto di equilibrio su orbite semi periodiche che sono chiamate *Halo*.

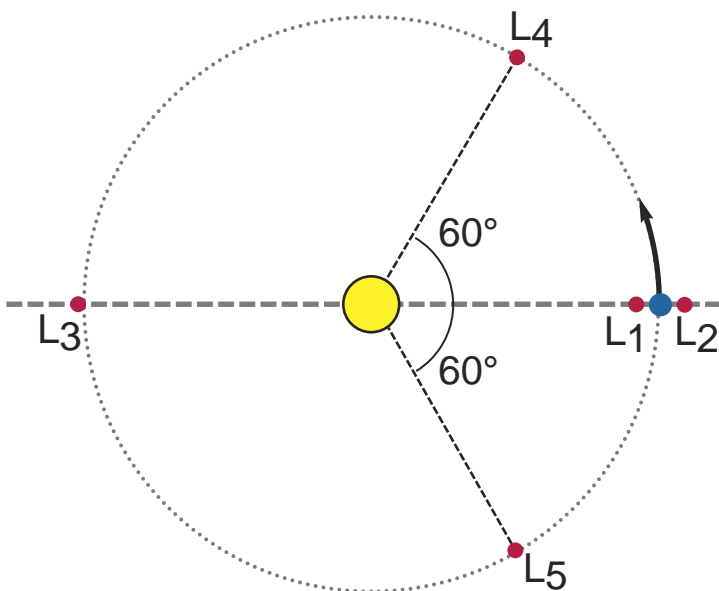


Fig. 1 - Punti lagrangiani del sistema Terra-Luna (pas à l'échelle)

- To limit dependency on Mother Earth, maximising the principles of sustainability by taking care of agriculture, production of energy¹, fuels and *in-situ* constructions;
- To extend to Space the principles and concepts of Green and Circular Economy, beyond what's has been already accomplished.

3. Characteristics of the Cislunar Space

The Cislunar City will be distributed between the Low Earth Orbit (LEO; within 2000 km from the surface), the Lagrangian spots of the Earth-Moon system and the Lunar Low Orbit (LLO; within 100 km from the surface).

It's worth to recall here some aspects and characteristics of these spots in Space. The Low Lunar Orbit suffers of the effects of gravitational perturbations originated by different sources among which concentrations of masses under the lunar surface, named mascons, generated by the impact of large bodies in remote times [3-4]. When a satellite transits over, the mascons may pull it forward, backward, to the left, to the right or attract it downward, with a direction and intensity which is dependent on the satellite trajectory. Without periodic orbit corrections, most satellites positioned on low lunar orbits would crash on the Moon. Anyway, there are "frozen orbits" with an inclination of 27°. 50°, 76° and 86° (the last one almost over the lunar poles) where a space vehicle can remain for an indefinite time.

With respect to the Lagrangian spots (Fig.1), where the gravitational forces and the rotational dynamics ones (Coriolis and centrifugal forces) of the Earth and the Moon balance each other, let's recall that L1, L2 and L3 are spots of unstable equilibrium. As a consequence, a small perturbation tends to stave off what is in correspondence of these spots. To remedy this, considering the very convenient position with respect to Earth and Moon of these spots, it is possible to keep the space system around the equilibrium spot over semi-periodic orbits called Halo.

- Utiliser adéquatement les nombreux avantages offerts par des conditions de gravité réduite pour optimiser les processus de production ;
- S'occuper des conditions de vie et de bien-être au travail, y compris la conception et la production de vêtements innovants spécifiques ;
- Limiter la dépendance à la Terre Mère en maximisant les principes de durabilité, avec l'agriculture, la production d'énergie¹, le carburant et la construction in situ
- Étendre les principes et les concepts de l'économie verte et de l'économie circulaire à l'espace, au-delà de ce qui est déjà fait.

3. Caractéristiques de l'espace Cislunaire

La Cité Cislunaire sera répartie entre l'orbite terrestre basse (LEO : à moins de 2.000km de la surface), les points lagrangiens du système Terre-Lune et l'orbite lunaire basse (LLO : à moins de 100km de la surface).

Il est utile ici de rappeler quelques aspects et caractéristiques de ces points dans l'espace. L'orbite lunaire basse souffre des effets des perturbations gravitationnelles dues à diverses causes dont les concentrations massiques sous la surface lunaire, appelées réplétions (ou mascons), générées par l'impact de grands corps à des époques éloignées [3-4]. Lorsqu'un satellite passe au-dessus, les réplétions le tirent vers l'avant, l'arrière, la gauche, la droite ou le bas, avec une direction et une intensité dépendant de la trajectoire du satellite. En l'absence de corrections d'orbite périodiques, la plupart des satellites libérés sur des orbites lunaires basses finissent par s'écraser sur la Lune. Il existe cependant des « orbites gelées » à des inclinaisons de 27°, 50°, 76° et 86° (ces dernières étant presque au-dessus des pôles lunaires) dans lesquelles un vaisseau spatial peut rester indéfiniment.

La Fig. 2 mostra una particolare famiglia di orbite di questo tipo indicate come NRHO (Near Rectilinear Halo Orbit) sul piano nord-sud per i punti L1 e L2. Questi ultimi distano in media dalla Luna 58000 e 64500 km rispettivamente, mentre L3 dista 381700 km dalla Terra (la distanza Terra-Luna è mediamente di 384000 km).

Al contrario, L4 e L5 sono punti di equilibrio stabile. Soggetto a piccola perturbazione esterna, un corpo tende a tornarvi spontaneamente. Questi due punti distano rispettivamente 402340 km dalla Luna e 384000 km dalla Terra. Da sottolineare che i percorsi Luna-L4 e Luna-L5 sono più o meno sull'orbita lunare e quindi la distanza da percorrere è prossima a quella indicata; al contrario, i percorsi Terra-L4 e Terra- L5 sono ben maggiori della distanza indicata in quanto occorre percorrere un tratto di un'orbita di trasferimento. Da ciò deriva che l'energia per trasportare per esempio materiali da costruzione dalla Luna a L4 è solo il 5% di quanto richiesto per trasportarli dalla Terra.

Fig. 2 shows a particular family of this type of orbits indicated as NRHO (Near Rectilinear Halo Orbit) on the plane north-south through the spot L1 e L2. The average distance of these latter points from the Moon is 58000 and 64500 km respectively while L3 is distant 381700 km from Earth (the distance between Earth-Moon is 384000 km as average).

On the contrary L4 and L5 are spots of stable equilibrium. When subjected to a small outside perturbation a body has the trend to return there spontaneously. These two spots are distant 402340 km from the Moon and 384000 km from the Earth respectively.

It's worth to recall that the trajectories Moon-L4 and Moon-L5 stay more or less on the lunar orbit, consequently the distance to cover is close to that mentioned above; on the contrary the trajectories Earth-L4 and Earth-L5 are much longer than the indicated distance since it's necessary to follow a transfer orbit. This explains why the energy necessary to carry construction materials from the Moon to L4 is only 5% of the one requested to carry them from the Earth.

Quant aux points lagrangiens (Fig.1), où les forces gravitationnelles et celles de la dynamique de rotation (Coriolis et forces centrifuges) de la Terre et de la Lune sont équilibrées, rappelons que L1, L2 et L3 sont des points d'équilibre instables et donc une petite perturbation ayant tendance à supprimer ce qui est en correspondance avec eux.

Pour surmonter cela, compte tenu de la position très pratique par rapport à la Terre et à la Lune, il est possible de maintenir le système spatial autour du point d'équilibre sur des orbites semi-périodiques appelées Halos

La figure 2 montre une famille particulière d'orbites de ce type désignées par NRHO (Near Rectilinear Halo Orbit) sur le plan nord-sud pour les points L1 et L2. Ces derniers sont respectivement en moyenne à 58.000 et 64.500km de la Lune, tandis que L3 est à 381.700km de la Terre (la distance Terre-Lune est en moyenne de 384.000km).

Inversement, L4 et L5 sont des points d'équilibre stable. Soumis à de petites perturbations extérieures, un corps a tendance à y revenir spontanément.

Ces deux points sont respectivement à 402.340km de la Lune et 384.000km de la Terre. Il faut souligner que les trajectoires Lune-L4 et Lune-L5 sont plus ou moins sur l'orbita lunare et donc la distance à parcourir est proche de celle indiquée ; au contraire, les trajets Terre-L4 et Terre-L5 sont bien supérieurs à la distance indiquée car il est nécessaire de parcourir un tronçon d'orbite de transfert.

Il en découle que l'énergie pour transporter, par exemple, les matériaux de construction de la Lune à L4 ne représente que 5% de ce qui est nécessaire pour les transporter depuis la Terre.

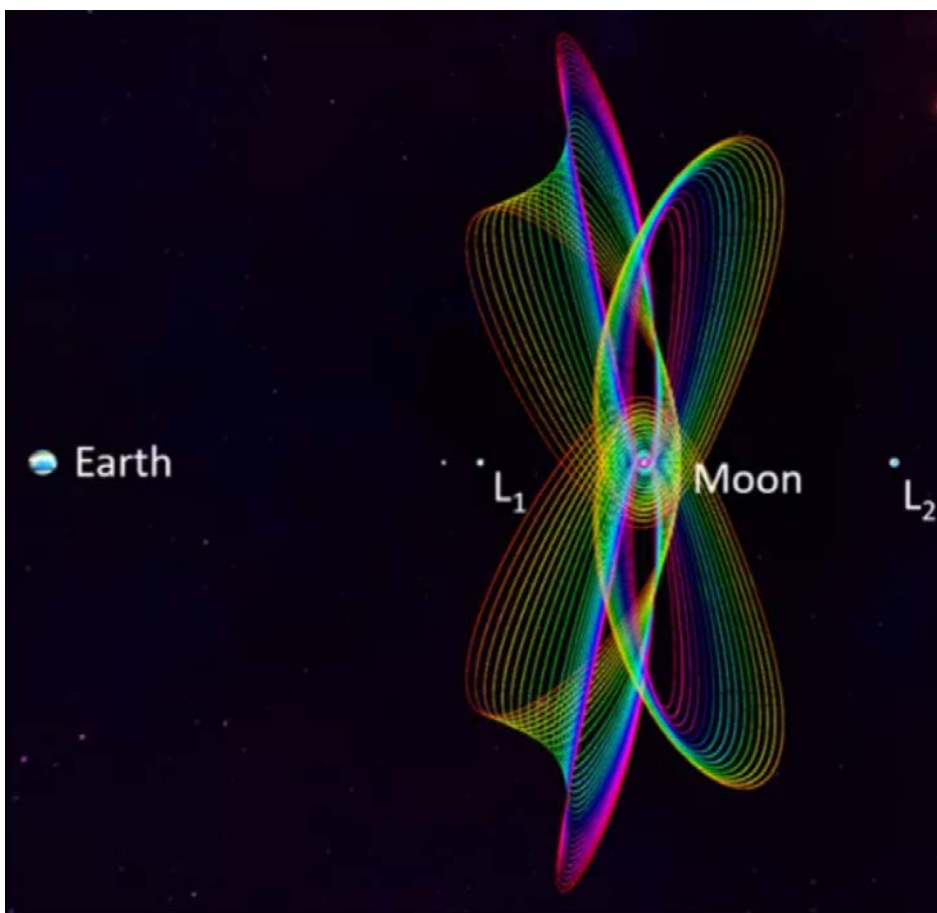


Fig. 2
Famille d'orbites L1 / L2 North / South NRHO
(Near Rectilinear Halo Orbit) [5]

4. I Quartieri/Distretti

La configurazione della Città Cislunare studiata si basa su 12 quartieri. È naturale oltre che logico pensare che questi saranno sbilanciati in numero verso la Terra per il semplice motivo che, nonostante l'apparente grande numero di persone della città, l'umanità resterà sostanzialmente residente sulla Terra e quindi sarà più facile raggiungere e restare in zone più vicine, con conseguente maggiore facilità -per esempio- dello sviluppo del turismo spaziale.

D'altra parte va considerato che 50 anni non sono poi tanti, e le stazioni spaziali anche private di cui si parla oggi e che sicuramente vedranno presto la luce rappresenteranno veri e propri punti di innesco o insediamenti di supporto (una sorta di ville di campagna) per lo sviluppo dei quartieri, ma non molto di più. Infatti, tali stazioni così come oggi pensate saranno tutte di piccole dimensioni tali da ospitare un numero limitato di persone (<10).

C'è poi da ragionare sulla Luna. È ormai chiaro che la gravità terrestre rappresenta una forza troppo grande ed un dispendio non sostenibile per ogni sviluppo lontano dall'orbita bassa. L'utilizzo di risorse fuori dalla Terra è quindi elemento indispensabile per lo sviluppo della Città Cislunare, e se l'energia (solare) può essere raccolta in qualsiasi punto dello spazio, le materie prime possono essere invece recuperate dalla Luna (Tab.1).

Sarà perciò necessario prevedere diversi insediamenti industriali sulla superficie del satellite naturale, in LLO e nelle vicinanze. In realtà, con sforzi ingegneristici ed economici ulteriori, le materie prime si trovano anche sugli asteroidi² che si avvicinano di più alla Terra.

4. The Quarters/Districts

The configuration of the evaluated Cislunar City surroundings of the Earth is based on 12 quarters. It is natural and logical to think that their number is higher in the space surroundings of the Earth. Despite the apparent high number of the Cislunar City inhabitants, substantially humanity will stay resident on the Earth. So, it will be easier to reach and stay in nearby zones facilitating- as an example - the space tourism.

On the other hand, it must be considered that 50 years are not really too many and the space stations, also private, which are thought of today and will be soon in operation will act as triggering spots or support settlements (a kind of country villas) for the development of the City districts and not anything more. These stations, as they are thought of today will be all of small dimensions and will host a limited number of people (<10).

Next, let's talk of the Moon. It appears evident that the terrestrial gravity is a tremendous force which implies an unsustainable expenditure for each development far from the low orbit. The exploitation of resources outside the Earth is an indispensable element for the development of the Cislunar City. While the (solar) energy may be collected in whichever position in space, raw materials may be found on the Moon (Tab. 1)

That's why it will be necessary to foresee several industrial settlements on the surface of our natural satellite, in LLO and space surrounding. Further engineering and economical efforts may allow to find raw materials also on asteroids² which come in proximity of the Earth.

4. Les Quartiers / Districts

La configuration de la Cité Cislunaire étudiée est sur la base de 12 quartiers. Il est naturel et logique de penser que ceux-ci seront déséquilibrés en nombre vers la Terre pour la simple raison que, malgré le grand nombre apparent de personnes dans la ville, l'humanité restera substantiellement résidente sur Terre et donc il sera plus facile d'atteindre et rester dans des zones plus proches, ce qui facilite - par exemple - le développement du tourisme spatial.

En revanche, il faut considérer que 50 ans n'est pas si lointain, et les stations spatiales, même privées, dont nous parlons aujourd'hui et qui verront sûrement bientôt le jour représenteront de véritables points de déclenchement ou soutiendront des implantations (une sorte de villas de campagne) pour le développement du quartier, mais pas beaucoup plus.

En fait, ces stations, comme vous le pensez aujourd'hui, seront toutes suffisamment petites pour accueillir un nombre limité de personnes (<10).

Ensuite, il faut penser à la Lune. Il est maintenant clair que la gravité terrestre représente une force trop importante et une dépense insoutenable pour tout développement loin de l'orbite basse. L'utilisation de ressources dehors de la Terre est donc un élément indispensable pour le développement de la Cité Cislunaire, et si l'énergie (solaire) peut être collectée n'importe où dans l'espace, les matières premières peuvent autrement être récupérées sur la Lune (Tableau 1).

Il sera donc nécessaire de prévoir plusieurs implantations industrielles à la surface du satellite naturel, dans LLO et à proximité. En fait, grâce à des efforts d'ingénierie et économiques supplémentaires, des matières premières seront retrouvées également sur les astéroïdes² les plus proches de la Terre.

Tab. 1a - Quelques minéraux communs

Mineral	Elements
Plagioclase Felspato	Calcium (Ca) Aluminium (Al) Silicon (Si)
Pyroxene	Oxygen (O) Iron (Fe) Magnesium (Mg) Calcium (Ca) Silicon (Si)
Olivine	Oxygen(O) Iron (Fe) Magnesium (Mg) Silicon (Si) Oxygen (O)

Tab. 1b - Matériaux et substances d'intérêt

Water	(to extraction of Oxygen and Hydrogen, also for the propulsion)
Basalt	
Helium 3	(to feed nuclear fusion systems)
Palladium	(in depth)
Platinum	(in depth)
Rare Earths	
Titanium	

Alla luce di ciò, possiamo assumere la seguente configurazione, schematizzata in Fig. 3:

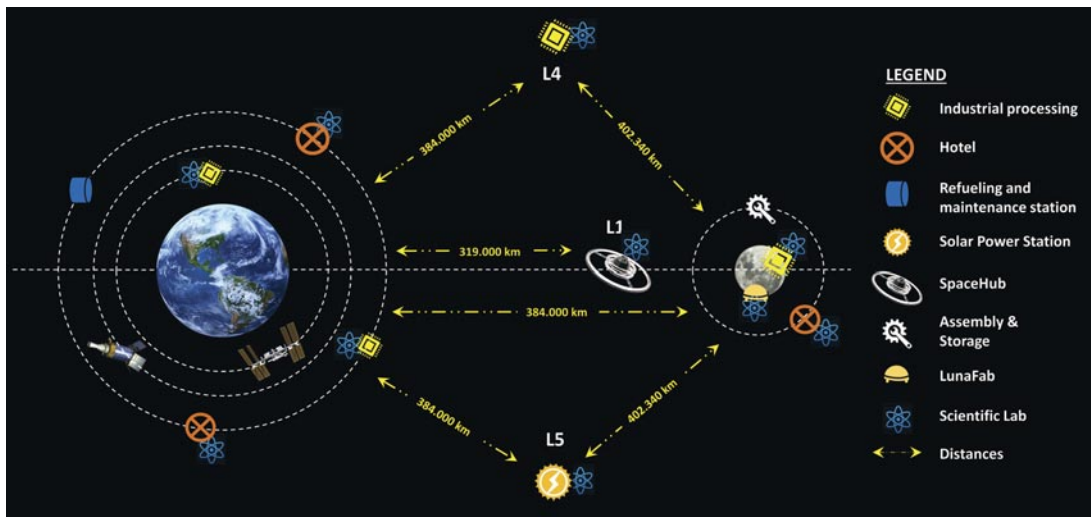
- LEO: 5 quartieri a prevalente indirizzo turistico, logistico, industriale (+ eventuali stazioni più piccole, assimilabili a “ville di campagna”)
- L1: 1 quartiere, nodo di interscambio multifunzionale e stazione di partenza verso Marte o asteroidi vicini, corrispondente allo SpaceHub [6,7]
- L4 e L5: 2 quartieri a prevalente indirizzo industriale
- LLO: 2 quartieri ad indirizzo turistico e logistico
- Luna: 2 quartieri prevalentemente industriali, di cui uno corrispondente al LunaFab [8,9]
- Ricerca: Le unità di ricerca saranno distribuite in quasi in tutti i quartieri, con prevalente attività scientifica sulle aree di competenza del quartiere specifico.

L'analisi delle funzioni ed il relativo dimensionamento consentono di ritenere plausibile il quadro generale di ripartizione riportato in Tab. 2, e caratterizzato essenzialmente da:

- 3 quartieri essenzialmente dedicati al sistema turistico
- 6 quartieri a prevalenza industriale (estrazione, trasformazione e distribuzione)
- 3 quartieri di carattere logistico
- Delle oltre 1000 persone, circa il 25% è assegnato all'industria, il 27% alla gestione, il 16% è dedicato alla ricerca, e circa un terzo sono ospiti o turisti.
- Una popolazione permanente in ciascun quartiere variabile da 50 a 150 unità, ovvero una media di 85 persone per quartiere.

I quartieri nello spazio avranno configurazioni simili allo SpaceHub [6,7] (Fig. 4), ovvero planetomorfi e rotanti sul proprio asse per produrre condizioni di gravità parziale. I quartieri sulla Luna saranno invece basati sull'approccio archeologico al fine di minimizzare l'impatto sulla superficie e ridurre costi/tempi di realizzazione [8].

Fig. 3 - Schéma des quartiers de la Cité Cislunare avec leurs prédominantes fonctions



So, it's possible to consider the configuration sketched in Fig.3:

- LEO: 5 quarters with prevailing tourist, logistic, industrial functions (+ eventual additional smaller stations, a sort of “country villas”)
- L1: 1 quarter, multifunctional interchange hub and starting station towards Mars or nearby asteroids, corresponding to the SpaceHub [6,7]
- L4 e L5: 2 quarters with prevailing industrial function
- LLO: 2 quarters with prevailing tourist and logistic function
- Moon: 2 quarters with prevailing industrial function, one of which corresponding to LunaFab [8,9]
- Research: The research units will be distributed in almost all quarters, with prevailing scientific activity corresponding to the specific quarter.

The analysis of the functions and the relative sizing make plausible the breakdown general picture reported in Tab. 2 and in summary characterised by:

- 3 quarters with a prevailing tourist function
- 6 quarters with a prevailing industrial function (extraction, transformation and distribution)
- 3 quarters with a prevailing logistic function
- 1000 inhabitants with about 25% allocated to industry, 27% to management, 16% dedicated to research and almost one third as guests or tourists
- A permanent population in each quarter variable between 50 and 150 units, with an average of 85 persons per quarter.

The quarters in the space will have a configuration similar to SpaceHub [6,7] (Fig. 4), i.e. planet-morph and rotating around their axis to generate conditions of partial gravity.

Instead, the quarters on the Moon will be based on the “archaeological” approach to minimise the impact on the surface and dropdown costs/times of realisation [8].

À la lumière de cela, nous pouvons supposer la configuration suivante, schématisée sur la figure 3 :

- LEO 5 quartiers avec une adresse touristique, logistique et industrielle prédominante (+ toutes petites gares, similaires aux « villas de campagne »)
- District de L1 1 quartier, nœud d'échange multifonctionnel et station de départ vers Mars ou les astéroïdes proches, correspondant au SpaceHub [6,7]
- Districts L4 et L5 2 quartiers avec une adresse industrielle prédominante
- Quartiers touristiques et logistiques LLO 2
- Luna 2 quartiers principalement industriels, dont l'un correspondant à LunaFab [8,9]
- Recherche : les unités de recherche seront réparties dans presque tous les districts, avec une activité principalement scientifique sur les domaines de compétence du district spécifique.

L'analyse des fonctions et le dimensionnement associé nous permettent de considérer le cadre général de distribution présenté dans le Tab.2 plausible, et essentiellement caractérisé par:

- 3 quartiers essentiellement dédiés au système touristique
- 6 districts industriels (extraction, transformation et distribution)
- 3 districts logistiques
- Sur plus de 1000 personnes, environ 25% sont affectées à l'industrie, 27% à la direction, 16% à la recherche et environ un tiers sont des hôtes ou des touristes
- Une population permanente dans chaque district allant de 50 à 150 unités, soit une moyenne de 85 personnes par district.

Les voisinages dans l'espace auront des configurations similaires au SpaceHub [6,7] (Fig. 4), c'est-à-dire « planétomorphes » et tournant sur leur propre axe pour produire des conditions de gravité partielle. Les quartiers de la Lune seront plutôt fondés sur l'approche archéologique afin de minimiser l'impact sur la surface et de réduire les coûts / délais de construction [8].

5. Macrofunzioni e Unità Funzionali Elementari

Le quattro macrofunzioni primarie che devono caratterizzare la Città Cislunare possono essere declinate con le seguenti definizioni generali:

- **Industria:** estrazione mineraria, raffinazione per separazione degli elementi costitutivi, costruzione semilavorati, produzione componenti, sottosistemi e sistemi; produzione energetica; produzione combustibili; ...
- **Ricerca:** caratterizzazione materiali, identificazione componenti primari solidi e gassosi, possibili applicazioni; scienza della vita, astronomia; planetologia; ricerca in ambiente a gravità ridotta; ...
- **Gestione:** conduzione del quartiere inclusi rifornimenti, manutenzione, riparazioni, sistema di trasporto verso gli altri siti della Città; comunicazioni; ...
- **Resort:** hotel, abitazioni, spazi comuni di socializzazione, mensa/bar, ...

Ogni quartiere, con le sue attività funzionali, sarà organizzato come un mix adeguato di unità funzionali.

Tab.2 - Répartition des fonctions dominantes et répartition des personnes entre les districts de la Cité Cislunaire

Zone	District	Main function	Population	Industry	Research	Management	Guests / Tourists
LEO	N. 1	Hotel	100		10	20	70
	N. 2	Hotel	150		15	30	105
	N. 3	Industrial Processing	80	40	15	20	5
	N. 4	Industrial Processing	80	40	15	20	5
	N. 5	Stazione di rifornimento e manutenzione	50	20		25	5
L1	N. 6 SpaceHub	Multifunctional interchange node. Departure station to Mars or Asteroids	100		33	34	33
L4/L5	N. 7	Solar Power Station	35	10		20	5
	N. 8	Industrial Processing	60	30	10	15	5
LLO	N. 9	Hotel	100		10	20	70
	N. 10	Assembly and Warehouse	40			35	5
Moon	N. 11 LunaFab	Industrial Processing: water extraction & processing (fuel production)	120	60	24	24	12
	N. 12	Industrial Processing: extraction and material processing (Helium 3, metals, silicon, ...)	100	50	30	10	10
TOTAL			1015	250	162	273	330

5. Macro-functions

and Functional Elementary Units

The four main macro-functions which characterise the Cislunar City may be declined by the following general definitions:

- **Industry:** mining, refining to separate constitutive elements, fabrication of semi-finished products, production of components, sub-systems and systems; energy generation; production of fuels; ...
- **Research:** material characterisation, identification of solid and gaseous primary components, potential applications; life science, astronomy; planetology; research in reduced gravity environment; ...
- **Management:** management of the quarter, including supplies, maintenance, repairs, transport network towards the other sites of the City; communications; ...
- **Resort:** hotel, lodging, common spaces of socialisation, cafeterias/bar, ...

Each quarter, with its functional activities, will be organised as an adequate mix of elementary functional units.

5. Macro-fonctions

et unités fonctionnelles élémentaires

Les quatre macro-fonctions principales qui doivent caractériser la Cité Cislunaire peuvent être déclinées avec les définitions générales suivantes:

- **Industrie :** extraction minière, raffinage par séparation des éléments constitutifs, construction de produits semi-finis, production de composants, sous-systèmes et systèmes ; production d'énergie ; production de carburant ; ...
- **Recherche :** caractérisation des matériaux, identification des composants primaires solides et gazeux, applications possibles ; science de la vie, astronomie ; planétologie ; recherche dans un environnement à gravité réduite ; ...
- **Gestion :** gestion du quartier comprenant les fournitures, l'entretien, les réparations, le système de transport vers d'autres sites de la Ville ; les communications ; ...
- **Resort :** hôtels, maisons, espaces communs de convivialité, cantine / bar, ...

Chaque quartier, avec ses activités fonctionnelles, sera organisé comme un mélange adéquat d'unités fonctionnelles élémentaires.

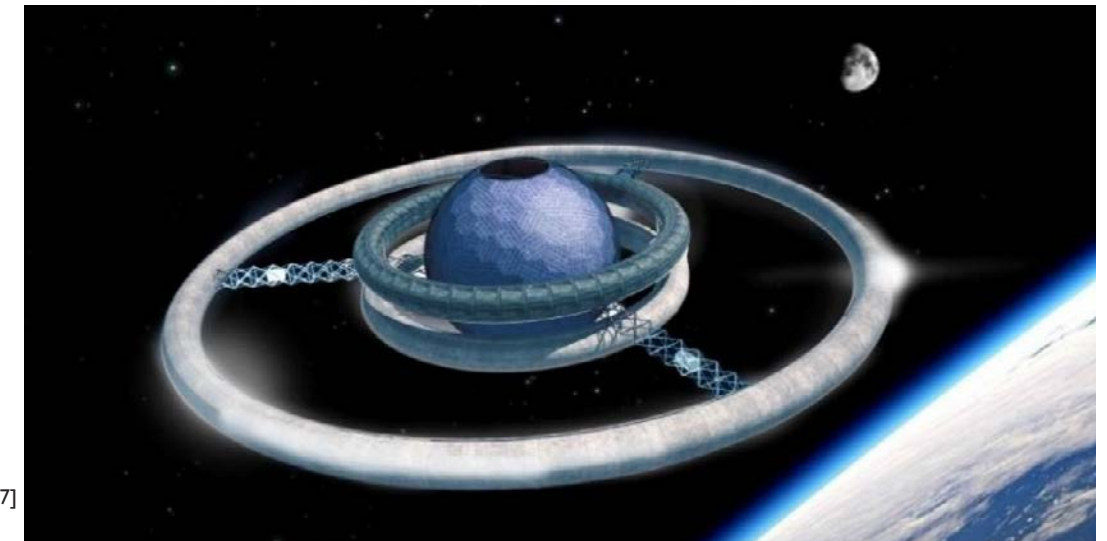


Fig. 4 - SpaceHub [6,7]

Una prima suddivisione e caratterizzazione delle unità funzionali elementari è la seguente:

- ▶ **Unità Industriale**
 - Macchine estrattive
 - Sistemi di trasformazione
 - Magazzino di stoccaggio
 - Rover di perlustrazione e perforazione
 - Sistemi di estrazione e immagazzinamento acqua
- ▶ **Unità di Ricerca**
 - Laboratorio di analisi chimica
 - Laboratorio di analisi fisica
 - Laboratorio di prove di caratterizzazione
 - Laboratori di analisi biochimica e biologica
 - Laboratorio “Analog” per viaggi in Deep Space
- ▶ **Unità di Gestione**
 - Sala controllo, ovvero quartier generale (governo)
 - Uffici
 - Approvvigionamenti
 - Magazzino generale
 - Infermeria / pronto soccorso
 - Coltivazioni
 - ECLSS (Environmental Control and Life Support System)
- ▶ **Resort**
 - Unità abitative da 1-2 posti
 - Spazi comuni di socializzazione
 - Mensa
 - Bar
 - Entertainment (sala giochi, sala proiezioni, salarionioni, ...)
 - Palestra
 - Soggiorno
 - Verde
 - Limitata zona Terraforming
- ▶ **Sistemi Generali**
 - Produzione (pannelli solari, unità di fissione o fusione nucleare) e distribuzione energia
 - Stoccaggio rifornimenti (acqua, combustibile, ...)
 - Sistema telecomunicazioni
 - Officina per rifornimento/manutenzione veicoli e mezzi di trasporto
 - Punto di allungaggio e eventuali mezzi di trasporto
 - Sistema di “biomasse” di scarto per produzione secondaria di metano (combustibile...)

A tentative subdivision and characterisation of the functional elementary units is in the following:

- ▶ **Industrial Unit**
 - Mining equipment
 - Processing systems
 - Warehouses
 - Searching and drilling rovers
 - Systems for the extraction and storage of water
- ▶ **Research Unit**
 - Chemical analysis laboratory
 - Physical analysis laboratory
 - Characterisation test laboratory
 - Biochemistry and Biology laboratory
 - “Analog” laboratory for Deep Space travel
- ▶ **Management Unit**
 - Control Room, i.e. general headquarter (local government)
 - Offices
 - Supplies
 - Warehouse
 - Infirmary / first aid
 - Crops
 - ECLSS (Environmental Control and Life Support System)
- ▶ **Resort**
 - 1-2 person lodging units
 - Common spaces of socialisation
 - Cafeteria
 - Bar
 - Entertainment (playroom, movie room, meeting room, ...)
 - Gymn
 - Rest areas
 - Green
 - Terraforming limited zone
- ▶ **General systems**
 - Production (solar panels, nuclear fission/fusion) and energy distribution
 - Supply storage (water, fuel, ...)
 - Telecommunication system
 - Shop for supply/maintenance of vehicles and transport systems
 - Moon landing platform and transfer vehicles
 - System of “biomass” wastes for the secondary production of methane (fuel, ...)

Une première subdivision et caractérisation des unités fonctionnelles élémentaires est la suivante :

- ▶ **Unité industrielle**
 - Machines extractives
 - Systèmes de transformation
 - Entrepôt de stockage
 - Rover d'exploration et de forage
 - Systèmes d'extraction et de stockage de l'eau
- ▶ **Unité de recherche**
 - Laboratoire d'analyses chimiques
 - Laboratoire d'analyses physiques
 - Laboratoire d'essais de caractérisation
 - Laboratoires d'analyses biochimiques et biologiques
 - Laboratoire « analogique » pour les voyages dans le Deep Space
- ▶ **Unité de gestion**
 - Salle de contrôle, c'est-à-dire siège (gouvernement)
 - Bureaux
 - Achats
 - Entrepôt général
 - Infirmerie / urgences
 - Cultures
 - ECLSS (Système de Contrôle Environnemental et de Vie)
- ▶ **Recours**
 - Logements de 1 à 2 places
 - Espaces communs de socialisation
 - Cantine
 - Café
 - Animation (salle de jeux, salle de projection, salle de réunion, ...)
 - Gym
 - Séjour
 - Vert
 - Zone de terraformation limitée
- ▶ **Systèmes généraux**
 - Production (panneaux solaires, unités de fission ou de fusion nucléaires) et distribution d'énergie
 - Stockage des fournitures (eau, carburant, ...)
 - Système de télécommunications
 - Atelier de ravitaillement / entretien des véhicules et moyens de transport
 - Point d'atterrissage lunaire et tout moyen de transport
 - Système de déchets « biomasse » pour la production secondaire de méthane (combustible ...)

6. Il Sistema di Trasporto

Come già detto, stimiamo che la Città Cislunare sarà servita da un sistema di trasporto complesso capace di garantire un flusso tra i vari quartieri e da/verso la Terra dell'ordine di 100000 passeggeri equivalenti all'anno. Questa stima potrebbe essere addirittura conservativa, come emerge dal confronto tra l'evoluzione del trasporto aereo civile nel XX secolo con le previsioni dell'evoluzione del trasporto spaziale in questo secolo (Fig. 5); si stima un miliardo di passeggeri spaziali all'anno entro la fine del 2100 [10,11].

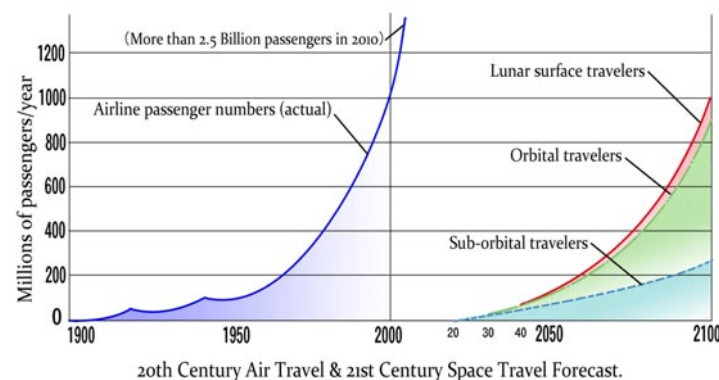
Il sistema sarà *multimodale* e *modulare*, basato su mezzi commerciali. Estrapolando l'attuale scenario tecnologico, potremmo assumere che nei prossimi quaranta o cinquant'anni il sistema di trasporto nella città cislunare vedrà ancora veicoli attualmente in fase di collaudo o studio avanzato. Sarebbe cioè lecito supporre che veicoli come SpaceX Starship, NASA Artemis/Orion ed altri in fase avanzata di progettazione, siano a quel tempo ancora operativi.

Proprio come un Airbus 320, la Starship avrebbe per esempio la capacità di trasportare 150 passeggeri dall'orbita bassa fino a una stazione di interscambio (lo SpaceHub) oppure verso altri quartieri della città. In realtà, ci sono due fattori che minano alla base questo ragionamento:

1. I sistemi oggi esistenti o in via di sviluppo arriveranno al 2069 al più come macchine alla fine del loro ciclo di vita e quindi sostanzialmente obsolete, peraltro progettate secondo criteri orientati più alla ricerca ed esplorazione tecnologica che ad un uso più comune e continuativo. Esse non saranno integrate al meglio in quella realtà e saranno percepite come oggi capita quando si vede una vecchia FIAT 600 per strada

2. Un sistema in grado di trasportare 150 persone tra quartieri con una popolazione dello stesso ordine di grandezza o addirittura minore non sarebbe giustificato. Equivarrebbe ad avere oggi all'aeroporto un aereo in grado di trasportare un milione di persone!

Fig. 5 – Transport aérien au XXe siècle et prévisions du transport spatial au XXIe siècle [10,11]



6. The Transportation System

As already mentioned, we estimate that the Cislunar City will be served by a complex transport system capable of guaranteeing a flow between the various districts to / from the Earth of the order of 100,000 passenger-equivalent per year. This estimate could even be conservative, as emerges from the comparison between the evolution of civil air transport in the twentieth century with the forecasts of the evolution of space transport in this century (Fig. 5); one billion space passengers per year are estimated by the end of 2100 [10,11]. The system will be multimodal and modular, based on commercial vehicles.

Extrapolating the current technological scenario, we could assume that in the next forty or fifty years the transport system in the Cislunar City will still see vehicles today undergoing testing or advanced study. That is, it would be reasonable to assume that vehicles such as SpaceX Starship, NASA Artemis/Orion and others at an advanced stage of design, will still be operational at that time. Just like an Airbus 320, the Starship would for example have the capacity to carry 150 passengers from LEO to an interchange station (the SpaceHub) or to other districts of the city. In fact, there are two factors that undermine this reasoning:

1. The systems operating or under development today will arrive by 2069 at most as machines at the end of their life cycle and therefore they will be substantially obsolete at that time, moreover designed according to criteria oriented more to research and technological exploration than to a more common and continuous use. They will not be fully integrated into that reality and will be perceived as it happens today when you see an old FIAT 600 on the street

2. A system capable of transporting 150 people amongst neighborhoods with a population of the same order of magnitude or even smaller would not be justified. It would be equivalent to having an aircraft capable of carrying one million people today!

6. Le système de transport

Comme déjà mentionné, nous estimons que la Cité Cislunaire sera desservie par un système de transport complexe capable de garantir un flux entre les différents quartiers et vers / depuis la Terre de l'ordre de 100.000 équivalents passagers par an. Cette estimation pourrait même être conservatrice, comme cela ressort de la comparaison entre l'évolution du transport aérien civil au XXe siècle et les prévisions de l'évolution du transport spatial au cours de ce siècle (Fig. 5) ; on estime à un milliard de passagers de l'espace par an d'ici la fin de 2100 [10,11].

Le système sera multimodal et modulaire, basé sur des moyens commerciaux. En extrapolant le scénario technologique actuel, nous pourrions supposer que dans les quarante ou cinquante prochaines années, le système de transport de la Cité Cislunaire verra encore des véhicules en cours de test ou d'étude avancée.

Autrement dit, il serait raisonnable de supposer que des véhicules tels que SpaceX Starship, NASA Artemis / Orion et d'autres à un stade avancé de conception, seront toujours opérationnels à ce moment-là. Tout comme un Airbus 320, le Starship aurait par exemple la capacité de transporter 150 passagers d'une orbite basse vers une station d'échange (le SpaceHub) ou vers d'autres quartiers de la ville. En fait, deux facteurs sapent ce raisonnement:

1. Les systèmes existants aujourd'hui ou en cours de développement arriveront d'ici 2069 au plus sous forme de machines en fin de vie et donc sensiblement obsolètes, par ailleurs conçues selon des critères orientés davantage vers la recherche et l'exploration technologique que vers une utilisation plus courante et continue. Ils ne seront pas pleinement intégrés dans cette réalité et seront perçus comme cela se produit aujourd'hui lorsque vous voyez une vieille FIAT 600 dans la rue.

Riteniamo perciò plausibile e bilanciato prevedere sistemi di trasporto in media da 10 pax-eq, dove “passenger-equivalent” corrisponde ad un posto-passeggero o ad un’equivalente massa e volume di merci, oltre a 9 t di carico merci. Questo significa che un mezzo di trasporto potrà portare mediamente 10 persone + 9 t di merci oppure 10 t di merci per circa 30 m³ complessivi di carico utile.

Tenuto conto del numero medio di persone per quartiere (85 unità), è corretto stimare un arrivo ed una partenza al giorno (terrestre) per i quartieri turistici, traffico che si raddoppia per i siti industriali e si triplica per quelli logistici. Il conseguente quadro del traffico passeggeri/merci nella Città Cislunare è riportato in Tab. 3, nell’ipotesi di 5 giorni lavorativi settimanali in 52 settimane all’anno.

Come si vede, si tratta di un traffico annuo di circa 120000 passeggeri e oltre 100000 t di merci.

We therefore believe it is plausible and balanced to forecast transport systems of 10 pax-eq in average, where "passenger-equivalent" corresponds to a passenger seat or an equivalent mass and volume of goods, in addition to 9 tons of cargo. This means that a transportation system will be able to carry on average 10 people + 9 t of goods or 10 t of goods for a total of about 30 m³ of payload. Taking into account the average number of people per district (85 units), it is correct to estimate one arrival and one departure per terrestrial-day for tourist districts, traffic that doubles for industrial sites and triples for logistic ones. The resulting picture of passenger/freight traffic in the Cislunar City is shown in Tab. 3, in the hypothesis of 5 working days per week in 52 weeks a year.

As can be seen, this is an annual traffic of about 120,000 passengers and over 100,000 tonnes of goods.

2. Un système capable de transporter 150 personnes entre des quartiers ayant une population du même ordre de grandeur ou même inférieure ne serait pas justifié. Ce serait l'équivalent d'avoir un avion capable de transporter un million de personnes à l'aéroport aujourd'hui !

Nous pensons donc qu'il est plausible et équilibré de prévoir des systèmes de transport en moyenne de 10 pax-eq, où « équivalent passager » correspond à un siège passager ou à une masse et un volume de marchandises équivalents, en plus de 9 tonnes de fret. Cela signifie qu'un moyen de transport pourra transporter en moyenne 10 personnes + 9 t de marchandises ou 10 t de marchandises pour un total d'environ 30m³ de charge utile. Compte tenu du nombre moyen de personnes par quartier (85 unités), il est correct d'estimer une arrivée et un départ par jour (terrestre) pour les quartiers touristiques, trafic qui double pour les sites industriels et triple pour les sites logistiques.

L'image résultante du trafic passagers / fret dans la Cité Cislunaire est présentée dans le tableau 3, dans l'hypothèse de 5 jours ouvrables par semaine en 52 semaines par an.

Comme on peut le voir, il s'agit d'un trafic annuel d'environ 120.000 passagers et plus de 100.000 t de marchandises.

Tab. 3 – Flux de transport de passagers et fret

Zone	District	Main function	Population	Arrivals/ departures per day	Daily Transport Flow		Weekly Transport Flow		Yearly Transport Flow	
					pax-eq	cargo [t]	pax-eq	cargo [t]	pax-eq	cargo [t]
LEO	N. 1	Hotel	100	2	20	18	100	90	5200	4680
	N. 2	Hotel	150	2	20	18	100	90	5200	4680
	N. 3	Industrial Processing	80	4	40	36	200	180	10400	9360
	N. 4	Industrial Processing	80	4	40	36	200	180	10400	9360
	N. 5	Stazione di rifornimento e manutenzione	50	6	60	54	300	270	15600	14040
L1	N. 6 SpaceHub	Multifunctional interchange node. Departure station to Mars or Asteroids	100	6	60	54	300	270	15600	14040
L4/L5	N. 7	Solar Power Station	35	2	20	18	100	90	5200	4680
	N. 8	Industrial Processing	60	4	40	36	200	180	10400	9360
LLO	N. 9	Hotel	100	2	20	18	100	90	5200	4680
	N. 10	Assembly and Warehouse	40	6	60	54	300	270	15600	14040
Moon	N. 11 LunaFab	Industrial Processing: water extraction & processing (fuel production)	120	4	40	36	200	180	10400	9360
	N. 12	Industrial Processing: extraction and material processing (Helium 3, metals, silicon, ...)	100	4	40	36	200	180	10400	9360
TOTAL			1015	46	460	414	2300	2070	119600	107640

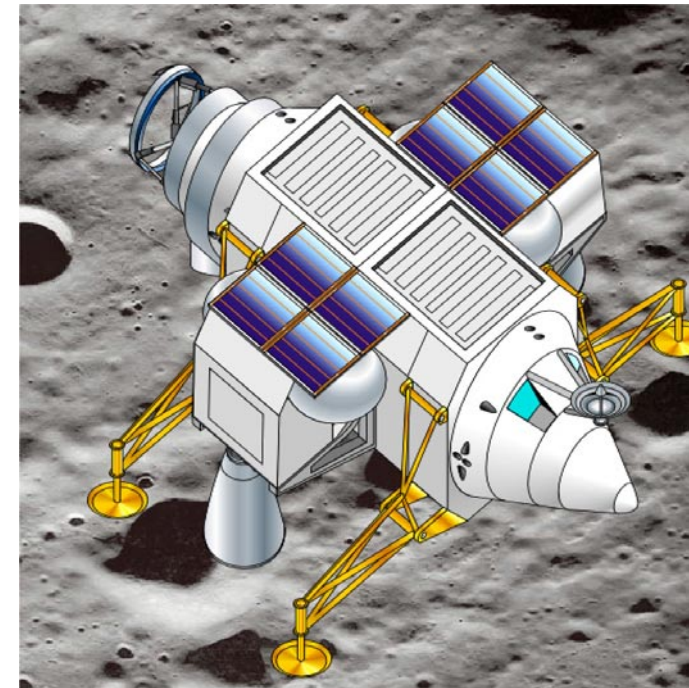


Fig. 6 - Véhicule de transport possible

Le 46 partenze/arrivi quotidiani potranno essere garantite da una flotta di 22 mezzi di trasporto ai quali vanno aggiunti 5 (20%) che si assume siano a rotazione in manutenzione.

Al fine di ridurre i costi di sviluppo (non ricorrenti), i 27 mezzi saranno tutti uguali (Fig. 6) con diverse motorizzazioni.

La massa media di questi veicoli è stata assunta pari a 40 t (per confronto, Starship di SpaceX ha una massa di 120 Mg con una capacità di circa 100 Mg di payload – passeggeri+cargo). Nel solo caso di lancio dalla Terra, il mezzo “standard” sarà associato ad un primo stadio booster indispensabile per raggiungere la velocità di fuga dal campo gravitazionale.

Con riferimento alle attuali tecnologie, i sistemi avranno maggiori performance ed anche le “rotte” (ovvero le traiettorie d’orbita) saranno più rapide anche grazie ad una maggiore capacità di combustibile e quindi una maggiore disponibilità di ΔV . Stimiamo che tale incremento possa essere dell’ordine del 100%, sommando i vari fattori. Ne consegue una riduzione dei tempi di viaggio sulle varie rotte di circa il 25%. Tenendo conto di questi fattori, la flotta menzionata di 22 veicoli operativi riuscirà a realizzare un ciclo completo di tutte le rotte in circa 36 ore (1.5 giorni terrestri), che corrisponde a circa 17 cicli completi per ogni giorno lunare.

Il combustibile prodotto sulla Luna sarà trasportato in grandissima parte (circa il 90%) ai quartieri N° 5 (LLO) e 6 (SpaceHub in L1), ma anche verso gli altri quartieri. Il combustibile prodotto sulla Luna servirà in larga parte per alimentare le necessità di trasporto da LLO/L1 per missioni di esplorazione verso Marte, asteroidi vicini ed altro. Servirà anche per missioni nell’ambito della Città Cislunare verso i quartieri in LEO e verso la Terra. Per le partenze dalla Terra, invece il combustibile sarà fornito ovviamente dalla produzione terrestre.

The 46 daily departures/arrivals can be guaranteed by a fleet of 22 vehicles plus 5 (20%) assumed to be in rotation maintenance. In order to reduce (non-recurring) development costs, the 27 vehicles will all be identical (Fig. 6) with different engines.

The average mass of these vehicles was assumed to be 40 Mg (for the sake of comparison, SpaceX's Starship has a mass of 120 Mg with a payload capacity of about 100 Mg - passengers+cargo). Only in the case of launch from Earth, the “standard” vehicle will be associated with a first booster stage which is essential to reach the escape velocity from the gravitational field.

With reference to current technologies, the systems will have better performance and the “routes” (i.e. the orbital trajectories) will be faster thanks to greater fuel capacity and therefore greater availability of delta-V. We estimate that this increase can be of the order of 100%, summing up all factors.

As a result, travel times on the various routes are reduced by approximately 25%. Taking these factors into account, the aforementioned fleet of 22 operational vehicles will be able to complete a full cycle of all routes in approximately 36 hours (1.5 Earth days), which corresponds to approximately 17 full cycles for each lunar day.

The fuel produced on the Moon will be transported in large part (about 90%) to the districts N. 5 (LLO) and 6 (SpaceHub in L1), and to the other districts as well. The Moon fuel will largely be used to satisfy the transportation needs for exploration missions to Mars, nearby asteroids and mostly starting from LLO/L1; it will also be used for missions within the Cislunar City to the neighborhoods in LEO and to the Earth. For departures from Earth, however, the fuel will obviously be supplied by terrestrial production.

Les 46 départs / arrivées quotidiens peuvent être garantis par une flotte de 22 moyens de transport auxquels il faut ajouter 5 (20%), qui sont supposés être en rotation de maintenance. Afin de réduire les coûts de développement (non récurrents), les 27 véhicules seront tous identiques (Fig. 6) avec des moteurs différents.

La masse moyenne de ces véhicules était supposée être de 40 t (à titre de comparaison, le vaisseau spatial de SpaceX a une masse de 120 Mg avec une capacité de charge utile d'environ 100 Mg - passagers + fret). Uniquement en cas de lancement depuis la Terre, le véhicule « standard » sera associé à un premier étage propulseur indispensable pour atteindre la vitesse de sortie du champ gravitationnel. En référence aux technologies actuelles, les systèmes auront de meilleures performances et aussi les « itinéraires » (c'est-à-dire les trajectoires orbitales) seront plus rapides également grâce à une plus grande capacité de carburant et donc une plus grande disponibilité de ΔV . Nous estimons que cette augmentation peut être de l'ordre de 100%, en additionnant les différents facteurs.

En conséquence, les temps de trajet sur les différents itinéraires seront réduits d'environ 25%. Compte tenu de ces facteurs, la flotte susmentionnée de 22 véhicules opérationnels sera en mesure d'effectuer un cycle complet de tous les itinéraires en environ 36 heures (1,5 jour terrestre), ce qui correspond à environ 17 cycles complets pour chaque jour lunaire

Le carburant produit sur la Lune sera transporté en grande partie (environ 90%) vers les quartiers N°5 (LLO) et 6 (SpaceHub en L1), mais aussi vers les autres quartiers.

Le carburant produit sur la Lune servira en grande partie à répondre aux besoins de transport de LLO / L1 pour les missions d'exploration vers Mars, les astéroïdes à proximité et plus encore; il sera également utilisé pour des missions dans la Cité Cislunaire dans les quartiers de LEO et sur la Terre. Pour les départs de la Terre, cependant, le carburant sera évidemment fourni par la production terrestre.

Tra 50 anni riteniamo possibile che il 40% del trasporto sia basato su propulsione nucleare, tenendo conto di complessità tecnologiche e di sicurezza (affidabilità e radiazioni, in primis) oltre che dell'accettabilità da parte dell'opinione pubblica.

È auspicabile e ritenuto possibile che la propulsione nucleare sia basata sulla fusione, con il beneficio della disponibilità di grandi quantità di Elio 3 sulla Luna. Un 30% del trasporto sarà basato su propulsione elettrica, mentre la rimanente parte (circa 30%) utilizzerà propulsione criogenica LOX-LH2.

Il sistema di trasporto sarà probabilmente basato su soluzioni ibride:

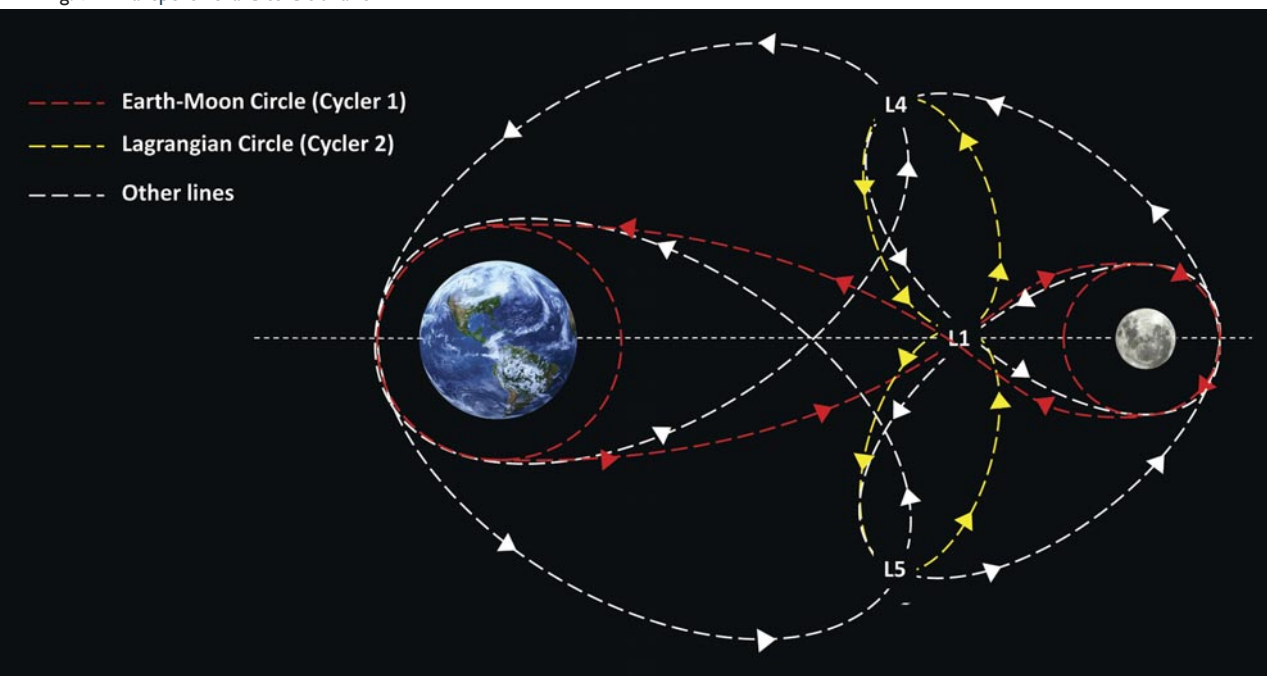
a) mezzi di trasporto ad alta efficienza per percorsi circolari medio-lunghi, con propulsione a fusione nucleare, come il Lunar Cycler ipotizzato da Edwin "Buzz" Aldrin [12] (una sorta di TAV terrestre). Questi costituiscono la rete Metropolitana Cislunare; più specificamente ipotizziamo due linee: la circolare "Terra-Luna" (Cycler 1) che girerà continuamente tra LEO e LLO passando per L1, e la circolare "Lagrangiani" (Cycler 2) che collegherà L1-L4-L5

b) mezzi di trasporto di uso più comune e meno veloce, come un treno intercity, a propulsione chimica o ad energia elettrica (prodotta ed accumulata nel quartiere N°7 ed adeguatamente distribuita).

La mappa schematica e semplificata delle linee di trasporto è riportata in Fig. 7, dove ovviamente ogni linea è un'orbita più o meno complessa.

Le tratte (orbite) avranno caratteristiche molto diverse a seconda dei vari parametri in gioco e principalmente la massa del mezzo di trasporto, le caratteristiche del suo sistema di propulsione (impulso specifico, Isp) e la quantità di combustibile disponibile. Questi due ultimi elementi definiscono il budget di spinta (o di variazione di velocità, ΔV) con il quale si effettuano le manovre d'orbita

Fig. 7 – Transport de la Cité Cislunaire



In 50 years from now we believe it is possible that 40% of transport is based on nuclear propulsion, taking into account technological and safety complexities (reliability and radiation, above all) as well as public acceptability. It is desirable and thought possible that nuclear propulsion is based on fusion, with the benefit of the availability of large quantities of Helium 3 on the Moon.

An additional 30% of the transport will be based on electric propulsion, while the remaining part (about 30%) will use LOX-LH2 cryogenic propulsion.

The transport system will probably be based on hybrid solutions:

a) highly efficient vehicles for medium-long circular routes, with nuclear fusion propulsion, such as the Lunar Cycler hypothesized by Edwin "Buzz" Aldrin [12] (a sort of terrestrial HST). These constitute the Cislunar Metropolitan net; more specifically we hypothesize two lines: the "Earth-Moon" Circle (Cycler 1) which will run continuously between LEO and LLO passing through L1, and the "Lagrangian" Circle (Cycler 2) which will connect L1-L4-L5

b) vehicles of more common use and less fast, similar to intercity trains, with chemical propulsion or electrical one (produced and stored in the district N. 7 and adequately distributed).

The schematic and simplified map of the transport lines is shown in Fig. 7, where obviously each line is a more or less complex orbit.

The routes (orbits) will have very different characteristics depending on the various parameters involved and mainly the mass of the vehicle, the characteristics of its propulsion system (specific impulse, Isp) and the amount of fuel available. These last two elements define the thrust budget (or overall speed variation, ΔV) with which the orbit manoeuvres are carried out.

Dans 50 ans, nous pensons qu'il est possible que 40% des transports soient basés sur la propulsion nucléaire, en tenant compte des complexités technologiques et de sécurité (fiabilité et rayonnement, surtout) ainsi que de l'acceptabilité publique.

Il est souhaitable et jugé possible que la propulsion nucléaire soit fondée sur la fusion, avec l'avantage de la disponibilité de grandes quantités d'Hélium 3 sur la Lune. 30% du transport sera basé sur la propulsion électrique, tandis que le reste (environ 30%) utilisera la propulsion cryogénique LOX-LH2.

Le système de transport sera probablement basé sur des solutions hybrides:

a) des moyens de transport très efficaces pour des cheminements circulaires de longueur moyenne, avec propulsion par fusion nucléaire, comme le Lunar Cycler hypothèse par Edwin « Buzz » Aldrin [12] (sorte de TGV terrestre). Ceux-ci constituent le réseau souterrain de Cislunaire ; plus précisément nous émettons l'hypothèse de deux lignes directes : la circulaire « Terre-Lune » (Cycler 1) qui fonctionnera en continu entre LEO et LLO passant par L1, et la circulaire « Lagrangienne » (Cycler 2) qui reliera L1-L4-L5

b) des moyens de transport à usage plus courant et moins rapides, comme un train interurbain, à propulsion chimique ou électrique (produits et stockés dans le quartier N°7 et correctement distribués).

La carte schématique et simplifiée des lignes de transport est représentée sur la figure 7, où évidemment chaque ligne est une orbite plus ou moins complexe. Les itinéraires (orbites) auront des caractéristiques très différentes en fonction des différents paramètres impliqués et principalement de la masse du moyen de transport, des caractéristiques de son système de propulsion (impulsion spécifique, Isp) et de la quantité de carburant disponible.

La Tab. 4 riporta per ogni rotta il tipo di mezzo/propulsione, le caratteristiche principali, la quantità di propellente necessario, il tempo di viaggio, i consumi medi. Considerata l'evoluzione tecnologica che ci sarà nei prossimi decenni, si è considerato un aumento delle performance dell'ordine del 20%, insieme ad una disponibilità raddoppiata di ΔV , con conseguente maggiore possibilità di manovre orbitali (accelerazioni /decelerazioni) che si traducono in una riduzione dei tempi di viaggio.

Si sottolinea che dai dati riportati si ricava ad esempio che la quantità di propellente chimico (LOX-LH2) necessario ogni anno per i mezzi dotati di propulsione corrispondente è di 190000 Mg (ovvero tonnellate), e questo rappresenta un possibile requisito per le attività estrattive sulla Luna e relativa produzione di combustibili. Si sottolinea inoltre che nelle valutazioni fatte sui sistemi di trasporto non si è tenuto conto dei mezzi speciali che saranno usati per missioni su Marte ed asteroidi vicini. Per queste missioni, che resteranno sostanzialmente di tipo scientifico per evolvere più in là verso approcci commerciali, si possono stimare 4 partenze all'anno dalla Città Cislunare con un consumo di circa 1200 Mg/anno di LOX-LH2 o equivalenti per altro tipo di propulsione.

Tab. 4a - Principales caractéristiques du système de transport sur des itinéraires sans retour

From	To	Type of propulsion	I_{sp} [s]	Total ΔV [km/s]	Vehicle Mass (m_v) [Mg]	Total Mass (m_v+m_p) [Mg]	Propellant Mass (m_p) [Mg]	2070 Trip Duration [hour] (-25% thanks to higher ΔV)
Earth	LEO N°x	Chemical LOX/LH2	522	10,0	120	848	728	4,5
LEO N°x	LEO N°y	Chemical LOX/LH2	522	8,5	40	210	170	4,5
LEO	L1	Chemical LOX/LH2	522	7,5	40	175	135	45,0
	L4/L5	Nuclear Fusion	3000	8,0	40	52	12	52,5
	LLO	Nuclear (Clycler1)	1000	8,1	40	91	51	52,5
	Moon	Chemical LOX/LH2	522	11,9	40	406	366	60,0
L1	LEO	Chemical LOX/LH2	522	1,5	40	54	14	45,0
	L4/L5	Nuclear (Clycler2)	1000	0,7	40	43	3	52,5
	LLO	Electric	5000	1,3	40	47	7	9,0
	Moon	Nuclear Fusion	3000	5,0	40	113	73	15,0
L4/L5	LEO	Chemical LOX/LH2	522	2,0	40	59	19	45,0
	L1	Nuclear (Clycler2)	1000	0,7	40	43	3	52,5
	LLO	Electric	5000	2,0	40	42	2	52,5
	Moon	Nuclear Fusion	3000	5,2	40	48	8	52,5
LLO	LEO	Nuclear (Clycler1)	1000	1,8	40	48	8	52,5
	L1	Electric	5000	1,3	40	41	1	9,0
	L4/L5	Electric	5000	2,0	40	42	2	52,5
	Moon	Plasma (electric)	10000	3,7	40	50	10	1,5
Moon	LEO	Chemical LOX/LH2	522	5,5	40	117	77	60,0
	L1	Nuclear Fusion	3000	5,0	40	113	73	15,0
	L4/L5	Nuclear Fusion	3000	5,2	40	48	8	52,5
	LLO	Plasma (electric)	10000	3,7	40	50	10	1,5

Tab. 4 shows for each route the type of vehicle/propulsion, the main characteristics, the quantity of propellant needed, the travel time, the average consumption.

Considering the technological evolution that will take place in the next decades, an increase in performance of the order of 20% has been considered, together with a doubled availability of ΔV , with a consequent greater possibility of orbital maneuvers (accelerations/decelerations) which result in a reduction of travel times.

It should be emphasized that the data reported show for example that the quantity of chemical propellant (LOX-LH2) required each year by the vehicles equipped with the corresponding propulsion is 190000 Mg (i.e. tonnes), and this represents a possible requirement for the mining activities on the Moon and related fuel production.

It is also underlined that in the assessments made on the transport systems, special means that will be used for missions to Mars and nearby asteroids have not been taken into account. For these missions, which will remain essentially scientific, four departures per year from the Cislunar City can be estimated with a consumption of about 1200 Mg/year of LOX-LH2 or equivalent for other types of propulsion.

Type of propulsion	Number of trips per shift	%	Average consumption per trip [Mg]
Chemical LOX/LH2 "Earth launch"	1	5%	728
Chemical LOX/LH2	6	27%	130
Electric	6	27%	5
Nuclear	9	41%	26

Ces deux derniers éléments définissent le budget de poussée (ou variation de vitesse, ΔV) avec lequel les manœuvres orbitales sont effectuées. Le tableau 4 montre pour chaque itinéraire le type de véhicule / propulsion, les principales caractéristiques, la quantité de propulseur nécessaire, le temps de parcours, la consommation moyenne.

Compte tenu de l'évolution technologique qui aura lieu dans les prochaines décennies, une augmentation des performances de l'ordre de 20% a été envisagée, ainsi qu'une disponibilité doublée de ΔV , avec une plus grande possibilité de manœuvres orbitales (accélérations / décélérations) qui se traduisent par une réduction des temps de trajet.

Il convient de souligner que les données rapportées montrent par exemple que la quantité d'agent propulseur chimique (LOX-LH2) requise chaque année pour les véhicules équipés de la propulsion correspondante est de 190.000 Mg (soit des tonnes), ce qui représente une exigence possible pour les activités minières de la Lune et la production de carburant connexe.

Il est également souligné que dans les évaluations effectuées sur les systèmes de transport, les moyens spéciaux qui seront utilisés pour les missions vers Mars et les astéroïdes proches n'ont pas été pris en compte. Pour ces missions, qui resteront substantiellement de type scientifique pour évoluer ultérieurement vers des approches commerciales, 4 départs par an de la Cité Cislunaire peuvent être estimés avec une consommation d'environ 1200 Mg / an de LOX-LH2 ou équivalent pour un autre type de propulsion.

Tab. 4b - Système de transport - temps de trajet moyen

7. L'Economia nella Città Cislunare

L'economia della Città Cislunare rappresenta il valore creato dalle attività di ricerca e sviluppo, estrazione materie prime, trasformazione e produzione, fabbricazione, utilizzo, servizi (manutenzione, riparazione, turismo, sanità, entertainment, ecc.) e vita corrente della popolazione permanente di circa 1000 persone. Un sistema di trasporto spaziale ad elevata affidabilità e basso costo corrente è alla base dello sviluppo della Città Cislunare.

La struttura dell'economia della Città Cislunare può essere descritta dalla seguente struttura ad albero di alto livello:

- ▶ **Sistema di Trasporto**
 - Navette per il collegamento tra Terra e LEO
 - Rete Metropolitana Cislunare (Cyclers):
 - Linea Terra-Luna (Cyclers 1)
 - Linea Lagrangiani (Cyclers 2)
 - Navette per il collegamento tra LLO e Luna
 - Stazione di rifornimento e manutenzione
 - Nodo di interscambio multifunzionale. Stazione di partenza verso Marte o Asteroidi
- ▶ **Sistema Industriale**
 - Siti di trasformazione industriale
 - Siti lunari industriali per estrazione e processamenti (extraction & processing), inclusa produzione propellenti
 - Solar Power Station
 - Assemblaggio e magazzino
- ▶ **Sistema Turistico**
 - Hotels
 - Resort
- ▶ **Sistema di Ricerca Scientifica e Tecnologica**
 - Laboratori Scientifici in quasi tutti i quartieri
 - Missioni di esplorazione verso Marte e gli Asteroidi "vicini"

La distribuzione delle attività dei quartieri della Città Cislunare rispetto a questa struttura economica è riportata in Tab. 5. le singole categorie per stimarne la rappresentatività economica.

7. The Cislunar City Economy

The economy of the Cislunar City represents the value created by the activities of research and development, extraction of raw materials, processing/transformation and production, manufacture, use, services (maintenance, repair, tourism, health, entertainment, etc.) and current life of the 1000-person permanent population. A highly reliable, low-cost space transport system is paramount for the development of the Cislunar City.

The economy structure of the Cislunar City can be described by the following high-level tree structure:

- ▶ **Transport System**
 - Shuttles connecting Earth and LEO
 - Cislunare Metropolitan network (Cyclers):
 - Earth-Moon Circle (Cyclers 1)
 - Lagrangian Circle (Cyclers 2)
 - Shuttles connecting LLO and Moon surface
 - Refueling and Maintenance Station
 - Multifunctional interchange node. Departure station to Mars or nearby Asteroids
- ▶ **Industrial System**
 - Industrial Processing Sites
 - Industrial lunar Processing Site for water extraction & processing (fuel production)
 - Solar Power Station
 - Assembly and Warehouse
- ▶ **Tourist System**
 - Hotels
 - Resort
- ▶ **Scientific and Technological Research System**
 - Scientific Laboratories distributed in almost all districts
 - Exploration Missions towards Mars and nearby Asteroids

The activities breakdown of the districts of the Cislunar City with respect to this economic structure is shown in Tab. 5.

Let's analyse the individual categories to estimate their economic representativeness.

7. L'économie de la Cité Cislunaire

L'économie de la Cité Cislunaire représente la valeur créée par les activités de recherche et développement, d'extraction de matières premières, de transformation et de production, de fabrication, d'utilisation, de services (entretien, réparation, tourisme, santé, divertissement, etc.) et la vie actuelle de la population permanente d'environ 1000 personnes.

Un système de transport spatial très fiable et à faible coût est à la base du développement de la Cité Cislunaire.

La structure économique de la Cité Cislunaire peut être décrite par cette structure :

- ▶ **Système de transport**
 - Navettes pour la connexion entre Terre et LEO
 - Réseau métropolitain Cislunaire (cycleur / s):
 - Ligne Terre-Lune (Cycleur 1)
 - Ligne lagrangienne (Cycleur 2)
 - Navettes pour la connexion entre LLO et la surface lunaire
 - Station de ravitaillement et de maintenance
 - Nœud d'échange multifonctionnel. Gare de départ vers Mars ou [45](#) Astéroïdes
- ▶ **Système industriel**
 - Sites de transformation industrielle
 - Sites lunaires industriels pour l'extraction et le traitement, y compris la production de propulseurs
 - Centrale solaire
 - Montage et entrepôt
- ▶ **Système touristique**
 - Hôtels
 - Resorts
- ▶ **Système de recherche scientifique et technologique**
 - laboratoires scientifiques dans presque tous les quartiers
 - missions d'exploration sur Mars et les astéroïdes proches

La répartition des activités des quartiers par rapport à cette structure économique est présentée dans le tableau 5.

Nous analysons les différentes catégories pour estimer leur représentativité économique.

Infrastrutture

La più importante infrastruttura spaziale mai realizzata è la Stazione Spaziale Internazionale, costata circa 150 G€. Ad essa facciamo riferimento, considerato che anche in questo ambito la futura discesa in campo dei privati introdurrà fattori di economicità che si aggiungeranno a quelli legati all'aumento dell'esperienza umana per l'accumulo di attività e sviluppo di tecnologie.

Scalando allora i costi della ISS per effetto del rapporto tra i volumi costruiti della ISS a quelli dello SpaceHub [6] ed applicando un fattore complessivo di economicità del 40%, arriviamo a stimare il costo dello SpaceHub in 960 G€.

Il costo di investimento dei 12 quartieri può essere ottenuto tenendo quindi conto anche della diversa complessità dei singoli insediamenti, oltre che di un seppur piccolo beneficio derivante dall'utilizzazione di uno stesso progetto per gruppi di quartieri. Ad esempio, i quartieri destinati prevalentemente alla funzione turistica (hotel), possono derivare tutti dalla progettazione dello SpaceHub.

Ebbene, con questo approccio, stimiamo in circa 6.9 T€ il valore economico delle infrastrutture.

Per quanto riguarda il costo annuo, si stima un 2% di valore dell'investimento iniziale per la manutenzione e l'1% per la gestione. L'investimento è considerato da ammortizzare in 50 anni. Il costo annuale risulta così di circa 346 G€.

Sistema di Trasporto

Il costo di sviluppo del sistema di trasporto è stimato a partire da dati disponibili. In particolare si fa riferimento a Starship di SpaceX che è il progetto commerciale più grande al momento in sviluppo, un sistema di trasporto capace di portare 100 Mg di payload il cui costo di sviluppo è indicato tra 5 e 10 G€.

Infrastructures

The most important space infrastructure ever built is the International Space Station, which cost around € 150 billion.

We refer to it in the following, also considering that the future role of entrepreneurs will introduce cost reduction factors that will add to those linked to the increase of human experience in terms of activities and technologies.

So, by scaling the costs of the ISS as function of the ratio between the volumes of the ISS to those of the SpaceHub [6] and applying an overall cost-effectiveness factor of 40%, we come to an estimation of the cost of the SpaceHub at € 960 billion.

The investment cost of the 12 districts can be obtained therefore also taking into account the different complexity of the individual settlements, as well as a small benefit deriving from the use of the same design for groups of neighborhoods. For example, the districts intended mainly for the tourist function (hotels) can all derive from the design of the SpaceHub.

Thus, with this approach, we estimate the economic value of the infrastructures to be around € 6.9 trillion.

As for the annual cost, it is estimated a 2% value of the initial investment for maintenance and 1% for management.

The investment is considered to be amortized over 50 years. The annual cost is thus approximately € 346 billion.

Transportation System

The cost of developing the transport system is estimated from available data. In particular, reference is made to SpaceX's Starship which is the largest commercial project currently under development, a transport system capable of carrying 100 Mg of payload whose development cost is indicated between 5 and 10 billion €.

Infrastructure

L'infrastructure spatiale la plus importante jamais construite est la Station spatiale internationale, qui a coûté environ 150 G€. Nous y faisons référence, considérant que dans ce domaine également, la future descente dans le domaine des particuliers introduira des facteurs d'économie qui s'ajouteront à ceux liés à l'accroissement de l'expérience humaine pour l'accumulation d'activités et le développement des technologies.

En mettant ensuite à l'échelle les coûts de l'ISS du fait du rapport entre les volumes construits de l'ISS et ceux du SpaceHub [6] et en appliquant un facteur coût-efficacité global de 40%, on arrive à estimer le coût du SpaceHub à 960 G€.

Le coût d'investissement des 12 quartiers peut donc être obtenu en tenant compte de la complexité différente des agglomérations individuelles, ainsi que d'un petit bénéfice dérivant de l'utilisation du même projet pour des groupes de quartiers. Par exemple, les quartiers destinés principalement à la fonction touristique (hôtels) peuvent tous découler de la conception du SpaceHub. Selon cette approche, nous estimons la valeur économique des infrastructures à environ 6,9 T€.

Quant au coût annuel, on estime à 2% la valeur de l'investissement initial pour la maintenance et 1% pour la gestion. L'investissement est considéré comme amorti sur 50 ans. Le coût annuel est ainsi d'environ 346 G€.

Système de transport

Le coût de développement du système de transport est estimé à partir des données disponibles. Il est notamment fait référence au Starship de SpaceX qui est le plus gros projet commercial en cours de développement, un système de transport capable de transporter 100 Mg de charge utile dont le coût de développement est indiqué entre 5 et 10 G€.

Tab. 5 - Répartition des activités par rapport à la structure économique de la Cité Cislunaire

Zone	District	Main function	Economic Structure
LEO	N. 1	Hotel	Tourist System
	N. 2	Hotel	Tourist System
	N. 3	Industrial Processing	Industrial System
	N. 4	Industrial Processing	Industrial System
	N. 5	Stazione di rifornimento e manutenzione	Transport System
L1	N. 6 SpaceHub	Multifunctional interchange node. Departure station to Mars or Asteroids	Transport System
L4/L5	N. 7	Solar Power Station	Industrial System
	N. 8	Industrial Processing	Industrial System
LLO	N. 9	Hotel	Tourist System
	N. 10	Assembly and Warehouse	Industrial System
Moon	N. 11 LunaFab	Industrial Processing: water extraction & processing (fuel production)	Industrial System
	N. 12	Industrial Processing: extraction and material processing (Helium 3, metals, silicon, ...)	Industrial System
			Research is distributed

Considerata l'evoluzione della tecnica e il passaggio dal "one of the type" ad un approccio di serie (sebbene piccola), abbiamo stimato in 7.5 G€ il costo non ricorrente (NR) di sviluppo; il costo ricorrente di produzione di un singolo mezzo è stimato come il 3% del NR, ovvero 230 M€. Il costo complessivo della flotta di mezzi è così di circa 13.6 G€.

Il costo annuo è calcolato come somma della manutenzione per un 2% dell'investimento iniziale, della gestione per l'1%, oltre che dell'ammortamento considerato su 25 anni, per un totale di 1 G€. I ricavi sono stimati al costo unitario di 100 k€, per un totale di 12 G€.

Sistema della Ricerca

In questa voce rientrano i costi dei ricercatori (162 unità) distribuiti su quasi tutti i quartieri, gli investimenti in apparecchiature scientifiche di vario genere e i costi di esercizio. Per semplicità, il costo del comparto è calcolato in modo parametrico arrivando ad un valore di 1.2 G€ all'anno.

Sistema del Turismo

Anche questa voce è calcolata su base parametrica. Considerando la presenza costante di 330 ospiti ed un prezzo unitario dell'intero pacchetto per ogni giorno (terrestre) di 200 k€ si ottiene un fatturato di oltre 24 G€.

Corrispondentemente è stato valutato un costo di esercizio tutto incluso pari ad 1/10 del fatturato.

Sistema Industriale

Per questa voce i costi sono stati considerati incorporati nei costi di gestione e manutenzione delle infrastrutture; i costi di produzione sono stati stimati come 1/20 dei ricavi. Per questi ultimi, si è supposto che ognuno dei 7 quartieri a prevalenza industriale riesca a produrre/processare 2 Mg/giorno di materia prima o prelaborati.

Considering the evolution of the technique and the transition from "one of the type" to a serial approach (albeit small), we estimated the non-recurring cost (NRC) of development at € 7.5 billion. The recurring cost of producing a single vehicle is estimated as 3% of the NRC, or € 230 million. The total cost of the fleet of vehicles is thus about € 13.6 billion.

The annual cost is calculated as the sum of maintenance for 2% of the initial investment, management for 1%, as well as amortization considered over 25 years, for a total of € 1 billion. Revenues are estimated at the unit ticket cost of 100 k €, for a total of € 12 billion.

Research System

This item includes the costs of the researchers (162 units) distributed over almost all the districts, investments in various types of scientific equipment and operating costs. For simplicity, the cost of the sector is calculated parametrically, reaching a value of € 1.2 billion per year

Tourism System

This item is also calculated on a parametric basis. Considering the constant presence of 330 guests and a unit price of the entire package for each (terrestrial) day of € 200k, a turnover of over € 24 billion is obtained. Correspondingly, an all-inclusive operating cost equal to 1/10 of the turnover has been assessed.

Industrial System

For this item, the costs were considered incorporated in the management and maintenance costs of the infrastructures; production costs have been estimated as 1/20 of revenues. For the latter, it was assumed that each of the 7 predominantly industrial districts is able to produce/process 2 Mg/day of raw material or pre-processed products.

Compte tenu de l'évolution de la technique et du passage d'une approche « one of the type » à une approche sérielle (bien que petite), nous avons estimé le coût non récurrent (NR) de développement à 7,5 G€ ; le coût récurrent de production d'un seul véhicule est estimé à 3% du NR, soit 230 millions d'€uros. Le coût total de la flotte de véhicules est ainsi d'environ 13,6 G€. Le coût annuel est calculé comme la somme de l'entretien pour 2% de l'investissement initial, de la gestion pour 1%, ainsi que de l'amortissement sur 25 ans, pour un total de 1 G€. Le chiffre d'affaires est estimé au coût unitaire de 100 k €, pour un total de 12 G€.

Système de recherche

Ce poste comprend les coûts des chercheurs (162 unités) répartis sur la quasi-totalité des districts, les investissements dans divers types d'équipements scientifiques et les frais de fonctionnement. Par souci de simplicité, le coût du secteur est calculé de manière paramétrique, atteignant une valeur de 1,2 G€ par an.

Système touristique

Cet élément est également calculé sur une base paramétrique. Compte tenu de la présence constante de 330 invités et d'un prix unitaire du forfait complet pour chaque jour (terrestre) de 200k €, un chiffre d'affaires de plus de 24 G€ est obtenu. En conséquence, un coût d'exploitation tout compris égal à 1/10 du chiffre d'affaires a été évalué.

Système industriel

Pour ce poste, les coûts ont été considérés comme intégrés aux coûts de gestion et d'entretien des infrastructures ; les coûts de production ont été estimés à 1/20 des revenus. Pour ces derniers, on a supposé que chacun des 7 districts à prédominance industrielle était capable de produire / transformer 2 Mg / jour de matière première ou de produits prétraités.

Assumendo 250 giorni produttivi all'anno per tener conto dei tempi di manutenzione periodica e di fermo macchina di vario genere, e valutando il tutto al costo terrestre del platino, si arriva a circa 350 G€ all'anno.

Sulla base di questi dati, possiamo valutare i seguenti due elementi chiave:

Bilancio annuale (anno 2070) a condizioni economiche attuali

Nel 2070 si può parlare di un giro d'affari di circa 370 G€ tra costi e ricavi, come indicato in Tab. 6.

Crescita globale della Space Economy, inclusa l'economia della Città Cislunare

L'accumulo negli anni dei flussi economici fino al 2070, legati sia ai 4 capitoli economici di cui sopra strettamente relativi all'economia cislunare che all'economia spaziale sulla Terra stimata in circa 15 T€ si attesta a circa 59 trilioni € secondo la Tab. 7.

Secondo stime preliminari della China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC), il valore della produzione totale della zona economica cislunare nel 2030, 2040 e 2050 sarà rispettivamente di 642 G€, 2.4 e 12 T€ [14]. Nel 2016, la statunitense United Launch Alliance aveva previsto insediamenti scientifici ed industriali con un migliaio di persone con l'introduzione della sua idea Cislunar-1000 [15], con associato uno sviluppo economico di 500 (2020), 750 (2030) e 2700 G€ nel 2045. Più recentemente, le stime americane parlano di 5 T€ nel 2050.

Tenuto conto di tutti gli elementi sopra riportati, proiettando lo sviluppo economico fino al 2070 secondo profili di anticipazione, al CNS stimiamo un'economia di 2 (2040), 9 (2050), 28 (2060) e 59 T€ nel 2070, come riportato in Fig. 9.

Assuming 250 production days per year to take into account periodic maintenance times and various types of machine downtime, and conventionally evaluating everything at the common cost of platinum, we arrive at approximately € 350 billion per year

Based on these data, we can evaluate the following two key elements:

Annual budget (year 2070) under present economic conditions

In 2070 we can foresee a turnover of about € 370 billion, considering costs and revenues, as indicated in Tab. 6.

Global Space Economy growth, including the economy of the Cislunar City

The accumulation over the years of economic flows up to 2070, linked both to uppersaid four economic chapters strictly related to the cislunar economy and to the space economy on Earth, estimated at about € 15 trillion, stands at about € 59 trillion as reported in Tab. 7.

According to preliminary estimates by the China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC), the total production value of the cislunar economic zone in 2030, 2040 and 2050 will be € 642 billion, 2.4 and 12 trillion respectively [14]. In 2016, the US United Launch Alliance foresaw scientific and industrial settlements with a thousand people with the introduction of its Cislunar-1000 idea [15], associated with an economic development of 500 (2020), 750 (2030) and 2700 US \$ billion in 2045. More recently, US estimates point to € 5 trillion in 2050.

Taking into account all the above elements, projecting economic development up to 2070 according to anticipation profiles, at the CNS we estimate an economy of 2 (2040), 9 (2050), 28 (2060) and € 59 trillion in 2070, as shown in Fig. 9.

En supposant 250 jours productifs par an pour prendre en compte les temps de maintenance périodiques et les temps d'arrêt des machines de toutes sortes, et en évaluant tout au coût terrestre du platine, nous arrivons à environ 350 G€ par an.

Sur la base de ces données, nous pouvons évaluer les deux éléments clés suivants:

Budget annuel (année 2070) dans les conditions économiques actuelles

En 2070, on peut parler d'un chiffre d'affaires d'environ 370 G€ entre coûts et revenus, comme indiqué dans le tableau 6.

Croissance mondiale de l'économie spatiale, y compris l'économie de la Cité Cislunare

L'accumulation au fil des années de flux économiques jusqu'en 2070, liée à la fois aux 4 chapitres économiques mentionnés ci-dessus strictement liés à l'économie cislunare et à l'économie spatiale sur la Terre, estimée à environ 15 T€, s'élève à environ 59 billions d'€uros selon l'onglet 7.

Selon les estimations préliminaires de la China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC), la valeur de la production totale de la zone économique cislunare en 2030, 2040 et 2050 sera respectivement de 642 G€, 2,4 et 12 T€ [14]. En 2016, l'US United Launch Alliance avait prévu des implantations scientifiques et industrielles avec un millier de personnes et avec l'introduction de son idée Cislunar-1000 [15], associée à un développement économique de 500 (2020), 750 (2030) et 2700 G€ en 2045. Plus récemment, les estimations américaines indiquent 5 T€ en 2050.

Compte tenu de tous les éléments ci-dessus, projetant le développement économique jusqu'en 2070 selon des profils d'anticipation, au CNS nous estimons une économie de 2 (2040), 9 (2050), 28 (2060) et 59 T€ en 2070, comme indiqué sur la Fig.9.

Tab. 6 – Budget 2070 de la Cité Cislunare

ANNUAL BUDGET (2070) AT PRESENT ECONOMIC CONDITIONS	
Costs:	367,7 B€
Infrastructures	345,9
Research	1,2
Transports	1,0
Resort	2,4
Industry - production	17,3
Revenues	385,6 B€
Transports	12,0
Resort (Tourism)	24,1
Industry	346,5
Film sets, Advertising and miscellaneous	3,0

Tab. 7 – Flux économiques cumulés jusqu'en 2070

CUMULATIVE ECONOMIC FLOWS AT 2070	
Transport System	13,6
§ Shuttles connecting Earth and LEO	
§ Cislunare Metropolitan (Cyclers)	
§ Shuttles connecting LEO and Moon surface	
§ Refueling and Maintenance Station	
§ Multifunctional interchange node. Departure station to Mars or Asteroids	
Industrial System	5,5
§ Industrial Processing Sites	
§ Industrial lunar Processing Site for water extraction & processing (fuel production)	
§ Solar Power Station	
§ Assembly and Warehouse	
Tourism System	1,8
§ Hotels and Resort	
Scientific and Technological Research System	23,7
§ Distributed Scientific Laboratories	
§ Exploration Missions towards Mars and nearby Asteroids	
Sub-Total	44,5
Space Economy on Earth	15
TOTAL	59,5 Trillions €

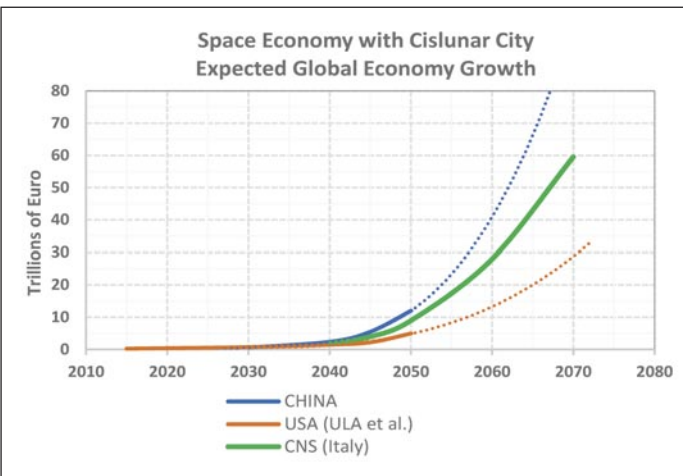


Fig. 9 - Prévisions de la croissance mondiale de l'économie spatiale, y compris l'économie de la Cité Cislunaire

8. Conclusions

Lo sviluppo della Città Cislunare genererà enormi benefici economici non solo per il suo stesso sviluppo, ma anche a supporto e forse come nuova guida per lo sviluppo dell'economia sulla Terra. Il Center for Near Space ritiene che l'economia legata all'Espansione dell'Umanità nello Spazio rappresenterà con molta probabilità il nuovo grande ciclo di sviluppo, ovvero la prossima rivoluzione industriale.

L'evoluzione di tale ciclo sarà tutta da verificare sia in termini di durata complessiva che quindi di evoluzione del grado di diffusione; assumendo un andamento qualitativamente simile ai precedenti grandi cicli (v. Fig. 10), l'Era dell'Industria Spaziale potrebbe arrivare a completa maturazione entro la prima metà del prossimo secolo.

Questo porterebbe a sviluppi economici ancora più consistenti di quanto indicato in questo articolo.

Aspetto significativo rispetto alle politiche che vanno rafforzandosi e che sempre più caratterizzeranno lo sviluppo economico del mondo è la sostenibilità dello sviluppo della Città Cislunare. Facciamo due esempi.

Abbiamo solo da pochi anni capito che sulla Luna, come su Marte, c'è presenza di acqua.

Questo è stato elemento propulsivo per il forte incremento dell'attenzione all'esplorazione della Luna in vista di un prossimo ritorno dell'Uomo sulla sua superficie, e stavolta per restarci.

L'utilizzo del ghiaccio lunare per estrarre acqua per vari usi non pregiudica l'equilibrio di quel contesto.

Infatti, la missione LCROSS della NASA nel 2009 ha stimato una concentrazione di acqua del 5,6% in massa nel cratere del polo sud Cabeus.

Quindi, assumendo che questa concentrazione sia uniforme per tutte le regioni in ombra, la quantità di acqua disponibile sarebbe di 2900 milioni di tonnellate, ovvero un importante enorme serbatoio d'acqua.

8. Conclusions

The development of the Cislunar City will generate enormous economic benefits not only for its own development, but also to support and perhaps as a new guide for the development of the economy on Earth.

The Center for Near Space believes that the economy linked to the Humankind Expansion in Space will most likely represent the new great cycle of development, or the next industrial revolution.

The evolution of this cycle will have to be verified both in terms of overall duration and evolution of the degree of diffusion.

Assuming a qualitatively similar trend to previous major cycles (see Fig. 10), the Era of Space Industry could reach full maturity within the first half of the next century.

This would lead to even more substantial economic developments than indicated in this article.

A significant aspect with respect to the policies that are strengthening and that will increasingly characterize the economic development of the world is the sustainability of the development of the Cislunar City. Let's take two examples.

Only in the recent years, we have understood that on the Moon, as on Mars, there is water.

This has been a driving force for the strong increase in attention to the exploration of the Moon in view of the next return on its surface, and this time to stay there. The use of lunar ice to extract water for various uses does not affect the balance of that context.

In fact, NASA's LCROSS mission in 2009 estimated a water concentration of 5.6% by mass in the Cabeus South Pole Crater.

So, assuming that this concentration is uniform for all shaded regions, the amount of water available would be 2900 million tons, which is an important huge water reservoir.

8. Conclusions

Le développement de la Cité Cislunaire générera d'énormes avantages économiques non seulement pour son propre développement, mais aussi pour soutenir et peut-être devenir le nouveau guide pour le développement de l'économie sur Terre.

Le Center for Near Space estime que l'économie liée à l'expansion de l'humanité dans l'espace représentera très probablement le nouveau grand cycle de développement, ou la prochaine révolution industrielle.

L'évolution de ce cycle devra être vérifiée à la fois en termes de durée globale et donc d'évolution du degré de diffusion ; en supposant une tendance qualitativement similaire à celle des grands cycles précédents (voir Fig. 10), l'ère du développement spatial pourrait atteindre sa pleine maturité au cours de la première moitié du siècle prochain.

Cela conduirait à des développements économiques encore plus substantiels que ceux indiqués dans cet article.

Un aspect important des politiques qui se renforcent et qui caractériseront de plus en plus le développement économique du monde est la durabilité du développement de la Cité Cislunaire. Prenons deux exemples.

Nous n'avons compris que récemment que sur la Lune, comme sur Mars, il y a présence d'eau.

Ce fut une force motrice pour la forte augmentation de l'attention portée à l'exploration de la Lune en vue du prochain retour de l'Homme à sa surface, et cette fois pour y rester.

L'utilisation de la glace lunaire pour extraire l'eau à des fins diverses n'affecte pas l'équilibre de ce contexte.

En fait, la mission LCROSS de la NASA en 2009 a estimé une concentration d'eau de 5,6% en masse dans le cratère du pôle sud de Cabeus.

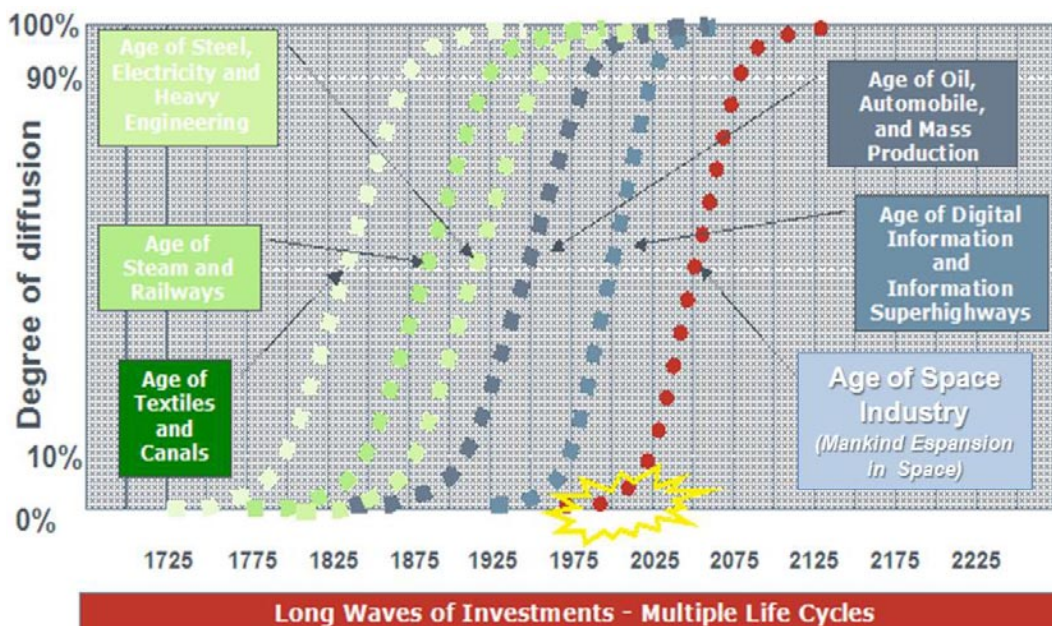
Donc, en supposant que cette concentration soit uniforme pour toutes les régions ombragées, la quantité d'eau disponible serait de 2.900 millions de tonnes, ce qui est un énorme réservoir d'eau important.

Ma ormai sappiamo che l'acqua è presente sulla Luna in molte altre parti, finanche nelle zone più deserte dove se ne stima 1/3 di litro per ogni metro cubo di regolite. Insomma, una quantità così grande da garantire che l'intervento dell'uomo resterà estremamente limitato per secoli.

Sappiamo poi che sulla Luna c'è presenza di Elio 3 (^3He), elemento molto raro sulla Terra ed estremamente utile in varie applicazioni e particolarmente per alimentare i futuri impianti a fusione nucleare. Ebbene, nonostante il diffuso entusiasmo per la disponibilità di questa sorgente di energia, ^3He è raro anche sulla Luna, è presente in modo non uniforme sul suolo lunare, a livello molto bassi nelle zone polari e con una percentuale alta (≥ 20 ppb) solo nelle zone dell'Oceanus Procellarum e del Mare Tranquillitatis.

Ma in queste due zone, assumendo uno spessore della regolite di 3 m, la massa totale disponibile sarebbe di circa 200000 Mg (tonnellate). L'astronauta-geologo Harrison Schmitt è stato l'ultimo uomo a mettere il piede sulla Luna l'11 dicembre 1972 durante la missione Apollo 17. Calcolò successivamente che 80 kg di Elio 3 sono in grado di fornire energia (nucleare) per la popolazione di Manhattan per un intero anno. Si tratta cioè di 1.600.000 persone, ovvero circa 500.000 famiglie, ciascuna delle quali consuma in media 4000 kWh all'anno per un totale di 2.000.000 MWh all'anno; la disponibilità di questo importante composto basterebbe a far vivere l'intera Manhattan sulla Luna per 2.5 milioni di anni.

Fig. 10 - Les grands cycles de l'investissement mondial et du développement



Furthermore, we now know that water is present on the Moon in many other parts, even in the most deserted areas where it is estimated 1/3 of a litre for every cubic meter of regolith. In short, a quantity so large as to guarantee that human intervention will remain extremely limited for centuries.

We also know that on the Moon there is the presence of Helium 3 (^3He), a very rare element on Earth and extremely useful in various applications and particularly to power future nuclear fusion plants. Well, despite the widespread enthusiasm for the availability of this energy source, ^3He is rare even on the Moon, it is present unevenly on the lunar soil, at very low levels in the polar areas and with a high percentage (≥ 20 ppb) only in the areas of Oceanus Procellarum and Mare Tranquillitatis. In these two areas, assuming a regolith thickness of 3 m, the total mass available would be around 200,000 Mg (tonnes).

Astronaut-geologist Harrison Schmitt was the last man to set foot on the Moon on 11 December 1972 during the Apollo 17 mission. He later calculated that 80 kg of Helium 3 are capable of providing (nuclear) energy for the population of Manhattan for a whole year. This is 1,600,000 people, or about 500,000 families, each one consuming an average of 4000 kWh per year for a total of 2,000,000 MWh per year.

The availability of this important element would be enough to sustain the entire Manhattan live on the moon for 2.5 million years.

Mais maintenant, nous savons que l'eau est présente sur la Lune dans de nombreuses autres parties, même dans les zones les plus désertes où elle est estimée à 1/3 de litre pour chaque mètre cube de régolithe, soit une quantité suffisante pour garantir que l'intervention humaine restera extrêmement limitée pendant des siècles.

On sait aussi que sur la Lune il y a la présence d'Hélium 3 (^3He) un élément très rare sur la Terre et extrêmement utile dans diverses applications et notamment pour alimenter les futures centrales de fusion nucléaire. Bien malgré l'engouement généralisé pour la disponibilité de cette source d'énergie, est rare même sur la Lune, elle est inégalement présente sur le sol lunaire, à des niveaux très bas dans les zones polaires et avec un pourcentage élevé (≥ 20 ppm) uniquement dans les zones d'Oceanus Procellarum et de Mare Tranquillitatis. Mais dans ces deux zones, en supposant une épaisseur de régolithe de 3m, la masse totale disponible serait d'environ 200.000 Mg (tonnes).

L'astronome-géologue Harrison Schmitt a été le dernier homme à poser le pied sur la Lune le 11 décembre 1972 lors de la mission Apollo 17. Il a calculé plus tard que 80kg d'Hélium 3 peuvent fournir de l'énergie (nucléaire) à la population de Manhattan pour un tout an. Il s'agit de 1.600.000 personnes, soit environ 500 000 familles, dont chacune consomme en moyenne 4.000 kWh par an pour un total de 2.000.000MWh par an ; la disponibilité de cet important composé suffirait à faire vivre tout Manhattan sur la lune pendant 2,5 millions d'années.

notes

¹ La ressource d'énergie solaire est incroyablement grande; par exemple, dans GEO, il est estimée à 332 TW (plusieurs fois le total dont les habitants de la Terre ont besoin)

² En majorité elles sont situées dans la ceinture principale des astéroïdes, entre Mars et Jupiter

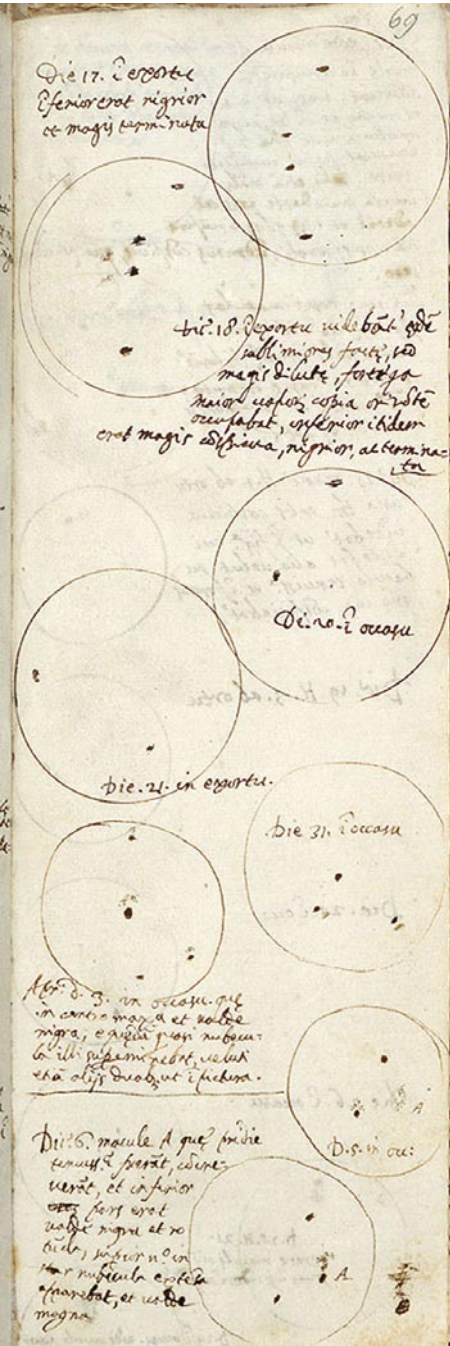
Bibliographie

- [1] Center for Near Space, "Vision", 2019, <https://www.instituteforthefuture.it/wp-content/uploads/2019/10/CNS-Vision.pdf>
- [2] Moronese, V., Hanafi, A., "On the Side of the Space Settlements", Le Carrè Bleu La Collection, Lunar Factory, 2021
- [3] "Bizarre Lunar Orbits". NASA Science: Science News. NASA. 2006-11-06.
- [4] Konopliv, A. S.; Asmar, S. W.; Carranza, E.; Sjogren, W. L.; Yuan, D. N. (2001-03-01). "Recent Gravity Models as a Result of the Lunar Prospector Mission". *Icarus*. 150 (1): 1–18. Bibcode:2001Icar..150....1K. doi:10.1006/icar.2000.6573. ISSN 0019-1035.
- [5] Davis, D. et al. "Orbit maintenance and navigation of human spacecraft at cislunar Near Rectilinear Halo Orbits", AAS 17-269, 27th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, February 5-9, 2017
- [6] De Martino, G., Pica Ciamarra, M., Russo, G., Torre, V., "OrbiTecture and SpaceHub: Importance of the Systemic Approach", Le Carrè Bleu, OrbiTecture, Nr. 2/3, 2017
- [7] Russo, G., Pica Ciamarra, M., "Espansione dell'umanità nello Spazio: la Città Cislunare e il nuovo paradigma di OrbiTecture", Between Science & Society, Italian Institute for the Future, October 2019, ISBN 978-88-99790-18-9
- [8] De Martino, G., Menichini, R., Pica Ciamarra, M., Russo, G., "New Paradigms of OrbiTecture for Lunar Habitats: LunaFab", Le Carrè Bleu La Collection, Lunar Factory, 2021
- [9] Messidoro, P., Pederbelli, D., Paudice, F., "Contribution of LunaFab to the Space Economy", Le Carrè Bleu La Collection, Lunar Factory, 2021
- [10] Russo G., "Espansione della Civiltà nello Spazio: Il Ruolo dell'Italia", Convegno ITALIA 2050, Italian Institute for the Future, Naples, 16 November 2013
- [11] Collins P., "Space Tourism Market Demand and the Transportation Infrastructure", Invited speech to the AIAA/ICAS Symposium "The Next 100 Years" in honor of the Wright Brothers' First Flight, 17 July 2003, Dayton Ohio
https://www.spacefuture.com/archive/space_tourism_market_demand_and_the_transportation_infrastructure.shtml
- [12] Aldrin, B., "Cyclic Trajectory Concepts", SAIC Presentation to the Interplanetary Rapid Transit meeting. Jet Propulsion Laboratory, October 1985.
- [13] Guardabasso, P., et al., "Lunar Outpost Sustaining Human Space Exploration by Utilizing In-Situ Resources with a Focus on Propellant Production", IAC-18-A5.1.5, 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany, 1-5 October 2018
- [14] Zhang Yulin, "From the center of the earth to the space of the earth and the moon", People's Daily, 8 May 2019
- [15] United Launch Alliance, 2016, https://www.youtube.com/watch?v=uxftPmpt7aA&ab_channel=UnitedLaunchAlliance



Harrison Schmitt sur la lune (ESA / NASA)

Fig.1. Galileo Galilei (1564-1642)
Disegni delle macchie solari, ca. 1612. Firenze,
Biblioteca Nazionale Centrale, Ms. Gal. 57, f. 69r



Cultura e Patrimonio dello Spazio Cosmico

Il 16 luglio 2019 in occasione dei 50 anni della missione spaziale sulla Luna (Neil Armstrong e Buzz Aldrin 20 luglio 1969), l'Agenzia Aerospaziale Messicana ha aperto il congresso internazionale dal titolo "México hacia la luna" (Messico verso la luna) con una relazione introduttiva della scrivente sul tema del patrimonio culturale dell'Universo.

La relazione ha inteso mettere al centro il significato che assume la Cultura per costruire un mondo migliore sul pianeta ed oltre. A distanza di meno di due anni dal congresso messicano gli eventi pandemici del 2020 hanno messo a soqquadro tutta l'umanità ma hanno consentito di riflettere sull'importanza della "salute" del nostro pianeta e sul sistema "universo" a cui apparteniamo.

Da sempre le ricerche dell'uomo si sono spinte oltre i limiti terrestri e certamente l'astronomia costituisce una delle scienze più antiche della storia umana poiché da sempre ci si è interrogati sull'origine del cosmo e sulla sua natura.

Ma interrogarsi su questi temi significa analizzare un patrimonio culturale molto vasto, inesplorato e dal quale trarre risposte utili per comprendere la stessa esistenza del pianeta Terra.

È stata la civiltà babilonese, nonché studiosi dell'India e della Cina, i primi ad osservare con straordinarie competenze le caratteristiche del Sole, della Luna e del sistema stellare.

Culture and Heritage of the Outer Space

On July 16, 2019 on the occasion of the 50th anniversary of the space mission to the Moon (Neil Armstrong and Buzz Aldrin July 20, 1969), the Mexican Aerospace Agency opened the international congress entitled "México hacia la luna" (Mexico towards the moon) with an introductory report by the writer on the theme of the cultural heritage of the Universe. The report intended to focus on the meaning that culture assumes to build a better world on the planet and beyond. Less than two years after the Mexican congress, the pandemic events of 2020 have unsettled the whole mankind but have allowed us to reflect on the importance of the "health" of our planet and the "universe" system to which we belong.

Human research has always gone beyond terrestrial limits and certainly astronomy is one of the most ancient sciences in human history since the origin of the cosmos and its nature has always been questioned.

But questioning these issues means analyzing a very vast, unexplored cultural heritage from which to draw useful answers to understand the very existence of planet Earth.

It was the Babylonian civilization, as well as scholars from India and China, the first to observe the characteristics of the Sun, the Moon and the star system with extraordinary skills.

Le 16 juillet 2019 à l'occasion du 50e anniversaire de la mission spatiale sur la Lune (Neil Armstrong et Buzz Aldrin 20 juillet 1969), l'Agence aérospatiale mexicaine a ouvert le congrès international intitulé « México hacia la luna » (Mexique vers la lune) avec un rapport introductif de l'écrivain sur le thème du patrimoine culturel de l'Univers. Le rapport se proposait de se concentrer sur le sens que la culture suppose pour construire un monde meilleur sur la planète et au-delà.

Moins de deux ans après le congrès mexicain, les événements pandémiques de 2020 ont bouleversé toute l'humanité mais nous ont permis de réfléchir à l'importance de la « santé » de notre planète et du système « univers » auquel nous appartenons. La recherche humaine a toujours dépassé les limites terrestres et l'astronomie est certainement l'une des sciences les plus anciennes de l'histoire humaine depuis l'origine du cosmos et sa nature a toujours été remise en question. Mais remettre en question ces enjeux, c'est analyser un patrimoine culturel très vaste et inexploré, d'où puiser des réponses utiles pour comprendre l'existence même de la planète Terre.

Ce fut la civilisation babylonienne, ainsi que des érudits de l'Inde et de la Chine, les premiers à observer les caractéristiques du Soleil, de la Lune et du système stellaire avec des compétences extraordinaires.

Ma dobbiamo attendere agli sviluppi intrapresi tra il XV e il XVI secolo quando iniziano a diffondersi i primi studi che hanno dimostrato che la Terra orbita intorno al Sole con moto circolare, insieme con i pianeti. Astronomi e filosofi come il tedesco Nicola Cusano (1401-1464), il polacco Niccolò Copernico (1473-1543) e il frate domenicano Giordano Bruno (1548-1600) sono solo alcuni dei maggiori esponenti che hanno costituito un riferimento fondamentale per lo sviluppo della moderna astronomia che si è affermata con gli studi del pisano Galileo Galilei (1564-1642). Scoperte e ricerche che hanno visto sin dal principio attivo un sistema trasversale di conoscenze e competenze tali da poter fornire delle risposte coerenti alle tante incognite alle quali da secoli tanti scienziati dedicano la propria vita.

Soprattutto a partire dal XIX secolo lo sviluppo tecnologico della nostra società a livello mondiale ha individuato soprattutto nelle discipline scientifiche grandi opportunità a discapito di quelle umanistiche ritenute meno idonee e aggiornate per affrontare le nuove sfide della vita, ma tutto questo in poco meno di un decennio ha subito un totale ribaltamento. Sono ancora pochi a percepire il significato di questa trasformazione culturale ma chi opera in settori altamente scientifici ne è assolutamente consapevole.

Un documento redatto da un'apposita commissione istituita presso l'Università di Harvard negli Stati Uniti, nel 2013 ha presentato un importante documento dal titolo *The Teaching of the Arts and Humanities at Harvard College. Mapping the Future*. A questo ne è seguito poi un altro predisposto dall'American Academy of Arts and Sciences, reso pubblico anch'esso nel 2014 dal titolo *The Heart of the Matter. The Humanities and Social Sciences. For a vibrant, competitive, and secure nation*. Entrambi i documenti, seppur con impostazione differente, concentrano le proprie osservazioni sull'importanza della conoscenza storica e delle capacità critiche degli studenti che affrontano studi umanistici

But we must await the developments undertaken between the fifteenth and sixteenth centuries when the first studies that showed that the Earth orbits the Sun in a circular motion, together with the planets, began to spread. Astronomers and philosophers such as the German Nicola Cusano (1401-1464), the Polish Niccolò Copernico (1473-1543) and the Dominican friar Giordano Bruno (1548-1600) are just some of the major exponents who have constituted a fundamental reference for the development of modern astronomy that affirmed itself with the studies of Galileo Galilei from Pisa (1564-1642). Such discoveries and researches saw since the beginning a transversal system of knowledge and skills able to provide coherent answers to the many unknowns to which so many scientists have dedicated their lives for centuries.

Especially since the nineteenth century, the technological development of our society worldwide identified, especially in the scientific disciplines, great opportunities to the detriment of the humanities considered less suitable and less updated to face the new challenges of life, but all this in just less than a decade underwent a total overturning. Few people still perceive the significance of this cultural transformation but those who work in highly scientific sectors are absolutely aware of it.

A document drawn up by a special commission set up at Harvard University in the United States, in 2013 presented an important document entitled *The Teaching of the Arts and Humanities at Harvard College. Mapping the Future*. This was followed by another report prepared by the American Academy of Arts and Sciences, also made public in 2014, entitled *The Heart of the Matter. The Humanities and Social Sciences. For a vibrant, competitive, and secure nation*. Both documents, albeit with a different approach, focus their observations on the importance of historical knowledge and critical skills of students studying humanities and how, thanks

La civilisation babylonienne, ainsi que des savants de l'Inde et de la Chine, furent les premiers à observer les caractéristiques du Soleil, de la Lune et du système stellaire avec leurs extraordinaires compétences.

Mais il faut attendre les développements entrepris entre les XVe et XVIe siècles lorsque les premières études qui ont montré que la Terre tourne autour du Soleil avec un mouvement circulaire, avec les planètes, commencent à se répandre. Les astronomes et les philosophes tels que l'Allemand Nicola Cusano (1401-1464), le Polonais Niccolò Copernico (1473-1543) et le frère dominicain Giordano Bruno (1548-1600) ne sont que quelques-uns des principaux représentants qui ont constitué une référence fondamentale pour le développement de l'astronomie moderne qui s'est imposé avec les études de Galileo Galilei de Pise (1564-1642). Des découvertes et des recherches qui ont vu depuis le principe actif un système transversal de connaissances et de compétences de manière à pouvoir apporter des réponses cohérentes aux nombreuses inconnues auxquelles tant de scientifiques ont consacré leur vie depuis des siècles.

Surtout depuis le XIXe siècle, le développement technologique de notre société dans le monde a identifié, notamment dans les disciplines scientifiques, de grandes opportunités au détriment des sciences humaines jugées moins adaptées et mises à jour pour faire face aux nouveaux défis de la vie, mais tout cela en un peu moins d'un décennie a subi un bouleversement total. Peu de gens perçoivent encore la signification de cette transformation culturelle, mais ceux qui travaillent dans des secteurs hautement scientifiques en sont absolument conscients.

Un document rédigé par une commission spéciale mise en place à l'Université de Harvard aux États-Unis, présentait en 2013 un document important intitulé *The teaching of the Arts and Humanities at Harvard College. Mapping the Future*.

e come grazie a questa formazione possono aiutare a rafforzare la sicurezza dei paesi, a migliorare le condizioni di vita delle comunità, ad incrementare lo sviluppo culturale per evitare le guerre.

In particolare, il documento di Harvard, oltre a difendere il ruolo delle scienze umane nello sviluppo delle capacità critiche, nello smascheramento delle logiche di potere e nella creazione di cittadini responsabili impegnati a vivere e preservare la società democratica, arriva a valorizzare anche l'importante contributo che gli umanisti possono dare all'incremento del relativismo dei valori connessi proprio allo sviluppo della cultura per il futuro dell'umanità.

Da qui la scelta di dedicare una riflessione al significato della Cultura e del Patrimonio Culturale e come questo va riletto anche in chiave scientifica soprattutto se poi ci rivolgiamo a contesti che vanno oltre il nostro pianeta.

to this training, they can help strengthen the security of countries, improve living conditions of communities, increase cultural development to avoid wars.

In particular, the Harvard document, in addition to defending the role of the human sciences in the development of critical skills, in the unmasking of the logic of power and in the creation of responsible citizens committed to living and preserving democratic society, also enhances the important contribution that humanists can make to increase the relativism of values connected precisely to the development of culture for the future of humanity.

Hence the choice to devote a reflection to the meaning of Culture and Cultural Heritage and how this should also be reread in a scientific key, especially if we then turn to contexts that go beyond our planet.

Cela a été suivi par un autre préparé par l'American Academy of Arts and Sciences, également rendu public en 2014 et intitulé *The Heart of the Matter. The Humanities and Social Sciences. For a vibrant, competitive and secure nation.*

Les deux documents, quoique avec une approche différente, concentrent leurs observations sur l'importance des connaissances historiques et des compétences critiques des étudiants en sciences humaines et comment, grâce à cette formation, ils peuvent contribuer à renforcer la sécurité des pays, améliorer les conditions de vie, augmenter le développement culturel pour éviter les guerres.

En particulier, le document de Harvard, en plus de défendre le rôle des sciences humaines dans le développement des compétences critiques, dans le démasquage de la logique du pouvoir et dans la création de citoyens responsables engagés à vivre et à préserver une société démocratique, valorise également la contribution importante que les humanistes peuvent apporter à l'augmentation du relativisme des valeurs liées précisément au développement de la culture pour l'avenir de l'humanité.

D'où le choix de consacrer une réflexion sur le sens de la Culture et du Patrimoine Culturel et comment cela doit aussi être relu dans une clé scientifique, surtout si l'on se tourne vers des contextes qui vont au delà de notre planète.

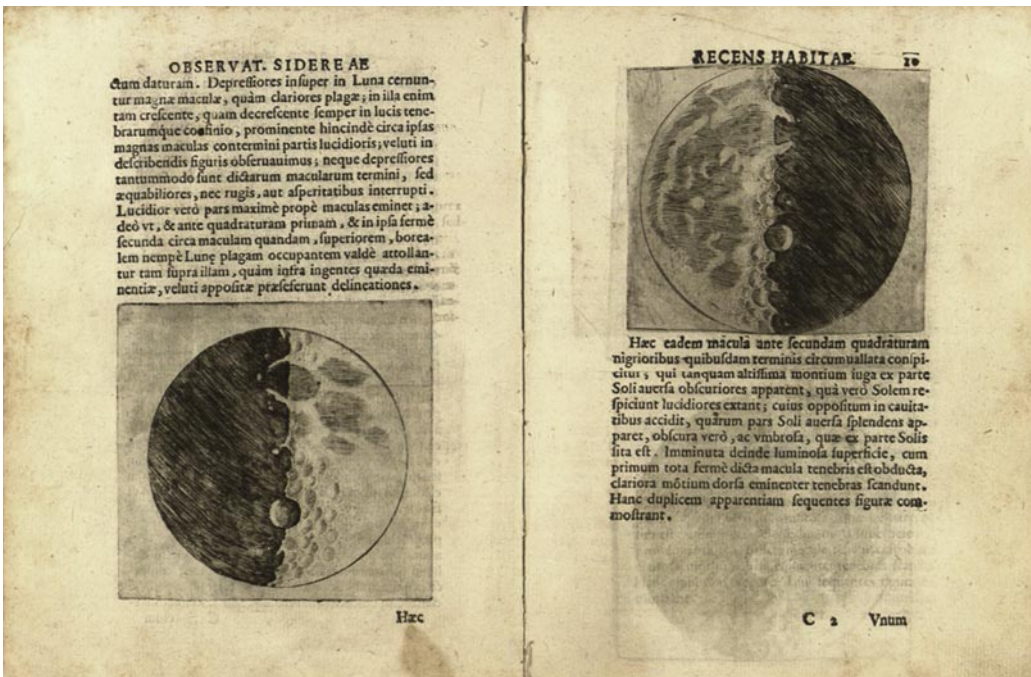


Fig.2. Galileo Galilei (1564-1642).
Les dessins sur les observations
de la Lune, Sidereus nuncius 1610.
Bibliothèque INAF, Observatoire
astronomique de Brera, Milan..

Cultura, Patrimonio Culturale e Spazio

Cultura, dal latino *colere*, ossia coltivare, e dal suo participio passato *cultus*, indica quell'insieme di conoscenze che ogni persona ha acquisito nel percorso della propria vita mediante lo studio, le esperienze e le attività, il tutto rielaborato da ognuno in modo da convertire le nozioni da semplici erudizioni a elementi fondamentali per la personalità morale, spirituale, culturale dell'individuo che si rapporta con il mondo.

In ogni epoca e in ogni nazione, anche se con modalità differenti, il tema della cultura ha assunto un ruolo fondamentale nello sviluppo dei territori e nella formazione delle comunità. La cultura si è connotata come “luogo di identità condivise” dove ognuno ha potuto identificarsi, riconoscersi e valorizzare così la propria eredità. Un ricco e variegato patrimonio culturale che investe l'intera umanità ed assume dimensione educativa nonché promotrice di una fitta rete di relazioni e scambi tra differenti identità.

Da sempre la dimensione culturale ha consentito di realizzare processi di conoscenza e di dialogo, assumendo anche un'importante dimensione “diplomazia” da cui “la diplomazia culturale” (Lee, Niglio, 2019). Proprio questo approccio culturale ha consentito lo sviluppo dei singoli territori ma allo stesso tempo ha anche fronteggiato la perdita progressiva delle radici culturali e quindi delle conoscenze e delle tradizioni che sono intervenute nel percorso della storia.

Questo tema della “diplomazia” trova oggi interessati riscontri anche con riferimento allo spazio cosmico in quanto esiste una “diplomazia scientifica” e quindi una “diplomazia per la scienza” che unisce scienziati ed istituzioni di tanti paesi nel mondo alla ricerca dell'esplorazione spaziale, così come dimostrato anche da un interessante progetto promosso al principio del 2021 dall'Ambasciata d'Italia in Francia.

Culture, Cultural Heritage and Space

Culture, from the Latin *colere*, meaning to cultivate, and from its past participle *cultus*, indicates that set of knowledge that each person has acquired in the course of their life through study, experiences and activities, all reworked by each person in order to convert the notions from simple eruditions to fundamental elements for the moral, spiritual, cultural personality of the individual who relates to the world.

In every era and in every nation, even if in different ways, the theme of culture has assumed a fundamental role in the development of territories and in the formation of communities. Culture has been characterized as a "place of shared identities" where everyone has been able to identify, recognize themselves and thus enhance their own heritage. A rich and varied cultural heritage that affects the whole of humanity and takes on an educational dimension as well as promoting a dense network of relationships and exchanges between different identities.

The cultural dimension has always made it possible to create processes of knowledge and dialogue, also taking on an important "diplomatic" dimension, hence "cultural diplomacy" (Lee, Niglio, 2019). Precisely this cultural approach has allowed the development of the individual territories but at the same time has also faced the progressive loss of cultural roots and therefore of the knowledge and traditions that have intervened in the course of history.

Today this theme of "diplomacy" finds interesting feedback also with reference to cosmic space as there is a "scientific diplomacy" and therefore a "diplomacy for science" that unites scientists and institutions from many countries around the world in search of space exploration, as demonstrated also by an interesting project promoted at the beginning of 2021 by the Embassy of Italy in France.

Culture, patrimoine culturel et espace

La *culture*, du latin *colere*, signifiant cultiver, et de son participe passé *cultus*, indique cet ensemble de connaissances que chaque personne a acquises au cours de sa vie à travers l'étude, les expériences et les activités, le tout retravaillé par chacun afin de convertir les notions allant de simples éruditions aux éléments fondamentaux de la personnalité morale, spirituelle et culturelle de l'individu qui se rapporte au monde.

À chaque époque et dans chaque nation, même si de manière différente, le thème de la culture a joué un rôle fondamental dans le développement des territoires et dans la formation des communautés. La culture a été caractérisée comme un « lieu d'identités partagées » où chacun a pu s'identifier, se reconnaître et ainsi valoriser son propre patrimoine. Un patrimoine culturel riche et varié qui touche l'ensemble de l'humanité et prend une dimension éducative tout en favorisant un réseau dense de relations et d'échanges entre différentes identités.

La dimension culturelle a toujours permis de créer des processus de connaissance et de dialogue, prenant également une dimension « diplomatique » importante d'où la « diplomatie culturelle » (Lee, Niglio, 2019). C'est précisément cette approche culturelle qui a permis le développement des territoires individuels mais en même temps a également fait face à la perte progressive des racines culturelles et donc des connaissances et des traditions qui sont intervenues au cours de l'histoire.

Aujourd'hui, ce thème de la « diplomatie » trouve des retours intéressants également en référence à l'espace cosmique car il existe une « diplomatie scientifique » et donc une « diplomatie pour la science » qui unit des scientifiques et des institutions de nombreux pays du monde à la recherche de l'exploration spatiale, comme c'est démontré également par un projet intéressant promu début 2021 par l'ambassade d'Italie en France.

Così mentre la “diplomazia culturale” ci guida nella conoscenza dell’altro, il concetto di Cultura apre le porte ad una rinnovata prospettiva connessa al significato del *patrimonio culturale*. Quest’ultimo deriva dal latino *patrimonium*, pater-tris, ossia padre e quindi costituisce quell’insieme di valori “viventi” che appartengono, per eredità, ad una comunità. Tutto questo genera un’attenzione a favore del *patrimonio umano*, ossia il riconoscimento della diversità umana e del suo valore analizzata sia in termini di caratteristiche personali come l’età, le specifiche abilità e talenti, il genere, il livello culturale, etc., sia esaminata mediante altre componenti ed in particolare quelle ambientali, sociali, economiche e quindi culturali (Niglio, 2016).

Un patrimonio, quello umano, su cui la scienza oggi si interroga approfonditamente in virtù anche della cultura della digitalizzazione. Il patrimonio culturale viene così ad essere parte integrante di spazi in cui le comunità vivono e condividono la propria vita in tutte le sue manifestazioni.

Questo *spazio* esprime l’interesse della comunità ad organizzarsi secondo norme valide per una buona e costruttiva convivenza ma allo stesso tempo questo spazio è regolato anche da aspetti emozionali e quindi esperienze personali che arricchiscono di significati, seppur intangibili, il valore di questo spazio.

Lo spazio (dal latino: *spatium*) rappresenta un luogo illimitato e indefinito che assume una connotazione fisica attraverso elementi materiali che lo descrivono e lo circoscrivono. Questa materialità rappresenta il nucleo narrativo che la comunità riconosce allo spazio vissuto attribuendole specifiche “personalità”. Uno spazio intriso di elementi materiali e immateriali, riferimenti naturali e culturali, definisce il paesaggio degli uomini e quindi descrive la loro cultura.

So while "cultural diplomacy" guides us in knowing the other, the concept of Culture opens the doors to a renewed perspective connected to the meaning of *cultural heritage*. In Italian patrimonio culturale derives from the Latin *patrimonium*, pater-tris, meaning father and therefore constitutes that set of "living" values that belong, by inheritance, to a community. All this generates attention in favor of *human heritage*, i.e. the recognition of human diversity and its value analyzed both in terms of personal characteristics such as age, specific skills and talents, gender, cultural level, etc., and examined through other components, in particular the environmental, social, economic and therefore cultural ones (Niglio, 2016).

A heritage, the human one, on which science today questions itself in depth also by virtue of the culture of digitization. Cultural heritage thus becomes an integral part of spaces in which communities live and share their lives in all its manifestations. This *space* expresses the community's interest in organizing itself according to valid rules for a good and constructive coexistence but at the same time this space is also governed by emotional aspects and therefore personal experiences that enrich the value of this space with meanings, albeit intangible.

Space (from the Latin: *spatium*) represents an unlimited and indefinite place that takes on a physical connotation through material elements that describe and circumscribe it. This materiality represents the narrative nucleus that the community recognizes in the lived space by attributing specific "personalities" to it. A space imbued with material and immaterial elements, natural and cultural references defines the landscape of men and therefore describes their culture.

History teaches us that, in the course of its evolution, humanity has intended to integrate itself within limited places and in which it has found refuge, resolution to its problems and the most elementary needs: let's think about the theme of safety, of living and work.

Ainsi, alors que la « diplomatie culturelle » nous guide dans la connaissance de l'autre, le concept de Culture ouvre les portes d'une perspective renouvelée liée à la signification du *patrimoine culturel*. Ce dernier dérive du latin *patrimonium*, pater-tris, signifiant père et constitue donc cet ensemble de valeurs « vivantes » qui appartiennent, par héritage, à une communauté. Tout cela suscite une attention en faveur du *patrimoine humain*, c'est-à-dire que la reconnaissance de la diversité humaine et de sa valeur analysée à la fois en termes de caractéristiques personnelles telles que l'âge, les compétences et talents spécifiques, le sexe, le niveau culturel, etc., est examinée à travers d'autres composantes et en particulier les aspects environnementaux, sociaux, économiques et donc culturels (Niglio, 2016).

Un patrimoine, celui de l'humain, sur lequel la science s'interroge aujourd'hui en profondeur également en vertu de la culture de la numérisation. Le patrimoine culturel devient ainsi partie intégrante des espaces dans lesquels les communautés vivent et partagent leur vie dans toutes ses manifestations.

Cet *espace* exprime l'intérêt de la communauté à s'organiser selon des règles valables pour une coexistence bonne et constructive mais en même temps cet espace est également régi par des aspects émotionnels et donc des expériences personnelles qui enrichissent la valeur de cet espace de significations, bien qu'immatérielles.

L'espace (du latin: *spatium*) représente un lieu illimité et indéfini qui prend une connotation physique à travers des éléments matériels qui le décrivent et le circonscrivent. Cette matérialité représente le noyau narratif que la communauté reconnaît dans l'espace vécu en lui attribuant des « personnalités » spécifiques. Un espace imprégné d'éléments matériels et immatériels, de références naturelles et culturelles définit le paysage des hommes et décrit donc leur culture.

La storia ci insegna che, nel corso della sua evoluzione, l'umanità ha inteso integrarsi all'interno di luoghi circoscritti e nei quali ha trovato rifugio, risoluzione ai propri problemi e alle necessità più elementari: pensiamo al tema della sicurezza, dell'abitare e del lavoro. Lo spazio dell'abitare, ad esempio, è una delle principali e primordiali espressioni derivanti dalle necessità umane, simbolo anche del sistema sociale. Infatti, ovunque il luogo dell'abitare fornisce un inquadramento della comunità all'interno di un sistema sociale e quindi di uno spazio opportunamente delimitato.

La dimensione di uno spazio condiviso conferisce allo stesso luogo un alto valore culturale e questo trova importanti riscontri in Heidegger (Heidegger, 1991) quando attribuisce all'uomo due importanti qualità: "l'essere con gli altri" e quindi la capacità di aver cura dei propri simili "che costituisce la struttura basilare di ogni possibile rapporto tra gli uomini" e ancora "l'essere nel mondo" che si manifesta nella cura che ogni comunità esprime nell'occupare uno spazio anche oltre i confini terrestri.

Tutto questo costituisce un'importantissima base di riflessione in merito alla rimodellazione che è stata operata dall'uomo all'interno dello spazio in cui vive; uno spazio sempre più interconnesso e animato dalle opportunità di stabilire relazioni ma allo stesso tempo sempre più perimetrato da un punto di vista fisico e delle relazioni umane.

Un mondo dove l'uomo non è più con gli altri, ma spesso e volentieri è "contro il suo stesso simile" nella corsa sfrenata di perseguire obiettivi che nulla hanno a che vedere con lo sviluppo dell'umanità e quindi con il progresso del patrimonio culturale.

Nel 1972, in corrispondenza della *Convenzione per la protezione del patrimonio mondiale culturale e naturale* l'UNESCO pubblica un importante rapporto dal titolo "Learning to be" ossia "imparare per essere" e non è un caso che i due documenti siano stati pubblicati nello stesso mese di novembre.

The space of living, for example, is one of the main and primordial expressions deriving from human needs, also a symbol of the social system. In fact, everywhere the place of living provides a framework for the community within a social system and therefore in an appropriately delimited space.

The dimension of a shared space gives the same place a high cultural value and this finds important confirmation in Heidegger (Heidegger, 1991) when he attributes to man two important qualities: "being with others", therefore the ability to take care of one's fellow men "which constitutes the basic structure of every possible relationship between men" and again "being in the world" which manifests itself in the care that each community expresses in occupying a space even beyond the terrestrial borders.

All this constitutes a very important basis for reflection on the remodeling that has been carried out by mankind within the space in which they live; a space increasingly interconnected and animated by the opportunities to establish relationships but at the same time increasingly circumscribed from a physical and human relations point of view. A world where man is no longer with others, but is often "against his own fellow man" in the unbridled race to pursue goals that have nothing to do with the development of humanity and therefore with the progress of the cultural heritage .

In 1972, alongside with the *Convention for the protection of the world cultural and natural heritage*, UNESCO published an important report entitled "Learning to be" and it is no coincidence that the two documents were published in the same month of November.

While the first document advances in defining the concept of heritage and its universal value, the report on education, on the other hand, clearly manifests the interest in approaching the heritage of each community as an essential opportunity to know the individual realities and thus favor progress and dialogue between cultures.

L'histoire nous enseigne qu'au cours de son évolution, l'humanité a voulu s'intégrer dans des lieux limités et dans lesquels elle a trouvé refuge, résolution de ses problèmes et des besoins les plus élémentaires : pensons au thème de la sécurité, de la vie et du travail. L'espace de vie, par exemple, est l'une des expressions principales et primordiales dérivant des besoins humains, également symbole du système social.

En fait, partout où le lieu de vie fournit un cadre à la communauté dans un système social et donc dans un espace adéquatement délimité.

La dimension d'un espace partagé donne au même lieu une valeur culturelle élevée et cela trouve une confirmation importante chez Heidegger (Heidegger, 1991) lorsqu'il attribue à l'homme deux qualités importantes: « être avec les autres » et donc la capacité de prendre soin de son prochain « qui constitue la structure de base de toute relation possible entre les hommes » et encore « être au monde » qui se manifeste dans le souci que chaque communauté exprime à occuper un espace même au-delà des frontières terrestres.

Tout ceci constitue une base de réflexion très importante sur le remodelage qui a été opéré par l'homme dans l'espace dans lequel il vit; un espace de plus en plus interconnecté et animé par les opportunités d'établir des relations mais en même temps de plus en plus périmètre d'un point de vue physique et des relations humaines. Un monde où l'homme n'est plus avec les autres, mais le plus souvent il est « contre son propre semblable » dans la course effrénée à poursuivre des objectifs qui n'ont rien à voir avec le développement de l'humanité et donc avec le progrès du patrimoine culturel.

En 1972, en correspondance avec la *Convention pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel*, l'UNESCO a publié un rapport important intitulé « Learning to be » ou « apprendre à être » et ce n'est pas un hasard si les deux documents ont été publiés dans le même mois de Novembre.

Mentre il primo documento avanza nel definire il concetto di patrimonio e del suo valore universale, il rapporto sull'educazione invece manifesta chiaramente l'interesse ad avvicinarsi al patrimonio di ciascuna comunità come opportunità essenziale per conoscere le singole realtà e favorire così il progresso e il dialogo tra culture.

Percorsi formativi guidati alla scoperta e alla valorizzazione dei segni lasciati dalla storia e che fanno parte di quella importante eredità con cui ogni generazione deve fare i conti.

Pertanto, solo perseguendo un'educazione complessiva, per tutta la vita, che si può immaginare di costruire un uomo completo e i cui bisogni sono sempre più in aumento grazie anche agli stimoli che riceve nel confrontarsi con altre culture.

Il documento sottolinea quindi il ruolo delle relazioni, delle conoscenze e dell'imparare ad essere nel mondo, in uno spazio quindi complesso che seppur circoscritto alla sua percorribilità, sia terrestre che aerea, consente ad ogni individuo di essere sé stesso con gli altri.

Seppure l'idea di cultura abbia sempre accompagnato il discorso dello sviluppo e dell'educazione all'interno di contesti tra loro molto diversificati, solamente negli ultimi decenni si è profilata una ricerca educativa che è andata oltre i limiti imposti soprattutto dalle convenzioni sociali e lo sviluppo delle tecnologie e la digitalizzazione hanno contribuito certamente a favorire la rottura di questi limiti. Tuttavia, non parliamo qui solamente di limiti culturali ma soprattutto di limiti spazio/temporali.

They are guided training courses to discover and enhance the signs left by history and which are part of that important legacy with which every generation must deal.

Therefore, only by pursuing a comprehensive life-long education one can imagine shaping a complete man whose needs are increasing thanks to the stimuli he receives in dealing with other cultures.

The document therefore emphasizes the role of relationships, of knowledge and of learning to be in the world, in a space that is therefore complex which, although limited to its terrestrial and aerial practicability, allows each individual to be himself with others.

Although the idea of culture has always accompanied the discourse of development and education within very diversified contexts, only in recent decades has an educational research emerged that has gone beyond the limits imposed above all by social conventions and the development of technologies and digitization has certainly contributed to fostering the breaking of these limits.

However, we are not speaking here only of cultural limits but above all of space / time limits.

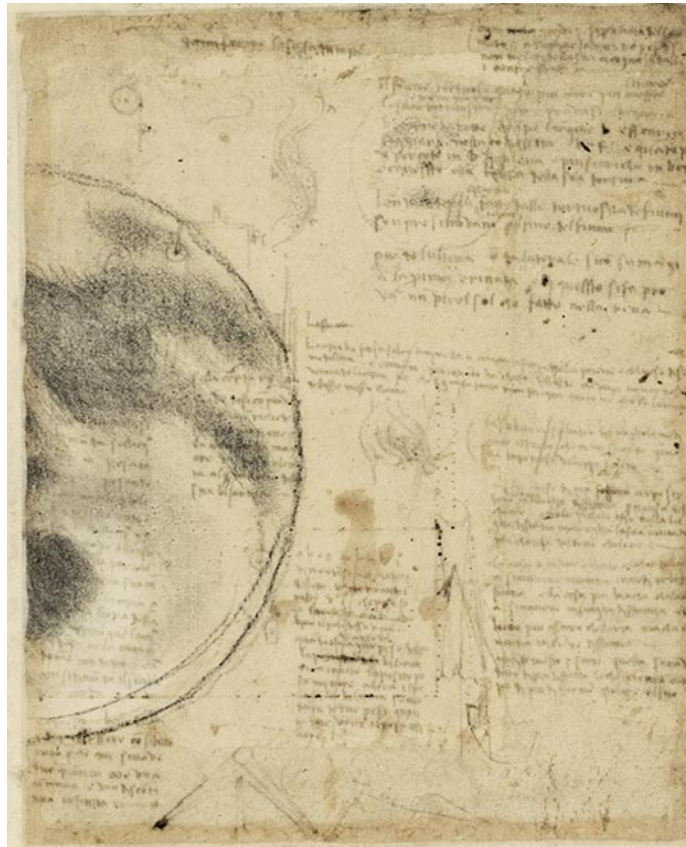
Si le premier document avança dans la définition du concept de patrimoine et de sa valeur universelle, le rapport sur l'éducation, en revanche, manifeste clairement l'intérêt d'approcher le patrimoine de chaque communauté comme une opportunité essentielle de connaître les réalités individuelles et ainsi favoriser le progrès et le dialogue entre les cultures.

Ce sont des parcours de formation visant à découvrir et valoriser les signes laissés par l'histoire et qui font partie de cet héritage important que doit affronter chaque génération.

Par conséquent, ce n'est qu'en poursuivant une éducation complète, pour la vie, que l'on peut imaginer de construire un homme complet dont les besoins augmentent de plus en plus grâce aux stimulants qu'il reçoit en traitant avec d'autres cultures. Le document met donc l'accent sur le rôle des relations, des connaissances et de l'apprentissage au monde, dans un espace donc complexe qui, bien que limité à sa praticabilité, à la fois terrestre et aérienne, permet à chaque individu d'être lui-même avec les autres.

Si l'idée de culture a toujours accompagné le discours du développement et de l'éducation dans des contextes très diversifiés, ce n'est qu'au cours des dernières décennies qu'une recherche pédagogique a émergé qui a dépassé les limites imposées avant tout par les conventions sociales et le développement des technologies et la numérisation ont certainement contribué à favoriser le dépassement de ces limites. Cependant, nous ne parlons pas ici uniquement de limites culturelles mais surtout de limites spatio-temporelles.

Fig.3. *Codex Atlanticus* (1478-1518). Bibliothèque Ambrosiana de Milan. Sur cette feuille 674 un dessin de la Lune réalisé par Léonard de Vinci (vers 1513-1514) au crayon noir et craie blanche sur papier blanc.



Verso il Patrimonio Culturale dello Spazio Cosmico

Il rapporto di spazio/tempo, valutato all'interno dei percorsi culturali, ha consentito l'evolversi di una concezione pluridimensionale della cultura stessa, ben distante da quella sostanzialmente tridimensionale a cui siamo abituati a ragionare.

Pensiamo al riguardo al modo in cui intraprendiamo la lettura di un'architettura o di un'opera d'arte in genere. Questa lettura tridimensionale già in una cultura differente da quella occidentale, come la cultura giapponese, alle tre dimensioni geometriche associa quella del tempo, quindi la percezione è pluridimensionale.

Una stanza nella cultura occidentale è percepita come una scatola il cui interno, racchiuso da superfici, definisce uno spazio. Nella cultura giapponese alla dualità oggetto/spazio si associa anche quella di spazio/tempo. Quindi il concetto di *luogo* come vuoto sperimentato ogni volta dall'individuo che ne usufruisce. Questo vuoto non è creato dalle superfici che delimitano lo spazio, ossia dagli elementi compositivi, ma nasce dalla percezione di chi lo vive e lo sperimenta in un dato momento. In questo senso il luogo definito dal rapporto spazio/tempo rappresenta un "luogo sperimentale ed esperienziale" (Niglio, 2019). Questa stessa dimensione oggi la riversiamo nelle modalità con le quali stabiliamo contatti attraverso la rete digitale in cui la relatività del rapporto spazio/tempo è definito da uno spazio considerato come un contenitore vuoto ed infinito nel quale il tempo, matematico ed astratto, scorre linearmente ed uniformemente senza nessuna interazione con qualsiasi evento esterno.

Pensiamo, ad esempio, alla delocalizzazione delle nostre azioni quotidiane in una dimensione globale governata dalla digitalizzazione e dove lo spazio e il tempo si esprimono in tutta la loro relatività.

Tutte queste considerazioni sono fondamentali per introdurre adesso la nostra attenzione all'interno di un contesto molto complesso in cui i termini cultura, patrimonio culturale, spazio e tempo sono parte integrante di un sistema a cui apparteniamo ma verso il quale non siamo abituati a riflettere circa la nostra esistenza.

Towards the Cultural Heritage of the Outer Space

The space / time relationship, evaluated within cultural contexts, has allowed the evolution of a multidimensional concept of culture itself, far removed from the substantially three-dimensional one we are used to.

Let's think about the way in which we undertake the reading of a piece of architecture or a work of art in general. This three-dimensional reading already in a culture different from the Western one, such as Japanese culture, associates the three geometric dimensions with that of time, therefore the perception is multidimensional.

A room in Western culture is perceived as a box whose interior, enclosed by surfaces, defines a space. In Japanese culture, the duality of object / space is also associated with that of space / time. Hence the concept of *place* as a void experienced each time by the individual who uses it. This void is not created by the surfaces that delimit the space, that is, by the compositional elements, but is born from the perception of those who live in it and experience it at a given moment. In this sense, the place defined by the space / time relationship represents an "experimental and experiential place" (Niglio, 2019).

Today we pour this same dimension into the ways in which we establish contacts through the digital network in which the relativity of the space / time relationship is defined by a space considered as an empty and infinite container in which time, mathematical and abstract, flows linearly and uniformly without any interaction with any external event.

We think, for example, of the delocalization of our daily actions in a global dimension governed by digitalization and where space and time are expressed in all their relativity.

All these considerations are fundamental to direct our attention now to a very complex context in which the terms culture, cultural heritage, space and time are an integral part of a system to which we belong but towards which we are not used to thinking about our existence.

Vers le Patrimoine Culturel de l'Espace Cosmique

La relation espace / temps, évaluée au sein des parcours culturels, a permis l'évolution d'une conception multidimensionnelle de la culture elle-même, très éloignée de celle substantiellement tridimensionnelle à laquelle nous sommes habitués à raisonner. Pensons à la manière dont nous entreprenons la lecture d'une architecture ou d'une œuvre d'art en général. Cette lecture tridimensionnelle déjà dans une culture différente de la culture occidentale, comme la culture japonaise, associe aux trois dimensions géométriques celle du temps, donc la perception est multidimensionnelle.

Une pièce dans la culture occidentale est perçue comme une boîte dont l'intérieur, entouré de surfaces, définit un espace. Dans la culture japonaise, la dualité objet / espace est également associée à celle de l'espace / temps. D'où le concept de *lieu* comme vide vécu à chaque fois par l'individu qui l'utilise. Ce vide n'est pas créé par les surfaces qui délimitent l'espace, c'est-à-dire par les éléments de composition, mais il provient de la perception de ceux qui le vivent et l'expérimentent à un moment donné.

En ce sens, le lieu défini par la relation espace / temps représente un « lieu expérimental et expérientiel » (Niglio, 2019). Aujourd'hui, nous versons cette même dimension dans les façons dont nous établissons des contacts à travers le réseau numérique dans lequel la relativité de la relation espace / temps est définie par un espace considéré comme un contenant vide et infini dans lequel le temps, mathématique et abstrait, s'écoule linéairement et uniformément sans aucune interaction avec un événement extérieur.

Pensons, par exemple, à la délocalisation de nos actions quotidiennes dans une dimension globale régie par la numérisation et où l'espace et le temps s'expriment dans toute leur relativité. Toutes ces considérations sont fondamentales pour introduire maintenant notre attention dans un contexte très complexe dans lequel les termes culture, patrimoine culturel, espace et temps font partie intégrante d'un système auquel nous appartenons mais auquel nous n'avons pas l'habitude de penser notre existence.

Parlo dello *spazio*, di quell'*infinito vuoto* di cui discute Platone, quale luogo di intersezione tra il mondo delle idee e quello degli enti finiti, o ancora di quella *intuizione pura*, come definita da Kant, ossia forma a priori di ogni esperienza possibile. Nella prima parte della *Critica della ragion pura*, detta "Estetica trascendentale", Kant non considera lo spazio come "attributo della materia" ma come una sostanza a sé, del tutto indipendente da essa. In pratica è come se dicesse: in epoche remote è esistito uno spazio del tutto vuoto, che successivamente si è riempito di materia e quindi di fenomeni, che hanno reso possibili le umane sensazioni e intuizioni (Kant, 2013).

Quindi un sostantivo complesso, articolato quello del termine *spazio* che in generale indica un'estensione tra due o più punti di riferimento. Quindi trova interessanti interpretazioni ed implicazioni sotto tanti punti di vista propri della geometria, della fisica, della geografia, dell'informatica, dell'architettura, della filosofia, dell'astronomia e quindi della cultura.

Con riferimento all'astronomia di cui noi facciamo parte integrante lo spazio indica quell'ambiente in cui diverse entità si muovono: i corpi celesti (ossia entità naturali come i pianeti, gli asteroidi, ammassi stellari, tutte strutture unitarie e coesive tenute insieme dalla forza di gravità) e gli elementi artificiali (i satelliti).

Gli astrofici parlano di spazio terrestre, spazio circumterrestre, spazio atmosferico, spazio planetario e interplanetario.

Tutto questo definisce lo spazio più correttamente definito spazio cosmico ossia il vuoto che esiste tra i singoli corpi celesti e in cui vige il rapporto spazio/tempo che abbiamo già esplicitato con riferimento alla lettura di un elemento architettonico ma che ora leggiamo in relazione al complesso sistema planetario a cui la "nostra casa comune" (la terra) appartiene.

I speak of *space*, of that *infinite void* that Plato discusses, as a place of intersection between the world of ideas and that of finite entities, or even of that *pure intuition*, as defined by Kant, that is, the "a priori" form of every possible experience. In the first part of the *Critique of Pure Reason*, called "Transcendental Aesthetics", Kant does not consider space as an "attribute of matter" but as a substance in itself, completely independent of it. In practice it is as if he were saying: in ancient times there was a completely empty space, which was subsequently filled with matter and therefore with phenomena, which made human sensations and intuitions possible (Kant, 2013).

So the term space is a complex articulated noun, which in general indicates an extension between two or more points of reference. Therefore it can have interesting interpretations and implications from many points of view of geometry, physics, geography, computer science, architecture, philosophy, astronomy and therefore culture.

With reference to the astronomy of which we are an integral part, space indicates that environment in which different entities move: celestial bodies (i.e. natural entities such as planets, asteroids, star clusters, all unitary and cohesive structures held together by gravity) and artificial elements (satellites). Astrophysicists speak of terrestrial space, circumterrestrial space, atmospheric space, planetary and interplanetary space.

All this defines the space that is more correctly defined as cosmic space, that is the void that exists between the individual celestial bodies and in which the space / time relationship exists as we have already explained with reference to the reading of an architectural element but which we now read in relation to the complex planetary system to which "our common home" (the earth) belongs.

Je parle de l'espace, de ce *vide infini* dont Platon parle, comme lieu d'intersection entre le monde des idées et celui des entités finies, ou même de cette *intuition pure*, telle que définie par Kant, c'est-à-dire forme a priori de toute expérience possible. Dans la première partie de la *Critique de la raison pure*, appelée « Esthétique transcendantale », Kant ne considère pas l'espace comme un « attribut de la matière » mais comme une substance en soi, totalement indépendante de celle-ci. En pratique, c'est comme s'il disait: dans l'Antiquité, il y avait un espace complètement vide, qui a été par la suite rempli de matière et donc de phénomènes, qui rendaient possibles les sensations et les intuitions humaines (Kant, 2013).

Donc un substantif complexe et articulé, celui du terme *espace*, qui en général indique une extension entre deux ou plusieurs points de référence. Il trouve donc des interprétations et des implications intéressantes sous de nombreux points de vue de la géométrie, de la physique, de la géographie, de l'informatique, de l'architecture, de la philosophie, de l'astronomie et donc de la culture

En référence à l'astronomie dont nous faisons partie intégrante, l'espace indique cet environnement dans lequel se déplacent différentes entités : les corps célestes (c'est-à-dire les entités naturelles telles que les planètes, les astéroïdes, les amas d'étoiles, toutes les structures unitaires et cohésives maintenues ensemble par la force de gravité) et les éléments artificiels (satellites). Les astrophysiciens parlent de l'espace terrestre, de l'espace circumterrestre, de l'espace atmosphérique, de l'espace planétaire et interplanétaire.

Tout cela définit l'espace plus correctement défini comme espace cosmique, c'est-à-dire le vide qui existe entre les corps célestes individuels et dans lequel existe la relation espace / temps que nous avons déjà expliquée en référence à la lecture d'un élément architectural mais que nous lisons maintenant par rapport au système complexe planétaire auquel appartient « notre maison commune » (la terre).

Un concetto, quello del vuoto, che certamente non avevano apprezzato filosofi come Aristotele e Parmenide che su basi ontologiche ne negavano l'esistenza. Ancora fino a tutto il XVII secolo il concetto di spazio era considerato nella sua pienezza ed integrità e non come vuoto anche se le sperimentazioni di Galileo Galilei e del suo allievo Evangelista Torricelli furono finalizzate a costruire apparecchiature in grado di dimostrare l'esistenza del vuoto (Galilei, 1970).

Concetto che, da un punto di vista storico, trova importanti riferimenti anche negli studi approntati dalla Cina già in secoli precedenti nonché da studiosi inglesi come Thomas Digges che per primo ha potuto dimostrare e sostenere il concetto di infinitezza e quindi di un universo infinito.

Sono queste brevi riflessioni per avanzare in uno studio ben più complesso dove la componente culturale fa da maestra e da guida per la comprensione della nostra stessa esistenza. Un percorso culturale quello dell'astronomia, che soprattutto a partire dal XIX secolo, ha avuto uno sviluppo impressionante ma poco diffuso e quindi ancora non annoverato come patrimonio dell'umanità.

L'impegno di tutto adesso deve essere rivolto a operare e lavorare per approfondire e rafforzare il valore culturale del patrimonio dello Spazio del cosmo e quindi di avvicinare i processi educativi verso la conoscenza e lo sviluppo del sistema universo, parte integrante del nostro patrimonio culturale e con il quale sempre più saremo coinvolti e invitati a confrontarci anche per la salvaguardia dalla vita sulla terra.

Tutto questo entra a pieno titolo nei processi umanistici che sempre più interverranno nella nostra quotidianità e con cui dobbiamo confrontarci sapientemente per costruire al meglio la vita nel presente e per il futuro.

A concept, that of the void, which certainly was appreciated by philosophers such as Aristotle and Parmenides who denied its existence on ontological grounds.

By the late 17th century, the concept of space was considered in its fullness and integrity and not as a void even though the experiments of Galileo Galilei and his pupil Evangelista Torricelli were aimed at building equipment capable of demonstrating the existence of void (Galilei, 1970).

A concept that, from a historical point of view, also finds important references in the studies prepared by China already in previous centuries as well as by English scholars such as Thomas Digges who was the first to demonstrate and support the concept of infinity and therefore of an infinite universe.

These are brief reflections to advance in a much more complex study where the cultural component acts as a teacher and guide for the understanding of our own existence. A cultural path that of astronomy, which especially since the nineteenth century, has had an impressive but not very widespread development and therefore not yet listed as a world heritage site.

The commitment of all now must be aimed at operating and working to deepen and strengthen the cultural value of the heritage of the Space of the cosmos and therefore to bring educational processes closer to the knowledge and development of the universe system, an integral part of our cultural heritage and with which we will be more and more involved and invited to confront ourselves also for the safeguarding of life on earth.

All this enters fully into the humanistic processes that will increasingly intervene in our daily life and with which we must deal wisely to better build life in the present and for the future.

Un concept, celui du vide, que n'avaient certainement pas apprécié les philosophes comme Aristote et Parménide qui niaient son existence pour des raisons ontologiques. Jusqu'à la fin du XVIIe siècle, le concept d'espace était considéré dans sa plénitude et son intégrité et non comme vide, même si les expériences de Galileo Galilei et de son élève Evangelista Torricelli visaient à construire des équipements capables de démontrer l'existence du vide (Galilei, 1970).

Un concept qui, d'un point de vue historique, trouve également des références importantes dans les études préparées par la Chine déjà au cours des siècles précédents ainsi que par des chercheurs anglais tels que Thomas Digges qui fut le premier à démontrer et soutenir le concept d'infini et donc d'un univers infini.

Ce sont de brèves réflexions à avancer dans une étude beaucoup plus complexe où la composante culturelle agit comme un enseignant et un guide pour la compréhension de notre propre existence. Un parcours culturel celui de l'astronomie, qui surtout depuis le XIXe siècle, a connu un développement impressionnant mais peu répandu et donc pas encore inscrit au patrimoine de l'humanité.

L'engagement de tous doit maintenant viser à opérer et travailler pour approfondir et renforcer la valeur culturelle du patrimoine de l'Espace du cosmos et donc rapprocher les processus éducatifs vers la connaissance et le développement du système de l'univers, partie intégrante de notre patrimoine culturel et avec lequel nous serons de plus en plus impliqués et invités à nous confronter pour la sauvegarde de la vie sur terre.

Tout cela entre pleinement dans les processus humanistes qui interviendront de plus en plus dans notre vie quotidienne et auxquels nous devons être confrontés avec sagesse pour mieux construire la vie dans le présent et pour l'avenir.

Bibliographie

- AA.VV., *Learning to be. The world of education today and tomorrow*, UNESCO, Paris, 1972, p. 6.
- Galilei G. (1970), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, a cura di L. Sosio, Torino
- Heidegger M. (1991), *Costruire, Abitare, Pensare*, in M. Heidegger "Saggi e discorsi", Mursia Editore, Milano, pp. 104-105.
- Kant I. (2013), *Critica della ragion pura*, a cura di P. Chioldi, Torino.
- Lee R. Y. J., Niglio O. (2019), *Cultural Diplomacy & Heritage*, Tab Edizioni, Roma.
- Niglio O. (2016), *Il Patrimonio Umano prima ancora del Patrimonio dell'Umanità*, in "Cities of memory. International Journal on Culture and Heritage at Risk", Vol. 1, n.1, Edifir, Firenze, pp. 47-52.
- Niglio O. (2019), *Réflexions sur habiter le vide*, in "Le Carré Bleu", n.3. http://www.lecarrebleu.it/wpcontent/uploads/2019/03/FRAPN02_CARR_2019_3.pdf

trois différentes approches sur la Terre, dans l'espace, sur la Lune

Massimo Pica Ciamarra - CNS Center for Near Space, Italy

Bangkok, cityscape_discovery / instagram

tre diversi approcci: sulla Terra / nello spazio / sulla Luna

OrbiTecture è un neologismo, deriva dalla contrazione di Orbital Architecture, è stato creato dal CNS cinquant'anni dopo "urbatettura", la definizione con cui Jan Lubicz Nycz illustrava i "grattacieli a cucchiaio", megastrutture a funzioni multiple che animavano la sua proposta per Tel Aviv. Bruno Zevi esaltò questo assunto opponendosi all'impropria scissione urbanistica / architettura e puntando a superare ogni distinzione funzionale: qualche anno dopo inserì "urbatettura" fra le sue sette invarianti (Zevi, 1973)¹.

L'acuta distinzione fra le opere di Architettura (tecnologie semplici / obiettivi complessi) e le opere di Ingegneria come un razzo per andare sulla luna, semplice negli obiettivi e complesso nelle tecnologie (Venturi, 1966)² è negata in OrbiTecture in cui coesistono massime complessità di obiettivi e tecnologiche.

Anche Quarto Ambiente³ è un neologismo, coniato negli anni '80 del secolo scorso Luigi Napolitano⁴ per indicare il nuovo luogo (oltre Terra / Acqua / Aria) dove può svilupparsi la vita umana. Gli studi sul Quarto Ambiente rispondono all'innato desiderio di cercare ed esplorare sempre nuove realtà, hanno ormai numerose e preziose ricadute nella vita di tutti i giorni, soprattutto spingono a sperimentare e riflettere.

three different approaches: on Earth / in space / on the Moon

OrbiTecture is a neologism deriving from the contraction of Orbital Architecture, created by CNS in 2015 exactly fifty years after Urbatecture, definition used by Jan Lubicz Nycz in illustrating his "spoon skyscrapers", multifunctional megastructures representing his proposal for Tel Aviv. Bruno Zevi extolled this hypothesis opposing the improper town planning/architecture dichotomy and aiming to overcome any anachronistic functional distinction: some years later he included "urbatecture" among his seven invariants (Zevi, 1973)¹.

The acute distinction between the works of Architecture - simple technologies/complex objectives – and the works of Engineering, for which the example was a rocket to go to the Moon, simple in objectives and complex in technologies (Venturi, 1966)² is denied in OrbiTecture where the greatest complexities co-exist both in technologies and in objectives.

Fourth Environment³ is also a neologism - in the '80s of last century Luigi Napolitano⁴ coined this term to define a new place (besides Land/ Water / Air) where human life can thrive – not only meet the innate wish of looking for and exploring new realities, not only have numerous and precious impacts (of which many are not aware) on everyday life, but above all urge us all to experiment and reflect.

OrbiTecture est un néologisme qui dérive de la contraction d'Orbital Architecture, créé par le CNS en 2015 exactement cinquante ans après Urbatecture, définition utilisée par Jan Lubicz Nycz en présentant les « gratte-ciels à cuillère », mégastructures ayant des fonctions multiples qui animaient sa proposition pour Tel Aviv. Bruno Zevi magnifia cette hypothèse en s'opposant à la séparation impropre entre aménagement du territoire et architecture et visant à dépasser toute anachronique distinction fonctionnelle : après quelques années il inclut « urbatecture » entre ses sept invariantes (Zevi, 1973)¹.

La pénétrante distinction entre les œuvres d'Architecture - technologies simples / objectifs complexes - et les œuvres d'Ingénierie pour lesquelles l'exemple était une fusée pour aller sur la Lune, simple dans les objectifs et complexe dans les technologies (Venturi, 1966)² est niée en OrbiTecture où coexistent les plus grandes complexités tant dans les technologies que dans les objectifs.

Quatrième Environnement³ est également un néologisme - dans les années '80 du siècle passé Luigi Napolitano⁴ forgea ce terme pour indiquer un lieu nouveau (outre Terre/Eau/Air) où la vie humaine peut se développer - non seulement répondent au désir inné de chercher et explorer des réalités toujours nouvelles, non seulement ont désormais des conséquences nombreuses et précieuses (dont beaucoup de gens sont inconscients) dans la vie de tous les jours, mais surtout poussent à expérimenter et réfléchir.



terre

Da questi studi emergono linee di azione da riportare sul nostro pianeta, di grande utilità proprio in questa fase di crisi globali. Il ciclo dell'acqua, il riuso di ogni forma di rifiuti, come intensificare le coltivazioni e la produzione di cibo, come non consumare suolo e ridurre il consumo di tempo: tematiche importanti, lontane dal cercare di rendere abitabili altri corpi celesti creando o atmosfere simili a quella terrestre che ha accompagnato l'uomo nella sua lunga e straordinaria linea evolutiva⁵.

Inevitabilmente, pur cercando di affrancarci da prassi improprie, abbiamo portato nello spazio criteri e metodologie di lavoro sperimentate qui, sulla Terra. Oggi è prezioso l'inverso: riportare sulla Terra quanto si comincia a capire attraverso progetti per il Quarto Ambiente.

Ricerche ed esperienze in OrbiTecture portano a riflettere sulle sostanziali diversità di approccio al progetto nei diversi ambienti di vita:

- quando si progetta qui, sulla Terra, domina il rapporto natura/artificio: ogni intervento, quale ne sia la dimensione, non è che un frammento del tutto: deve saper entrare a far parte dell'Ambiente (questione planetaria), dei Paesaggi (che identificano le diverse culture e civiltà) e della Memoria (che caratterizza ogni singolo luogo)
- progettare una stazione spaziale è molto diverso: in questi casi tutto è artificio, la natura è fuori. In una unità isolata, autonoma, ha ancora senso la triade "Utilitas / Firmitas / Venustas", ormai del tutto inconcepibile sulla Terra, dove c'è sempre più bisogno di relazioni, non di autonomie
- sulla Luna, su Marte o altrove, l'approccio progettuale è ancora diverso. Dove la forza gravità è molto minore di quella terrestre, è più agevole minimizzare l'impatto al suolo: evitare splateamenti e soprattutto non riportare su altri pianeti le banalità che qui, sulla Terra, spesso ingombrano i territori.



espace

The studies on the Fourth Environment highlight action lines to be repeated on our planet, extremely useful just in this precise stage of global crises. The water cycle, the re-use of all forms of waste, how to intensify crops and food production, how not to consume soil and reduce time consumption: these are all important themes which are however far from trying to make other celestial bodies inhabitable by creating or modifying atmospheres to make them similar to the terrestrial one, which has accompanied man in his long and extraordinary evolution line⁵.

Inevitably, also trying to free ourselves from improper practices, we have taken criteria and work methodologies experimented here, on the Earth, into the space. Nowadays the opposite becomes precious: taking back to the Earth what we are starting to understand through our projects for the Fourth Environment.

Research and experiences in OrbiTecture urge to think of the substantial diversity of approach to design in the various living environments:

- here, on the Earth, in design the nature/artifice ratio dominates: every project, whatever its dimension, is nothing but a fragment which has to be able to be part of the Environment (it is a planetary question), of Landscapes (identifying civilizations and cultures) and of Memory (connected to the individual features of places and actions);
- designing a space station is definitely different: everything is artifice, nature is outside. It is a matter of isolated autonomous units, for which Vitruvius' triad "Utilitas/Firmitas/Venustas" is still meaningful, although it is absolutely inconceivable here on the Earth, in a world which deeply needs relations, never autonomy;
- on the Moon, on Mars or elsewhere, the design approach is still different. Where gravity is smaller than on the Earth, it is easier to pursue the aim of minimum impact at ground level: at any rate trying not to repeat on other planets the trivial solutions which often encumber our territories.



lune

Des études sur le Quatrième Environnement émergent des lignes d'action à transférer sur notre planète, d'une grande utilité juste dans cette phase précise de crises globales. Le cycle de l'eau, la réutilisation de toute forme de déchets, comment intensifier les cultures et la production de nourriture, comment ne pas épuiser les sols et réduire la consommation de temps : ce sont tous des thèmes importants mais lointains que chercher à rendre habitables d'autres corps célestes en créant ou modifiant les atmosphères pour les rendre semblables à celle de la Terre, qui ont accompagné l'homme dans sa longue et extraordinaire ligne évolutive⁵.

Inévitablement, même en cherchant à s'affranchir d'usages impropres, on a porté dans l'espace des critères et des méthodologies de travail expérimentées ici, sur la Terre.

Aujourd'hui c'est l'inverse qui devient précieux : appliquer sur la Terre ce que l'on commence à comprendre à travers les projets pour le Quatrième Environnement.

Recherches et expériences en OrbiTecture poussent à réfléchir sur les substantielles diversités d'approche au projet dans les différents environnements de vie :

- lorsqu'on fait des plans sur la Terre, domine le rapport nature/artifice : tout projet, quelle que soit sa dimension, n'est qu'un fragment qui doit être à même de faire partie de l'Environnement (c'est une question planétaire), des Paysages (qui identifient civilisation et culture) et de la Mémoire (liée à la singularité des lieux et des actions) ;
- faire les plans d'une station spatiale est différent : tout est artifice, la nature est dehors. Il s'agit d'unités isolées, autonomes, pour lesquelles vaut encore la triade vitruvienne « Utilitas/Firmitas/Venustas » qui est tout à fait impensable chez nous, dans un monde qui a un grand besoin de relations, non plus d'autonomies ;
- sur la Lune, sur Mars ou ailleurs, l'approche du projet est encore différente. Là où la force de gravité est moindre que celle sur la Terre, il est plus aisé poursuivre l'objectif de l'impact minimum au sol : de toute façon, en évitant de ramener sur d'autres planètes les banalités qui, ici sur la Terre, de plus en plus souvent encombrant nos territoires.

Nel 1957 -63 anni fa- con lo Sputnik prese concreto avvio l'era dello spazio. Prima dei prossimi 63 -prima della fine di questo secolo- le apparenti “utopie” del Quarto Ambiente avranno generato “realità” diverse da quanto immaginato, forse con qualche richiamo alle esperienze del *Center for Near Space*⁶ / *Italian Institute for the Future* dove convergono vivacità giovanili e contributi esperti di ingegneria spaziale, di architettura⁷, agronomia, psicologia, neuroscienze, tecnologie, materiali antibatterici, illuminotecnica e light design, diritto spaziale, riciclo, stampa 3D e così via, supportate da collaborazioni nazionali e internazionali⁸.

Il CNS promuove interazioni multidisciplinari per esplorare la fattibilità tecnologica di soluzioni innovative nel quadro di studi di anticipazione relativi all'espansione dell'umanità nello spazio⁸.

Lo spazio geo-lunare è l'ambiente più vicino e più adatto su cui concentrarsi. Infrastrutture scientifiche, industriali e ricreative -situate in LEO (orbita bassa terrestre), LMO (orbita bassa lunare) e nei punti lagrangiani- supporteranno la vita all'esterno dell'atmosfera terrestre, mentre diversi tipi di trasporto garantiranno mobilità e collegamenti con la Terra.

Nella seconda metà di questo secolo -simbolicamente 100 anni dopo il primo passo di un uomo al di fuori della Terra- una comunità permanente di mille individui distribuita in vari “quartieri” affollerà lo spazio cis-lunare: una “Città Cislunare”, utile anche come tappa intermedia verso Marte, costituita da una pluralità di distinte unità di dimensioni diverse fra loro, un “arcipelago” di unità o quartieri caratterizzati ciascuno da una funzione prevalente -non esclusiva- quindi unità fra loro differenziate, interrelate cioè complementari, realizzate anche da soggetti diversi, pronte ad accogliere nel tempo unità successive, interconnesse da una rete di trasporti giornalieri.

Vivere nello spazio richiederà l'efficace integrazione e valutazione simultanea di molti aspetti.

In 1957 – 63 years ago – the Sputnik gave concretely way to the age of Space. Before the next 63 years – by the end of this century – the apparent “Utopias” of the Fourth Environment will have generated “realities” different from what had been imagined, perhaps with some hints to the experiences of the *Center for Near Space*⁶ / *Italian Institute for the Future* where for some years have converged both lively young people and experts in space engineering, architecture⁷, agronomy, psychology, neuroscience, technologies, antibacterial materials, lighting technique and light design, space law, recycle, 3D printing and so on, supported by national and international cooperation⁸.

The CNS promotes multidisciplinary interaction to explore the technological feasibility of innovating solutions within the framework of forecast studies concerning the expansion of mankind into the Space⁹.

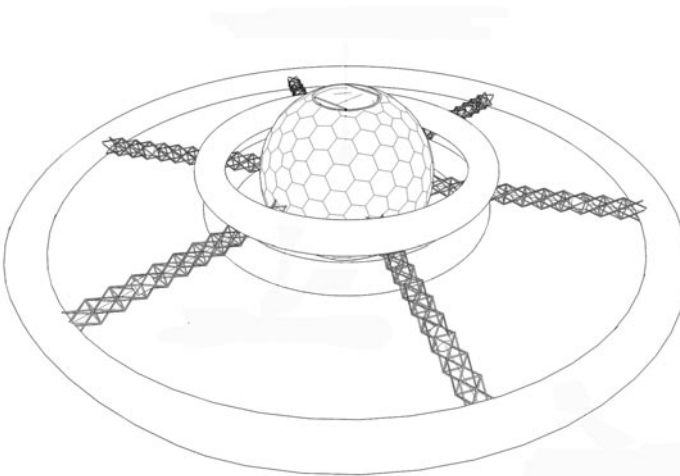
The geo-lunar space is the closest and aptest environment on which to focus. Scientific, industrial and leisure infrastructures - located in LEO (low earth orbit), LMO (low lunar orbit) and in Lagranges' points – will support life outside the earth atmosphere, while different types of transport will guarantee mobility and connections with the Earth. In the second half of this century- symbolically 100 years after the first step of a man outside the Earth – a permanent community of one thousand persons distributed in various “districts”, will crowd the cis-lunar space: a “Cis-lunar City”, useful also as an intermediate stop over towards Mars, formed by many distinct units different from one another, an “archipelago” of units or districts each of them characterized by a dominant – not exclusive – function. Hence, differentiated, interrelated i.e. complementary units, implemented also by different subjects, ready to include future units, interconnected by a network of daily transports.

Living in the space will require an effective integration and simultaneous assessment of many aspects.

En 1957 - il y a 63 ans - l'ère de l'espace démarra avec le Spoutnik. Avant les 63 prochaines années - avant la fin de ce siècle - les apparentes « utopies » du Quatrième Environnement auront généré des « réalités » différentes de ce qu'on avait imaginé, peut être en se référant aux expériences du *Center for Near Space*⁶ / *Italian Institute for the Future*, où, depuis quelques années convergent la vivacité du jeune Age et les contributions des experts d'ingénierie spatiale, architecture⁷, agronomie, psychologie, neurosciences, technologies, matériaux antibactériens, éclairagisme et « light design », droit de l'espace, recyclage, impression 3D, etc. , soutenues par des collaborations nationales et internationales⁸.

Le CNS promeut des interdisciplinarités pour explorer la faisabilité technologique de solutions innovatrices dans le cadre d'études de prévisions concernant l'expansion de l'humanité dans l'espace⁹.

L'espace géo-lunaire est l'environnement le plus proche et le plus apte sur lequel se concentrer. Infrastructures scientifiques, industrielles et récréatives - placées en LEO (orbite basse terrestre), LMO (orbite basse lunaire) et dans les points lagrangiens - supporterons la vie à l'extérieur de l'atmosphère terrestre, tandis que plusieurs types de transport garantiront mobilité et liaisons avec la Terre. Dans la deuxième moitié de ce siècle - symboliquement 100 ans après le premier pas d'un homme à l'extérieur de la Terre - une communauté permanente de mille individus distribuée en différents « quartiers » remplira l'espace cis-lunaire : une « Ville Cislunaire », utile aussi comme une étape intermédiaire vers Mars, constituée par une pluralité de différentes unités de dimensions différentes entre elles, un « archipel » d'unités ou quartiers caractérisés chacun par une fonction prévalente - non exclusive - donc des unités différenciées, en relation les unes avec les autres c'est-à-dire complémentaires, réalisées par des sujets différents, prêtes à accueillir dans le temps des unités successives, connectées dans un réseau de transport journalier.



"OrbiTecture" guarda a storie e ragionamenti su come costruire al di fuori del nostro pianeta, fare uso esteso della produzione additiva robotica innovativa, per la struttura principale come quelle secondarie interne all'infrastruttura spaziale.

In OrbiTecture sono state fin qui avviate tre ricerche per habitat in ambienti extraterrestri, accomunate dall'approccio sistemico.

La prima porta a immaginare cosa possa subentrare all'attuale Stazione Spaziale Internazionale (ISS) che noi consideriamo paleolitica: giustapposizioni di componenti che rispondono a singole esigenze, proprio come le automobili dell'800 - **SpaceHub**¹⁰ segna la transizione da giustapposizioni di parti -ogni questione risolta separatamente- a visioni integrate; vale a dire dall'approccio paleolitico e dall'era della separazione a quella dell'integrazione.

Con il suo aspetto planetomorfo SpaceHub apre al futuro, introduce nello spazio una forma al tempo stesso innovativa, antica e perenne; propone tecnologie non abituali ed un inserimento che sembra poter essere approvato anche da una Soprintendenza divina.

Non è stata però prioritaria l'istanza di forma: l'aspetto di SpaceHub è il risultato di ragionamenti logici tesi a identificare requisiti di piena vivibilità e socializzazione, a minimizzare le quantità, a massimizzare gli spazi utili, a rispondere a requisiti basilari, a delineare processi realizzativi.

Cento abitanti (ricercatori, ma anche numerosi turisti), sfera centrale di 44 metri di diametro, a gravità quasi 0 quindi con la maggior parte dei laboratori di ricerca in microgravità, in parte attrezzata come hangar e molo d'attracco per arrivo / partenza di navicelle spaziali; due toroidi sovrapposti a 38 metri di distanza in modo che la loro rotazione a 2 giri/min faccia registrare una gravità lunare (0,16g); poi ancora un toroide a 83 metri che simula la gravità marziana (0,38g)¹¹.

OrbiTecture considers stories and analysis on how to construct outside our planet, how to make a large use of additional innovating robotic production for the main structure as well as for the secondary ones within the space infrastructure.

So far, in OrbiTecture three research works on a habitat in extra-terrestrial environments have been produced, sharing the systemic approach.

The first research work highlights what can replace the present International Space Station (ISS). **SpaceHub**¹⁰ marks the transition from the juxtaposition of parts - i.e. each question separately solved - to integrated visions; in other words, from the Paleolithic approach and from the era of separation to the one of integration. With its planet-shaped aspect SpaceHub opens to the future, introduces an innovating and at the same time ancient and perennial form into the Space; it proposes unusual technologies and a fitting into the space which might even be approved by a divine Monuments and Fine Arts Office. The form has not been the priority issue: the aspect of SpaceHub is the result of logical studies aimed to identify the prerequisites of full livability and socialization, to minimize quantities, to maximize useful spaces, to meet the basic prerequisites, to outline implementation processes.

One hundred inhabitants (researchers, but also many tourists), a central sphere of 44 meters in diameter, having almost 0 gravity with most of the research laboratories in microgravity, partly equipped as a hangar or mooring peer for the arrival/departure of space shuttles; two superimposed toroids at 38 meters distance so that their rotation at 2 revolutions/minute produces a lunar gravity (0.16g); then another toroid at 83 meters simulating martian gravity (0.38g.)¹¹.

Compared to ISS, SpaceHub has a per capita volume almost five times bigger (from 155 to 700 m3/person) and a unitary weight reduced to less than 1/6 (from 450 to 70 kg/m3) thanks also to fabrication in the space and with a specific saving by 30% of the materials sent from the Earth¹².

Vivre dans l'espace demandera l'efficace intégration et l'évaluation simultanée de beaucoup d'aspects. « OrbiTecture » considère les histoires et le raisonnements sur comment construire à l'extérieur de notre planète, comment utiliser largement la production de la nouvelle robotique innovatrice, pour la structure principale ainsi que pour les secondaires à l'intérieur de l'infrastructure spatiale .

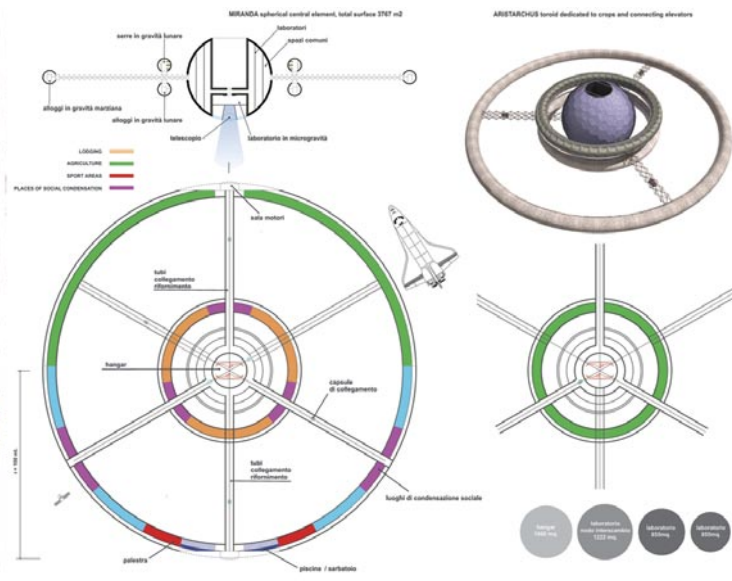
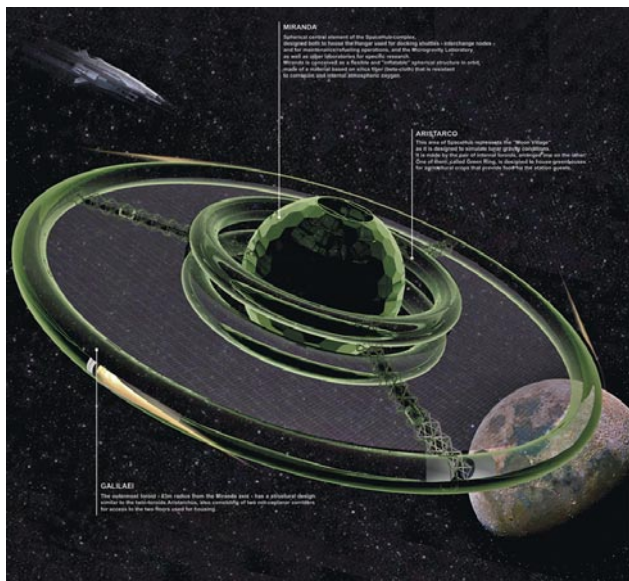
En OrbiTecture, a ce jour, il y a trois recherches pour un habitat dans les environnements extra-terrestres, unies par l'approche systémique.

La première nous amène à imaginer que ce qui peut succéder à l'actuelle Station Spatiale Internationale (ISS) que nous considérons paléolithique : juxtapositions de composantes qui répondent à des exigences individuelles, justement comme dans les automobiles du XIX ème siècle.

SpaceHub¹⁰ marque la transition vers la juxtaposition des parties - chacune solutionnée séparément -en formes intégrées ; c'est-à-dire passer de l'approche paléolithique et de l'ère de la séparation à celle de l'intégration.

Avec son champ morphogénétique Space Hub s'ouvre sur le futur, introduit dans l'espace une forme en même temps innovatrice et ancienne par sa référence aux formes éternelles dans l'espace ; il propose des technologies inhabituelles et une intégration qui pourraient même être approuvées par une Autorité divine pour la protection du patrimoine.

Cependant, la forme de la Station n'a pas été prioritaire : l'aspect de Space Hub est le résultat de raisonnements logiques visant à identifier les qualités de totale habitabilité et socialisation, à minimiser les quantités, à maximiser les espaces utiles, à répondre aux qualités basales, à déliminer les procédés de réalisation.



Rispetto all'ISS, SpaceHub ha volume pro-capite quasi cinque volte maggiore (da 155 a 700 m3/persona) e peso unitario ridotto a meno di 1/6 (da 450 a 70 kg/m3) grazie anche alla fabbricazione nello spazio e con risparmio specifico del 30% di materiali inviati dalla Terra¹². Si fonda su razionalità e semplicità: perviene a un habitat con funzioni integrate, spazi per le attività lavorative e per la socializzazione, per vivere bene. Nei toroidi gli alloggi, gli ambienti di lavoro e gli spazi comuni; poi spazi per verde -e per coltivazioni adatte a produrre cibo nello spazio e rigenerare acqua ed ossigeno- che impegnano quasi 2/3 della superficie totale, circa 60 m2/persona. La protezione dalle radiazioni è affidata a uno strato d'acqua contenuto in celle esagonali isolate ed affiancate, insieme a colonie di microorganismi come ad esempio cianobatteri. Fra i toroidi sono distesi veli fotovoltaici in quantità congruente con il fabbisogno energetico del complesso stimato in 2,6 MW.

La permanenza nel Quarto Ambiente richiede che la vita degli abitanti sia sostenuta da continua rigenerazione delle risorse primarie. SpaceHub è un sistema chiuso dal punto di vista della materia, ma aperto da quello dell'energia; anche se in piccolo, riproduce i cicli che si sviluppano sulla Terra¹³. Sistemi biorigenerativi e colture agrarie basate sulle piante superiori contribuiscono a risolvere vari problemi e forniscono diete adeguate per quantità e qualità. Il sistema biorigenerativo produce cibo fresco, genera ossigeno e rimuove l'anidride carbonica dall'aria attraverso la fotosintesi, depura l'acqua attraverso il processo di traspirazione, tratta opportunamente e utilizza i residui della biomassa, dei rifiuti organici dei processi e dei reflui fisiologici. È essenziale però che punti soprattutto al benessere psico-fisico di chi vivrà in questi luoghi.

Nell'attuale ISS i sistemi di riciclaggio producono 25-30 litri d'acqua/giorno per ciascuno dei membri dell'equipaggio, mentre ognuno dei cento abitanti dello SpaceHub necessita di quantità d'acqua doppia (un decimo della quale per bere e cucinare).

It is based on rationality and simplicity: it produces a habitat with integrated functions, spaces for work activities and for socialization, to live well. In the toroids there will be lodgings, work environment and common spaces; then green spaces – and spaces for crops apt to produce food in the space and regenerate water and oxygen – covering almost 2/3 of the total surface, some 60 m2/person. The protection against radiations is provided by a layer of water contained in hexagonal isolated and side by side cells, together with colonies of microorganisms such as blue-green algae. Between the toroids photovoltaic veils are stretched in the quantity necessary to the energy requirements of the complex, estimated at 2.6 MW.

Permanence in the Fourth Environment requires support to the life of inhabitants thanks to a continuous regeneration of primary resources. SpaceHub is a closed system from the matter stand point, but it is open from the energy one; even if at a smaller scale, it mimics the cycles which develop on Earth¹³.

Bio-regenerating systems and crops based on higher plants contribute to solve various problems and supply adequate diets in quantity and quality. The bio-generating system produces fresh food, generates oxygen and removes carbon dioxide from the air through photosynthesis, purifies water through the transpiration process, processes adequately and uses the wastes of biomass, the organic refuses of processes and physiological reflux. It is necessary, anyway, for it to aim at the psycho-physical well being of those who will live up there.

In the present ISS recycling systems produce 25-30 liters of water/day for each member of the crew, whilst each of the one hundred inhabitants of the SpaceHub needs twice this quantity of water (one tenth of which to drink and cook). Aiming at annihilating the need for supply from other parts of the Cislunar City or from production in orbit (NASA believe they can obtain 1 liter of water from 5 kg of asteroid rock) the maximum recycling is needed.

Cent habitants (chercheurs, mais aussi nombreux touristes), une sphère centrale de 44 mètres de diamètre, en gravité presque 0 par conséquent avec la plupart des laboratoires en microgravité - en partie équipée comme un hangar et point d'attache pour arrivée/départ de vaisseaux spatiaux ; deux « tores » superposés à 38mètres de distance de façon que leur rotation à 2 tours par minute fasse enregistrer une gravité lunaire (0,16g.) ; et encore, un « tore » à 83mètres qui simule la gravité martienne (0,38g)¹¹.

Comparé à l'ISS, Space Hub a un volume par occupant presque cinq fois plus grand (de 155 à 700 m3/personne) et un poids unitaire réduit à moins de 1/6 (de 450 à 70 kg/m3) grâce aussi à la fabrication dans l'espace et avec une économie spécifique de 30% des matériaux envoyés de la Terre¹².

Il se fonde sur rationalité et simplicité : il présente un habitat avec des fonctions intégrées, espaces pour les activités de travail et pour la socialisation, pour bien vivre.

Dans les « tores » : les logements, les pièces de travail et les espaces communs ; et des espaces verts - et pour les cultures aptes à produire nourriture dans l'espace et régénérer eau et oxygène - qui occupent presque 2/3 de la surface totale, à peu près 60m²/personne. La protection contre les radiations est confiée à une couche d'eau contenue dans des cellules hexagonales isolées à côté l'une de l'autre, avec des colonies de micro-organismes comme par exemple les cyanobactéries. Entre les « tores » sont étendues des surfaces photovoltaïques subtiles en quantité cohérente avec les besoins énergétiques du complexe, évalués à 2,6 MW.

Le séjour dans le Quatrième Environnement demande que la vie des habitants soit soutenue par une régénération continue des ressources primaires. Space Hub est un système clos au point de vue de la matière, mais ouvert pour ce qui concerne l'énergie ; même si à petite échelle, il reproduit les cycles qui se déroulent sur la Terre.

GREEN
hydroponic cultivation / prototype of a space greenhouse

ENERGY

SpaceHub water: primary element of life support

Crops will be indispensable in the "cislunar city"
Simplified scheme of a regenerative system based on superior plants

photosynthesis system for energy production

The surface of GaAs-J solar cells produces 3875 kW, against the estimated need of 2650 kW.

Item	On Earth		In Space	
	kg/day	kg/yr	kg/day	kg/yr
Oxygen	0.84	306	0.84	306
Drinking Water	1.4	511	1.42	516
Dried Food	1.77	644	1.77	644
Water for Wash	4	1461	8.88	3231

One-person need of water

Bioregenerative processes

Regenerative processes

Puntando ad azzerare la necessità di rifornimenti da altre parti della Città Cislunare o da produzione in orbita (la NASA ritiene di poter ottenere 1 litro d'acqua da 5 kg di roccia di asteroidi) occorre il massimo riciclaggio. Si prevede un ciclo dell'acqua completamente chiuso: tutta l'acqua presente a bordo (nell'atmosfera, quella impiegata per igiene personale, urina) è recuperata e depurata. Questa enorme quantità d'acqua, da riciclare con continuità, è contenuta in particolare nelle celle esagonali di copertura per la protezione dalle radiazioni cosmiche; è un ambiente ben integrato con gli altri sistemi.

Una seconda riflessione è stata fatta per **OrbiTech**¹⁴, risposta ad "Or1gyn -International Space Design Habitat Competition" 2019- che chiedeva una vera città spaziale, cento volte più grande di SpaceHub: inizialmente 2.000 abitanti che per fasi diventino 10.000. La proposta del CNS si basa sull'ipotesi che gli obiettivi funzionali primari di questa città siano di ricerca e di produzione, e su principi progettuali analoghi a quelli assunti per lo SpaceHub.

L'ampia dimensione di OrbiTech impone di fatto dotazioni di servizio per una popolazione sostanzialmente stabile. L'insieme sarà contenuto in un involucro sferico di circa 400 metri di diametro, svolgerà funzione di satellite per le telecomunicazioni tra la terra ed i pianeti interni, accoglierà cinque unità disposte lungo un ascensore spaziale che coincide con l'asse di rotazione e di collegamento tra i vari moduli, ognuna da 2.000 abitanti e scalata da SpaceHub. Si determinerà quindi una colonia spaziale circoscritta da una membrana sferica atta a produrre energia e proteggere gli abitanti dalle radiazioni spaziali: l'aspetto planetomorfo sarà raggiunto nella fase finale.

Sui poli opposti della membrana saranno installati due telescopi per l'esplorazione dell'universo; i punti d'attracco delle navicelle spaziali sono previsti tra primo e secondo modulo vicino a un polo, poi tra quarto e quinto modulo vicino al polo opposto.

A completely closed water cycle is envisaged: all the water present on board (in the atmosphere, the one used for personal hygiene, urine) is recovered and purified. This enormous quantity of water integrated with the other systems, to be continuously recycled, is contained in particular in the hexagonal cells of the covering against cosmic radiations; it is an environment well integrated with the other systems.

A second reflexion has been made for **OrbiTech**¹⁴, a response to "Or1gyn International Space Design Habitat Competition" 2019 - which asked for a real space city, a hundred times bigger than SpaceHub: initially 2,000 inhabitants who, by stages, become 10,000. CNS's proposal is based on the assumption that the primary functional objectives of this city are research and production, and on design principles similar to the ones hypothesized for SpaceHub .

The great dimension of OrbiTch demands service equipment for a substantially stable population. The whole will be contained in a spherical envelope of some 400 meters of diameter, will play the role of a telecommunications satellite between the Earth and the internal planets, will house five units located along a space lift which coincides with the rotation axis and of connection between the different modules, each for 2,000 inhabitants, having a smaller scale but similar to SpaceHub. A space colony will be thus formed, limited by a spherical membrane apt to produce energy and protect the inhabitants against space radiations: the planet-like shape will be attained in the final stage.

On the opposite poles of the membrane two telescopes will be installed to explore the universe; the mooring points of space shuttles are envisaged between the first and the second module close to a pole, then between the fourth and the fifth module close to the opposite pole. "Green"/ "water" / "energy" are substantial in this, the previous and the next research: reducing and minimizing needs, recycling, but also producing, and , on this point, an uncertain and above all different future is emerging.

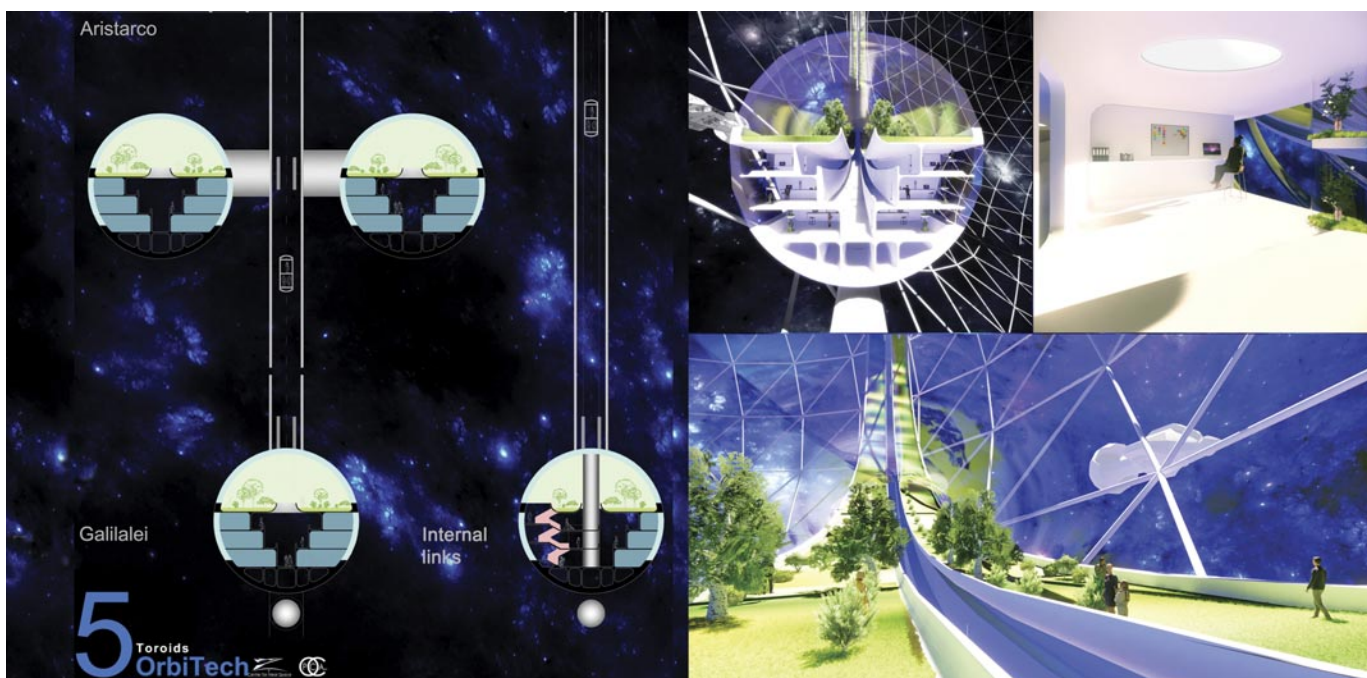
Des systèmes régénérateurs et des cultures basées sur les plantes supérieures contribuent à résoudre les différents problèmes et fournissent des alimentations adéquates en quantité et qualité. Le système bio-régénérateur produit nourriture fraîche et oxygène et élimine anhydride carbonique de l'air à travers la photosynthèse, épure l'eau à travers le processus de transpiration, traite et utilise adéquatement les résidus de la biomasse, des déchets organiques des procédés et des fonctions physiologiques.

Il est essentiel surtout qu'il vise au bien être psychophysique de ceux qui vivront dans ces lieux.

Dans l'ISS actuelle les systèmes de recyclage produisent 25/30 litres d'eau/jour pour chaque membre de l'équipage, tandis que chacun des cent habitants du Space Hub nécessite d'une double quantité d'eau (un dixième de laquelle pour boire et cuisiner). Visant à annuler la nécessité d'approvisionnement provenant d'autres parts de la Cité Cis-lunaire ou de production sur orbite (la NASA estime pouvoir obtenir 1 litre d'eau de 5 kg de roche d'astéroïdes) est nécessaire le recyclage maximum. On prévoit un cycle de l'eau complètement clos : toute l'eau présente à bord (dans l'atmosphère, l'eau utilisée pour l'hygiène corporelle, urine) sera récupérée et épurée.

Cette énorme quantité d'eau, à recycler sans arrêt, sera contenue en particulier dans les cellules hexagonales de couverture pour la protection contre les radiations cosmique ; c'est un environnement bien intégré avec les autres systèmes.

Une seconde réflexion a été faite pour **OrbiTech**¹⁴ , la réponse à « Or1gyn » -International Space Design Habitat Competition 2019- qui demandait une véritable ville spatiale, cent fois plus grande que SpaceHub : initialement 2.000 habitants qui par phases deviennent 10.000. La proposition du CNS est basée sur l'hypothèse que les objectifs fonctionnels primaires de cette ville soient de recherche et de production, et sur des principes de projets approchants ceux adoptés pour le SpaceHub.

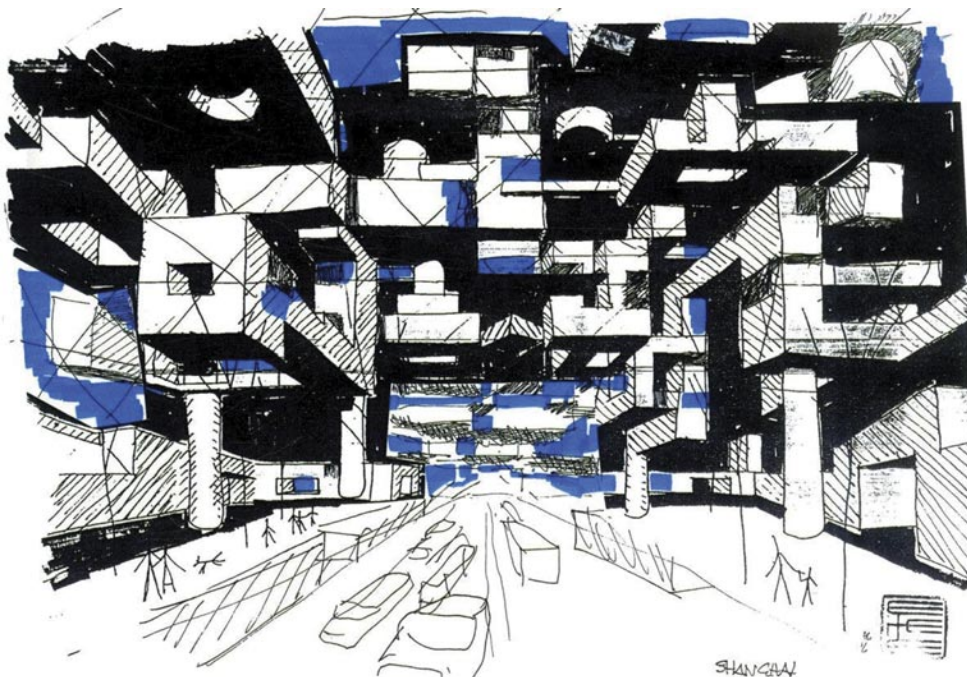


Sostanziali in questa, come nella precedente e nella ricerca successiva, “verde” / “acqua” / “energia”: ridurre e minimizzare i fabbisogni, riciclare; ma anche produrre e, su questo, si delineano futuri incerti e soprattutto differenti.

Diversamente dalle prime due, che pure continuano ad accogliere integrazioni e specificazioni, la terza ricerca -LunaFab- è in corso. Riguarda un habitat lunare caratterizzato da agevole continua accrescibilità e da un atteggiamento che definirei “archeologico”, in quanto non presuppone sbancamenti di fatto propedeutici a tutte le proposte alternative fin qui viste, fra cui ricorrono quelle che si rifanno agli igloo esquimesi che hanno anche il limite di essere isolati l’uno dall’altro. L’attuale ipotesi per l’habitat lunare si avvale della modesta forza di gravità, meno di 1/6 rispetto a quella terrestre: riduce gli sforzi e facilita strutture sospese; minimo impatto al suolo che così resta disponibile per ogni forma di indagine e ricerca.

Il processo costruttivo è affidato a stampanti 3D che utilizzino la grande disponibilità di regolite lunare miscelata con ilmenite per produrre manufatti strutturali: si troverà come fugare dubbi e incertezze residue. Sulla Luna potrebbero assumere concretezza principi di “topografia artificiale” nella scia di Yona Friedman e della sua “Ville Spatiale”, utopia anni ’50 dove però “spaziale” aveva un senso diverso perché connotava una città terrestre ben sollevata dal suolo.

Un lungo processo evolutivo ha adattato l’uomo ai contesti terrestri. La sua presenza nel Quarto Ambiente al momento sarà “occasionale”: riguarda attività industriali, laboratori di ricerca, resort. In ogni caso l’insediamento sul nostro satellite o su altri pianeti deve essere profondamente diverso da quanto si sta facendo sulla Terra dove “le singole cellule si sviluppano senza regole e senza ritegno avendo perso l’informazione che dovrebbe tenerle insieme”, proprio come nelle patologie neoplastiche (Lorenz, 1973)¹⁵.



Yona Friedman, la ville spatiale

Unlike the first two research works, which all the same are still the object of integrations and specifications, the third one -LunaPark – is in progress. It concerns a Lunar habitat characterized by an easy continuous growth and by an attitude I might define “archeological”, since it does not envisage excavations preparatory to all the alternative proposals so far analyzed, among which those inspired by Eskimo igloos, which have the limitation of being isolated one from the other. The current hypothesis for the Lunar habitat avails itself of a poor gravity, less than 1/6 compared to the Earth one: it reduces efforts and facilitates suspended structures with a minimum impact at ground level which remains thus available for any form of investigation and research.

The construction process is entrusted to 3D printers using the great amount of lunar regolith mixed with ilmenite to produce structural manufactured products: a way will be found to cancel residual doubts and uncertainties. On the Moon, principles of “artificial topography” might become concrete on the wake of Yona Friedman and his “Ville Spatiale”, a Utopia of the '50s where “Spatiale” had a different meaning because it suggested a terrestrial city well above the ground.

A long evolutionary process has adapted man to terrestrial contexts. His presence in the Fourth Environment at present will be “occasional”: it concerns industrial activities, research laboratories, resorts. At any rate, the settlement on our satellite or on other planets has to be deeply different from what is being done on the Earth where “individual cells develop without rules and without restraint having lost the information which ought to keep them together” just like in neoplastic pathologies (Lorenz, 1973)¹⁵.

Hence also deeply far from the proposal for the “colonization of planet Mars”¹⁶ launched by Elon Musk, he himself unable to get rid of the negative models of soil occupation.

La grande dimension d'OrbiTech impose en fait des équipements de service pour une population substantiellement stable. L'ensemble sera contenu dans une enveloppe sphérique d'environ 400 mètres de diamètre, il jouera le rôle de satellite pour les télécommunications entre la terre et les planètes internes, accueillera cinq unités disposées le long d'un ascenseur spatial qui coïncide avec l'axe de rotation et de contact entre les différents modules, chacune de 2.000 habitants et semblables à SpaceHub à différentes échelles. Se produira donc une colonie spatiale circonscrite par une membrane sphérique apte à produire énergie et à protéger les habitants contre les radiations spatiales : l'aspect planétomorphique sera atteint dans la phase finale. Sur les pôles opposés de la membrane seront installés deux télescopes pour explorer l'univers ; les points d'attache des vaisseaux spatiaux sont prévus entre le premier et le deuxième module près d'un pôle, puis entre le quatrième et le cinquième module près du pôle opposé.

Dans cette recherche, comme dans la précédente et dans la suivante, « vert » / « eau » / « énergie » sont substantiels : réduire et minimiser les besoins, recycler ; mais aussi produire et, sur ça, se dessine un futur incertain et surtout différent.

Autrement que les deux premières, qui pourtant continuent à accueillir intégrations et précisions, la troisième recherche - Luna Park - est en cours. Elle concerne un habitat lunaire caractérisé par une possibilité facile d'accroissement continu et par une attitude que j'aime définir « archéologique », puisqu'elle ne présuppose pas de préparations propédeutiques à toutes les propositions alternatives vues jusqu'à maintenant, entre lesquelles se trouvent celles qui se rapportent aux igloos esquimaux dont les limites sont isolées entre eux. L'hypothèse actuelle pour l'habitat lunaire se sert de la modeste force de gravité, moins de 1/6 de celle de la force terrestre, ce qui réduit les efforts et facilite les structures suspendues ; impact minimum au sol qui reste disponible pour toute forme d'enquête et recherche.

Quindi profondamente distante anche dalla proposta per la “colonizzazione del pianeta Marte”¹⁶ lanciata da Elon Musk, perfino lui incapace di affrancarsi da negativi modelli di occupazione del suolo.

Ma dove insediarsi sulla Luna? Convincevano i lava tubes, le grandi cavità naturali dovute all'attività vulcanica: offrono protezione da radiazioni e meteoriti; mitigano gli enormi sbalzi termici nel netto passaggio giorno-notte con ritmo circadiano 28 volte più ampio di quello terrestre.

Ad un insediamento di dimensioni paragonabili a quelle delle attuali basi scientifiche in Antartide, occorre però affiancare piccoli spazi con laboratori fuori dalle cavità. Un po' come i nostri antenati: vivevano protetti dalle mura delle città, ma avevano presidi fuori, nelle campagne.

Mentre negli ambienti di vita terrestri è il “non-costruito” che ha maggiore importanza -sono gli spazi aperti quelli che aggregano e danno senso alle nostre città- sulla Luna o su Marte gli esseri umani non possono vivere che in spazi chiusi, confinati e attentamente trattati.

Senza tute spaziali o abiti particolari, non siamo in grado di sopravvivere ai rapidi e fortissimi sbalzi di temperatura, non siamo in grado di respirare per assenza di ossigeno.

Fra le alternative di localizzazione è quindi prevalsa allora quella che -potendosi di avvalere del ghiaccio dei crateri polari- facilita micro-condizioni spaziali analoghe a quelle terrestri -“terraforming”- quindi il passaggio da scafandri individuali a “ambiti” collettivi nella scia della cupola per Manhattan che Buckminster Fuller calcolava ripagata in 10 anni.

Per l'habitat lunare si prevede un nucleo stabile ed unità mobili. Per il primo, strutture “sospese” e accrescibilità nel tempo senza interferire con le attività in corso, quasi secondo principi “organici”. Evitando splateamenti e minimizzando gli interventi sul suolo -oltre a ridurre impegno e lavoro- l'approccio “archeologico” salvaguarda quanto deve essere oggetto di analisi e indagini ed evita di ripetere sulla Luna errori non rari sulla Terra.



Buckminster Fuller:
Dome over Manhattan, 1961

Then, where to settle on the Moon? The lava tubes were convincing: the great natural cavities produced by volcanic activity provide protection against radiations and meteorites, and can also mitigate the enormous thermal changes in the sharp day/night alternation at a circadian rhythm 28 times greater than the terrestrial one. Such a settlement, comparable in size to the present scientific bases in the Antarctic, ought to be complemented by small spaces with laboratories outside the cavities. Just like our ancestors, who used to live protected by the city walls, but had structures to work outside them, in the countryside.

Whilst in the terrestrial living environments it is the “non built” which is particularly important: it's the open spaces the ones which aggregate and give sense to our cities, on the Moon and on Mars human beings can only live in adequately organized confined spaces. Unless one wears a sealed space-suit or, anyway, special clothes, one is not able to survive to the rapid and very sharp changes in temperature, one cannot breathe due to oxygen absence.

Among the alternatives of settlement the most widely accepted one has been the one which – availing itself of the ice of polar craters- provides space micro-conditions similar to the Earth ones - “earth-forming” - hence the shift from individual space-suits to community “environments” on the wake of the geodesic dome proposed by Buckminster Fuller for Manhattan which, as he calculated, would repay itself in a matter of 10 years.

For the lunar habitat a stable core and mobile units are envisaged. For the former, “suspended” structures and accretion over time are envisaged without interfering with ongoing activities, almost according to “organic” principles.

Preventing splitting and minimizing activities on the soil - besides reducing effort and work - the “archaeological” approach safeguards what has to be the object of analysis and investigation and prevents from repeating on the Moon errors which are not rare on the Earth.

Le procès de construction sera confié à des imprimantes 3D qui utilisent la grande quantité de « régolite » lunaire mélangée avec « ilménite » pour produire des objets manufacturés structuraux : on trouvera le moyen pour dissiper les doutes et les incertitudes résiduelles. Sur la Lune, on pourrait concrétiser les principes de « topographie artificielle » dans le sillon de Yona Friedman et de sa « Ville Spatiale », l'utopie des années '50 où cependant « spatiale » avait un sens différent puisque le terme connotait une ville terrestre surélevée du sol.

Un long processus évolutif a adapté l'homme aux contextes terrestres. Sa présence dans le Quatrième Environnement à présent sera « occasionnelle » : elle concerne des activités industrielles, laboratoires de recherche, resort.

D'autre part, un établissement sur notre satellite ou sur d'autres planètes doit être conceptuellement différent de ce qu'on est en train de faire sur la terre où « les cellules individuelles se développent sans règles et sans retenue, ayant perdu l'information qui devrait les unir », tout comme dans les pathologies néoplasiques. (Lorenz, 1973)¹⁵.

Donc des établissements assez profondément loin de la proposition pour la « colonisation de la planète Mars »¹⁶, lancée il y a quelques années par Elon Musk, lui aussi incapable de se s'affranchir des modèles négatifs de l'occupation du sol.

Mais où s'installer sur la Lune ? Les « tunnels de laves », les grandes cavités naturelles créées par l'activité volcanique, étaient consistants : ils offrent protection contre les radiations et les météorites, et peuvent aussi corriger les énormes écarts de température dans le brusque passage jour-nuit avec un rythme circadien 28 fois plus grand que sur la terre. A un établissement de dimensions comparables à celles habituelles des bases scientifiques en Antarctique il sera aussi nécessaire d'ajouter des petits espaces avec laboratoires de recherche hors des cavités.

Un peu comme nos ancêtres qui vivaient protégés par les murs de la ville, mais avaient besoin de structures dans les campagnes.

Una semisfera che contiene aria e vegetazione (verde agricolo) definita da spessori di ghiaccio -la localizzazione scelta ha temperatura sempre sotto zero- e regolite [ambidue a Km 0] con compartimentazioni tipo domopack della calotta e sistemi di controllo di pressione/temperatura per evitare la sublimazione.

Questa semisfera protegge dalle radiazioni, capta energia, assicura trasparenza. La costruzione è stabile grazie al blocco di ca.30 mq. dei collegamenti verticali, infisso al suolo e attrezzato per la “lunotermia”, ed a piedi telescopici capaci di adattarsi alle altimetrie del suolo.

Completata la semisfera e realizzato il piano con alberature e verde agricolo, l'insieme comincia con l'essere adatto a ospitare 15 persone e può crescere fino ad ospitarne 100. Pareti dei locali con doppio vetro con ampia intercapedine piena d'acqua: ciò migliora la protezione da radiazione, isolamento termico e costituisce un ulteriore serbatoio idrico. Il nucleo stabile è predisposto ad affiancamenti in aderenza di unità analoghe.

Le unità mobili sono laboratori semoventi delocalizzabili, attrezzati (una sorta di “camper” da 5-6 posti) capaci di “camminare” su grandi gambe robotiche¹⁷.

Per l'energia forse ci si potrà avvalere di idrogeno verde utilizzando l'acqua presente sulla Luna e su Marte in forme diverse.

Per scindere le molecole dell'acqua ci si è sempre basati su acqua purificata, ma ormai è possibile utilizzare acqua salata, quindi separare idrogeno e ossigeno tramite energia solare ottenendo un combustibile che non emette biossido di carbonio.

Sulla Terra prime applicazioni saranno operative già nel 2021 (quartieri abitativi) e nel 2022 (uso industriale).

Potrebbe essere questa l'energia per gli insediamenti nel Quarto Ambiente.

A hemisphere contains air and plants (agricultural green) surrounded by ice – the chosen location has a temperature constantly below zero- and regolith (both of them at Km 0) with a “domo-pack” type compartment division of the cap and pressure/temperature control systems to prevent sublimation. Such semi-sphere protects against radiations, catches energy, ensures transparency.

The construction is stable thanks to the block of some 30 square metres of vertical connections, fixed to the ground and equipped for “moon-temperature”, and with telescopic feet capable of adjust themselves to different levels of the ground.

Once the hemi-sphere has been completed and the area with trees and agricultural greenery has been implemented, the whole is apt to house 15 people and can grow up to accommodate even 100.

The walls will be made of double glazing with a large interspace filled with water: this improves both protection against radiations and thermal insulation and represents a further water reservoir. The stable core can be complemented by similar units adhering to its sides.

The mobile units are equipped (a sort of 5-6 seats “camper”) self-moving laboratories capable to “walk” on long robotic legs¹⁷. For energy, it will be possible to resort to green hydrogen by using the water present on the Moon and on Mars under different forms.

To split the water molecules, purified water has always been used, but it is now also possible to use salt water, then separate hydrogen, through solar energy, obtaining thus a fuel which does not emit carbon dioxide.

On Earth the first applications will be operational as early as 2021 (residential districts) and in 2022 (industrial use).

This might be the energy for settlements in the Fourth Environment.

Tandis que dans les environnements de vie le « non bâti » est le plus important - ce sont les espaces ouverts ceux qui agrègent et donne un sens à nos villes - sur la Lune ou sur Mars les êtres humains ne peuvent vivre que dans des espaces clos, confinés et traités avec attention. Au moins d'être doués de combinaisons spatiales scellées ou de toute façon de vêtements particuliers , on n'est pas à même de survivre aux rapides et soudains écarts de température, on n'est pas à même de respirer en absence d'oxygène. Entre les alternatives de localisation a prévalu celle qui - en pouvant utiliser la glace des cratères polaires - facilite des micro-conditions spatiales analogues a celles de la terre - « terraforming » - par conséquent le passage de scaphandres individuels à des « systèmes » collectifs comme la coupole pour Manhattan que Buckminster Fuller calculait compensée en 10 ans.

Un noyau stable et des unités lunaires mobiles sont attendu pour l'habitat lunaire. Pour le premier, structures « suspendues » et accréation dans le temps sans interférer avec les activités en cours, presque selon des principes « organiques ».

En évitant le clivage et en minimisant les interventions sur le terrain- en plus de réduire l'effort et le travail - l'approche « archéologique » sauvegarde ce qui doit faire l'objet d'analyse et d'investigation et évite de répéter sur la Lune des erreurs qui ne sont pas rares sur la Terre. Un hémisphère contenant de l'air e de la végétation (vert agricole) défini par des épaisseurs de glace - l'emplacement choisi a une température toujours inférieure à zéro - et régulé (tous deux au Km 0) avec des compartiments de type « domopack » du capuchon et des systèmes de contrôle de pression/température pour éviter la sublimation. Cet hémisphère protège des radiations, capte l'énergie, assure la transparence.

La construction est stable grace au bloc d'environ 30 mètres carrés de liaisons verticales, fixées au sol et équipées pour « lunithermique » et avec des pieds télescopiques capables de s'adapter aux altitudes du sol.

Références

- ¹ Zevi B. [Bruno]. (1973). *Il linguaggio moderno dell'architettura*, Torino, Einaudi
- ² Venturi, R. [Robert]. (1966). *Complexity and Contradiction in Architecture*. New York, NY, Museum of Modern Art
- ³ Napolitano, L.G. [Luigi Gerardo]. (1992). *Quarto Ambiente*. Napoli, Innovare srl - Banco di Napoli
- ⁴ Napolitano, L.G. [Luigi Gerardo]. (1982). *Space. Mankind Fourth Environment*. Oxford, Pergamon Press
- ⁵ Harari Y.N. [Yuval Noah]. (2014). *Sapiens : Une brève histoire de l'humanité* [« Sapiens: a Brief History of Humankind »] (trad. de l'anglais par Pierre-Emmanuel Dauzat), Paris, éd. Albin Michel, 2015, 501 p.
- ⁶ CNS -dirigé par l'ingénieur Gennaro Russo- centre de compétence spécialisé (Premio Sorrento 2019 - CMEA / Centro Meridionale di Educazione Ambientale) de l'IIF. <http://www.instituteforthefuture.it>
- ⁷ arch. Guido De Martino, Pica Ciamarra Associati, <http://www.pcaint.eu> (qui 11 video <multimedia / video / OrbiTecture - progetto di habitat spaziale>)
- ⁸ Le CNS travaille en coopération avec Asgardia, la première nation spatiale ; avec les "Distretti Aerospaziali" de la Campania (DAC) et de la Sardaigne (DASS) ; avec l'Université Federico II de Naples, le Politecnico de Turin, l'Institut de Sciences Appliquées et Systèmes Intelligents "Eduardo Caianiello" du CNR, l'Observatoire de Capodimonte de l'INAF, le Project Management Institute Southern Italy Chapter, l'Italian Mars Society, Exosphère LLC, Trans-Tech srl
- ⁹ CNS, (2019). Our Vision: The Cislunar City. Italian Institute for the Future. <https://www.instituteforthefuture.it/wp-content/uploads/2019/10/CNS-Vision.pdf>
- ¹⁰ AA.VV., (2017). *OrbiTecture*. Le Carré Bleu, feuille internationale d'architecture - Paris, n°2/3. *SpaceHub*, pp.29-45. <http://www.lecarrebleu.eu>
- ¹¹ des précisions de ces données pourront dériver de l'approfondissement des questions concernant l'impact sur les toros de la force de Coriolis
- ¹² AA.VV., (2017). *Rapport Technique - OrbiTecture, projet d'un habitat dans l'espace*, Center for Near Space. <http://www.instituteforthefuture.it> <pubblicazioni / Report e paper>
- ¹³ Torre V. [Vincenzo] + AA.VV. (2017). *OrbiTecture: SpaceHub, l'importanza dell'approccio sistemico*, in <Bioarchitettura> - Bolzano, n° 106, pp.8-13.
- ¹⁴ cfr. 8 panneaux in <http://www.pcaint.eu> <sectors / architecture / 2019>
- ¹⁵ Lorenz, K. [Konrad]. (1973). *Gli otto peccati capitali della nostra civiltà*, Milano, Adelphi
- ¹⁶ Bignami, L. [Luigi]. (2017). Voici la ville qu'Elon Musk veut construire sur Mars. Et les plans des autres pour coloniser la planète rouge <https://it.businessinsider.com/ecco-il-razzo-fottutamente-grande-che-elon-musk-vuol-mandare-su-marte-e-i-piani-degli-altri-per-colonizzare-il-pianeta-rosso/>
- ¹⁷ cfr. "mini cheetah" / MIT (<https://www.youtube.com/watch?v=xNeZWP5Mx9s>)

Une fois l'hémisphère achevé et le plan avec arbres et verdure agricole réalisé, l'ensemble commence par convenir à 15 personnes et peut s'agrandir pour en accueillir 100.

Les murs des chambres auront un double vitrage avec des grandes cavités remplies d'eau : cela améliore la protection contre les radiations et l'isolation thermique et constitue un réservoir d'eau supplémentaire. Le noyau stable es prédisposé cote à cote en adhérant à des unités similaires.

Les unités mobiles sont des laboratoires autopropropulsés déplaçables et équipés (sorte de « camping car » de 5 à 6 places) capables de « marcher » sur des grandes jambes robotiques.¹⁷

Pour l'énergie, il sera peut-être possible d'utiliser de l'hydrogène vert en utilisant l'eau présente sur la Lune et sur Mars sous différentes formes. L'eau purifiée a toujours été utilisée pour diviser les molécules d'eau, mais il est maintenant possible d'utiliser de l'eau salée, puis de séparer l'hydrogène et l'oxygène à l'aide de l'énergie solaire, en obtenant un carburant qui n'émet pas de dioxyde de carbone. Sur la Terre, les premières applications seront opérationnelles dès 2021 (quartiers résidentiels) et en 2022 (usage industriel). Cela pourrait être l'énergie pour les colonies dans le Quatrième Environnement.



Nouveaux paradigmes d'OrbiTecture pour les habitats lunaires: LunaFab

Guido De Martino, Raffaele Minichini, Massimo Pica Ciamarra, Gennaro Russo - Center for Near Space, Italy

Nuovi paradigmi di OrbiTecture per gli habitat lunari: LunaFab

La missione del Center for Near Space include la diffusione della cultura spaziale tra le giovani generazioni; la promozione del settore privato dell'astronautica civile e lo stimolo di una comunità di utenti privati, senza la quale lo spazio rimarrebbe limitato agli addetti ai lavori. Il CNS lavora con gruppi interdisciplinari e intergenerazionali e combina lo sviluppo di concetti con previsioni tecnologiche. Secondo la logica dell'anticipazione, si cerca di capire in quali futuri gli attuali segnali proiettano la realtà. I segnali di oggi parlano di un futuro fatto di sistemi spaziali modulari ancora fortemente basati sulla ricerca e legati agli investimenti governativi.

Tutti i segnali identificabili oggi parlano di un futuro fatto di sistemi spaziali modulari ancora fortemente basati su attività di ricerca e come tali fortemente legati, direttamente o indirettamente, agli investimenti governativi. Il CNS indica questo come un processo evolutivo bottom-up. In tal senso, la NASA e i rappresentanti di altri 8 Paesi hanno firmato nel 2020 gli Artemis Accords per la cooperazione nell'esplorazione e l'uso civile di Luna, Marte, comete e asteroidi per scopi pacifici.

New Paradigms of OrbiTecture for Lunar Habitats: LunaFab

La mission du Centre for Near Space comprend la diffusion de la culture spatiale parmi les jeunes générations; la promotion du secteur privé de l'astronautique civile et la stimulation d'une communauté d'utilisateurs privés, sans laquelle l'espace resterait limité aux professionnels. Le CNS travaille avec des groupes interdisciplinaires et intergénérationnels et combine le développement de concepts avec des prévisions technologiques. Selon la logique de l'anticipation, nous essayons de comprendre dans quels futurs les signaux actuels projettent la réalité. Les signaux d'aujourd'hui parlent d'un avenir constitué de systèmes spatiaux modulaires encore fortement basés sur la recherche et liés aux investissements gouvernementaux.

The Center for Near Space's mission includes the spreading of space culture among younger generations; the promotion of the private sector of Civil Astronautics and the stimulation of a private users' community, without which Space would only remain limited to insiders. CNS works with interdisciplinary and intergeneration groups by typically combining concept development with technology forecast and foresight. According with the anticipation logic, CNS tries to understand in which futures the signals of today project the reality.

Today signals show a future made of modular space systems still strongly based on research and linked to governmental investment. CNS marks this as a bottom-up evolutionary process. In this sense, NASA and representatives from 8 Countries signed the 2020 Artemis Accords for the cooperation in exploration and civil use of the Moon, Mars, comets and asteroids for pacific purposes.

Tous les signaux identifiables parlent aujourd'hui d'un avenir constitué de systèmes spatiaux modulaires encore fortement basés sur des activités de recherche et à ce titre fortement liés, directement ou indirectement, aux investissements gouvernementaux. Le CNS indique qu'il s'agit d'un processus évolutif ascendant. En ce sens, la NASA et des représentants de 8 autres pays ont signé les accords Artemis en 2020 pour la coopération dans l'exploration et l'utilisation civile de la Lune, de Mars, des comètes et des astéroïdes à des fins pacifiques.

99

different approaches to design in different contexts



on Earth

the relationship between nature and artifice dominates



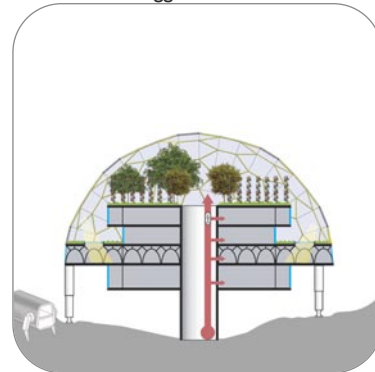
in Space

in Space everything is artifice



on the Moon

l'approccio al progetto è ancora differente, bisogna evitare di portare la cultura del consumo di suolo che distrugge i nostri territori



Il programma Artemis include lo sviluppo del Cislunar Gateway che è in fase di progettazione e sarà realizzato a partire dal 2024. La sua filosofia di progettazione di base è la stessa della ISS (International Space Station): giustapposizione di moduli costruiti sulla Terra, portati in orbita lunare dalla Terra e lì integrati.

E qui sta la differenza: sulla base dei processi top-down (ovvero a ritroso dal futuro verso oggi) messi in essere dal Center for Near Space, si cerca di capire quali potrebbero essere specifiche “nuove” esigenze (requisiti) derivanti da una filosofia di vita più quotidiana del futuro design del sistema spaziale, resa possibile da lungimiranza tecnologica.

Giocando con esercizi di progettazione insieme a questa filosofia, il gruppo di lavoro OrbiTexture coinvolge scienziati, tecnologi, architetti, botanici, artisti, sociologi, psicologi e così via, ma anche studenti.

Lavora sulla costruzione al di fuori del nostro pianeta, cercando di valutare le capacità tecnologiche proiettate nel medio-lungo termine.

The Artemis program includes the development of the Cislunar Gateway, still under its design phase, that will be manufactured from 2024. The project’s basic design philosophy remains the same of ISS (International Space Station): juxtaposition of modules built on Earth, brought in lunar orbit from the Earth, and there integrated.

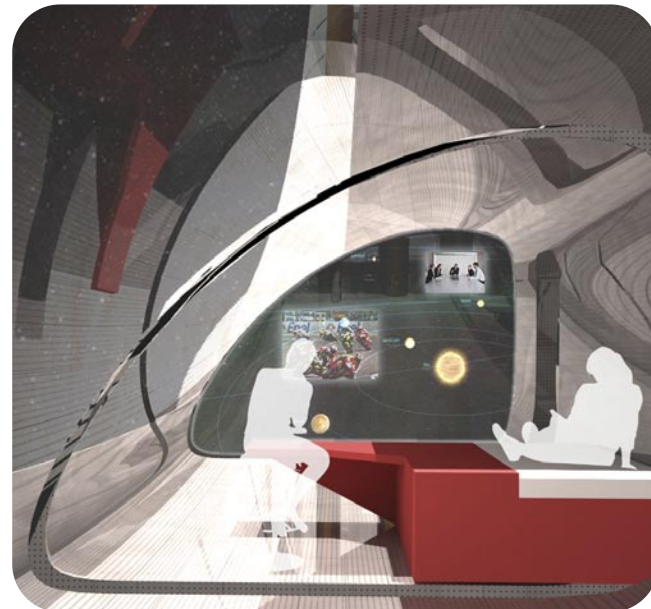
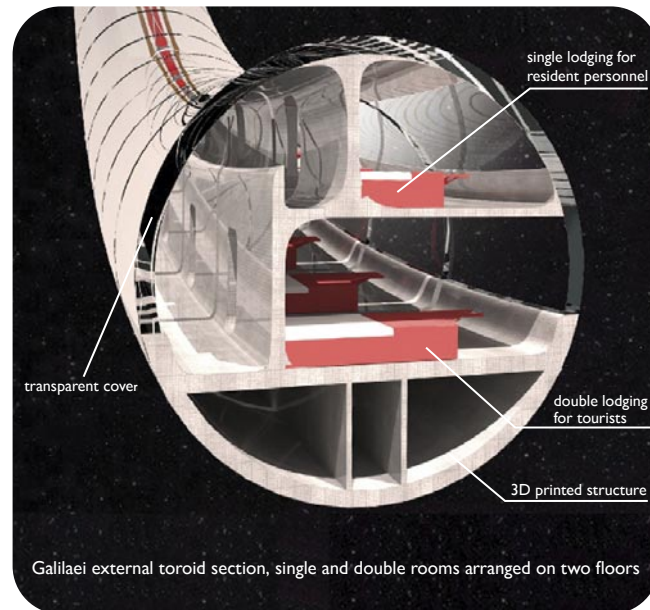
And here stands the difference: on the basis of these top-down processes (from the future towards present age), CNS tries to understand which could be specific “new” requirements potentially coming from a more daily-life-philosophy future design of space system, made possible by technology foresight.

Playing around design exercises along with this philosophy, our OrbiTexture working group involves scientists, technologists, architects, botanists, artists, sociologists, psychologists and so on, but also students.

It works on building outside our planet, trying to assess the technology capabilities projected in the medium-long term.

Le programme Artemis comprend le développement du Gateway cislunar qui est en phase de conception et sera réalisé à partir de 2024. Sa philosophie de conception de base est la même que celle de l'ISS (Station spatiale internationale) : juxtaposition de modules construits sur Terre, amenés dans la lune orbite de la Terre et intégrés là-bas.

Et voici la différence: sur la base des processus descendants (c'est-à-dire à rebours du futur à aujourd'hui) mis en place par le Center for Near Space, nous essayons de comprendre quels sont les « nouveaux » besoins (exigences) spécifiques découlant d'un philosophie plus vie quotidienne de la conception future du système spatial, rendu possible par la prévoyance technologique. Jouant avec les exercices de design à côté de cette philosophie, le groupe de travail OrbiTexture implique des scientifiques, des technologues, des architectes, des botanistes, des artistes, des sociologues, des psychologues ... mais aussi des étudiants. Il travaille sur la construction en dehors de notre planète, essayant d'évaluer les capacités technologiques projetées à moyen et long terme.



Identifica e sviluppa requisiti avanzati da offrire alle agenzie spaziali e alle industrie spaziali per la loro considerazione. Pertanto, questo processo alternativo di definizione dei requisiti “dall’alto verso il basso” può contribuire a orientare lo sviluppo dei sistemi spaziali.

Uno di questi esercizi di progettazione è la stazione SpaceHub, per cento persone, posizionata nel punto lagrangiano L1. Lo SpaceHub è progettato per essere:

- I. nodo di scambio spaziale per attracco, rifornimento di carburante e gate di partenza verso Marte,
- II. sito di manutenzione e l’integrazione di veicoli spaziali
- III. laboratorio di ricerca a vari livelli di gravità inclusa la microgravità per la preparazione verso Luna e Marte,
- IV. resort e spazi di socializzazione.

It identifies and develops advanced requirements that could eventually be offered to space agencies and space industries for their consideration. Thus, this alternate “top-down” process of requirements definition may contribute to orient the development of space systems.

One of these design exercises is the hundred-people SpaceHub station positioned in the lagrangian point L1.

It was designed to be:

- I. an interchange space travel node for docking, refueling and starting gate toward Mars,
- II. spacecraft maintenance and integration site,
- III. laboratory for microgravity research, preparation towards Moon and Mars,
- IV. resort and socialization spaces.

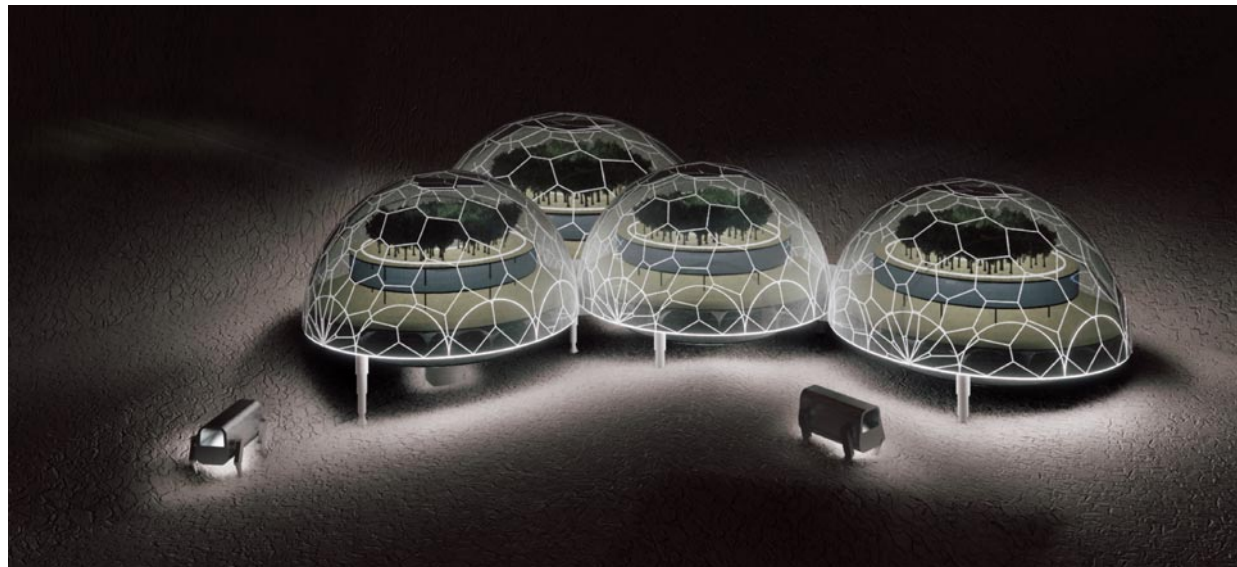
Identifier et développer les exigences avancées à proposer aux agences spatiales et aux industries spatiales pour leur prise en considération. Par conséquent, ce processus alternatif de définition des exigences en découlant peut aider à guider le développement des systèmes spatiaux.

Un tel exercice de conception est la station SpaceHub, pour cent personnes, située au point lagrangien L1.

Le SpaceHub est conçu pour être :

- I. un centre d’échange spatial pour l’amarrage, le ravitaillement et la porte de départ vers Mars ;
- II. un site de maintenance et d’intégration d’engins spatiaux ;
- III. un laboratoire de recherche à différents niveaux de gravité, y compris la microgravité pour la préparation de la Lune et de Mars ;
- IV. centres de villégiature et espaces de socialisation.

Living the Moon

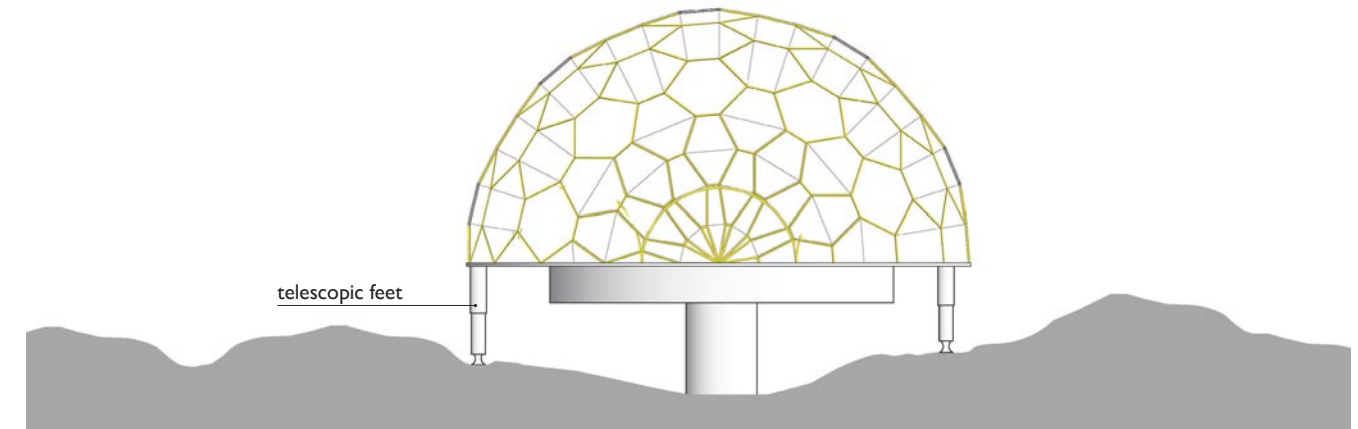


archaeological approach

Sur la lune, il est facile de viser le moindre impact au sol

approche «archéologique» suspendue

- ▶ minimise l’excavation du sol
- ▶ ne modifie pas la zone d’enquête



Contesti diversi richiedono approcci progettuali diversi, e questa è la chiave della nostra ricerca:

- sulla Terra domina il rapporto tra natura e artificio: qualunque sia la sua dimensione, ogni intervento non è altro che un frammento che diventa parte dell'Ambiente (questione planetaria), dei Paesaggi (identificando civiltà e culture) e della Memoria (legata ai singoli luoghi)

- in orbita tutto è artificio, la natura è fuori. In queste unità autonome isolate ha ancora senso la triade vitruviana ormai inconcepibile nel costruire qui sulla Terra, dove è intenso il bisogno di relazioni, non più di autonomia

- sulla Luna l'approccio progettuale è ancora più diverso, non solo per evitare di portare lì l'ambiente banale che ingombra i territori terrestri.

La Luna è il luogo su cui oggi si concentra il lavoro del team, convinto che un giorno si potrà seriamente pensare al nostro satellite naturale come ad un edificio annesso del Quarto Ambiente. Per questo si è cominciato a pensare all'organizzazione generale, alla posizione, alla forma architettonica di una base umana lunare. Prima questione è stata quella di individuare la localizzazione più opportuna: in un "lavatube"? al Polo Sud? In un cratere? Tutte alternative ugualmente valide: in linea con la maggioranza dei programmi governativi in atto, Moon Village Association ha suggerito di concentrarsi sui crateri del Polo Sud; in particolare, nell'area intorno a Shackleton che appare particolarmente attraente allo scopo.

Infatti il Polo Sud è caratterizzato da una temperatura più omogenea rispetto al resto della superficie lunare, e il Sole è circumpolare e non tramonta mai sebbene resti sempre basso all'orizzonte. Inoltre, in quella zona c'è grande disponibilità di acqua ghiacciata, estremamente utile per ottenere idrogeno come combustibile e ossigeno per la sopravvivenza dell'uomo. L'attenzione è stata attirata da piccoli crateri -dimensione massima di 400 m- vicino a Shackleton, e questo è il luogo dove si pensa possa essere impostata una futura base.

Different contexts require different design approaches, and this is the key to our research:

- on Earth the relationship between nature and artifice dominates: whatever its size, each intervention is nothing but a fragment that becomes part of the Environment (planetary question), Landscapes (identifying civilizations and cultures) and Memory (linked to individual places)

- in orbit everything is artifice, nature is outside. In these isolated autonomous units the Vitruvian triad still makes sense, now inconceivable in building here on Earth where the need for relationships, no longer for autonomy, is intense

- on the Moon, the design approach is even more different, not just to avoid reporting the trivial environment that covers terrestrial territories.

The Moon is the location where the CNS team Orbitecture is focusing on. They are convinced one day we could seriously think to our natural satellite as a Fourth Environment outbuilding: their job started from thinking about general organization, location, architectural shape of a Lunar human base.

The first concern was for the location: in a "lavatube"?

At the South Pole? In a crater? All equally valid alternatives: in line with the majority of actual government programs, MVA suggested concentrating on South Poles' craters; in particular, researches state that the area around Shackleton looks particularly attractive for these purposes.

In fact, the South Pole is characterized by more homogenous temperature than the rest of the Moon surface, and the Sun is there circumpolar, in the sense that newer rises and never sets, though it keeps a low position over the horizon. Furthermore, in that area it is known a significant availability of frozen ice, extremely useful to gain hydrogen as a fuel and oxygen for human existence. CNS' attention has been drawn by little craters - maximum size of 400 m - near Shackleton, and this is the place where a future base should be set.

Différents contextes nécessitent différentes approches de conception, et c'est la clé de notre recherche :

- sur Terre, le rapport entre nature et artifice domine: quelle que soit sa taille, chaque intervention n'est rien de plus qu'un fragment qui devient une partie de l'Environnement (question planétaire), des Paysages (identifiant les civilisations et les cultures) et de la Mémoire (liée à des lieux individuels)

- en orbite, tout est artifice, la nature est à l'extérieur. Dans ces unités autonomes isolées, la triade vitruvienne désormais inconcevable a encore du sens dans la construction ici sur Terre, où le besoin de relations est intense, non plus d'autonomie.

- sur la Lune l'approche du design est encore plus différente, non seulement pour éviter d'y amener l'environnement banal qui encombre les territoires terrestres.

La Lune est le lieu où se concentre le travail de l'équipe aujourd'hui, convaincue qu'un jour nous pourrions sérieusement penser notre satellite naturel comme une annexe du Quatrième Environnement. Pour cette raison, nous avons commencé à réfléchir à l'organisation générale, à la position, à la forme architecturale d'une base humaine lunaire.

La première question était d'identifier l'emplacement le plus approprié: dans un « lavatube » ? Au pôle sud ? Dans un cratère ? Toutes les alternatives sont également valables: conformément à la majorité des programmes gouvernementaux en place, la Moon Village Association a suggéré de se concentrer sur les cratères du pôle Sud ; en particulier, dans la zone autour de Shackleton qui semble particulièrement attrayante à cet effet. En fait, le pôle Sud est caractérisé par une température plus homogène que le reste de la surface lunaire, et le Soleil est circumpolaire et ne se couche jamais bien qu'il reste toujours bas à l'horizon. En outre, dans cette zone, il existe une grande disponibilité d'eau glacée, extrêmement utile pour obtenir de l'hydrogène comme carburant et de l'oxygène pour la survie humaine. L'attention a été attirée sur les petits cratères - jusqu'à 400m de taille - près de Shackleton, et c'est là que l'on pense qu'une future base serait installée.

Un lungo processo evolutivo ha adattato l'uomo al contesto terrestre. Al momento la sua presenza nel Quarto Ambiente non può che essere "occasionale": una vera stabilità si avrà in tempi imprevedibili, ma il CNS ritiene che entro questo secolo una Città Cislunare con 1.000 abitanti possa essere una realtà.

In questo scenario, l'habitat lunare riguarda attività industriali, laboratori di ricerca e resort, in proporzioni rispettive del 50% / 30% / 20%. Lo abbiamo chiamato LunaFab.

Sulla Luna, ogni persona non può essere costretta a indossare una muta da sub. Servono micro-condizioni di "terraformazione": da minime (come sulla Terra le auto -ora tutte con aria condizionata- isolate dal contesto) a via via più grandi, sulla scia del Duomo per Manhattan che Buckminster Fuller calcolò sarebbe stato ripagato in 10 anni.

A long evolutionary process has adapted man to the terrestrial context. At the moment his presence in the Fourth Environment can only be "occasional": real stability will occur in unpredictable times, but CNS believes that within this century a Cislunar City with 1,000 inhabitants could be real.

In this scenario, the lunar habitat relates to industrial activities, research laboratories and resorts (in the range of 50% / 30% / 20%). CNS named this habitat LunaFab.

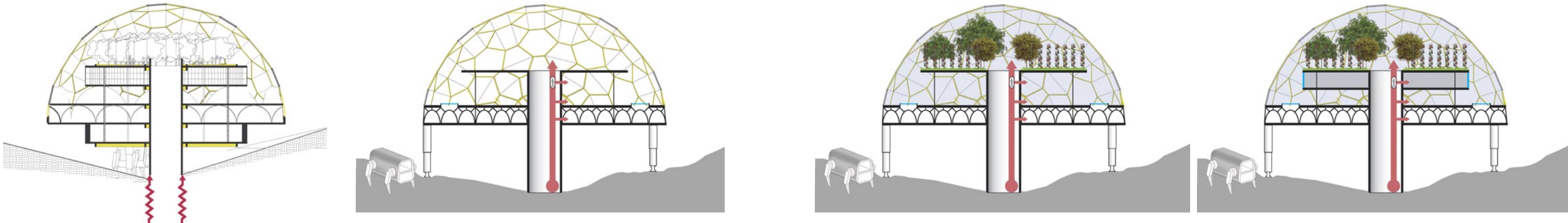
On the Moon, every person cannot be forced into a diving suit. Micro-conditions of "terraforming" are needed: from minimal (as on Earth cars - now all of them equipped with air conditioning - isolated from the context) to gradually larger proportions (in the wake of the Dome for Manhattan that Buckminster Fuller calculated would be paid off in 10 years)

Un long processus évolutif a adapté l'homme au contexte terrestre. Pour le moment, sa présence dans le Quatrième Environnement ne peut être que « occasionnelle » : une réelle stabilité se produira à des moments imprévisibles, mais le CNS estime que dans ce siècle une cité cislunaire de 1.000 habitants pourrait être une réalité.

Dans ce scénario, l'habitat lunaire recouvre les activités industrielles, les laboratoires de recherche et les stations balnéaires, dans des proportions respectives de 50% / 30% / 20%. Nous l'avons appelé LunaFab.

Sur la Lune, tout le monde ne peut pas être obligé de porter une combinaison de plongée. Nous avons besoin de micro-conditions de « terraformation »: du minimum (comme sur Terre les voitures - désormais toutes équipées de la climatisation - isolées du contexte) à progressivement plus grand, dans le sillage de la cathédrale de Manhattan que Buckminster Fuller avait calculé porter ses fruits à terme de 10 ans.

stable core phases



Sulla Luna la gravità è circa 1/6 di quella terrestre: è quindi facile puntare al minimo impatto al suolo (approccio "archeologico"): strutture "sospese", integrate, capaci di crescere senza l'aggiunta di blocchi, ma quasi secondo principi "organici". Evitando il frazionamento e minimizzando i lavori sul terreno -oltre a ridurre gli sforzi- l'approccio "archeologico" salvaguarda ciò che deve essere indagato ed evita il ripetersi sulla Luna di errori non rari sulla Terra.

Il "nucleo stabile" proposto è costituito da un emisfero di 50 m di ghiaccio + regolite [entrambi a Km0] con scomparti tipo domopack e sistemi di controllo pressione/temperatura per evitare sublimazioni.

L'emisfero conterrà aria e piante (verde agricolo) e contemporaneamente proteggerà dalle radiazioni, catturerà energia, garantirà la trasparenza.

Data la perenne condizione di scarsa illuminazione naturale, l'illuminazione artificiale deve essere particolarmente curata.

On the Moon, gravity is about 1/6 of that on the Earth: it is therefore easy to aim to a minimum impact on the ground (archaeological approach): "suspended", integrated structures, capable of growing without adding blocks, but almost according to "organic" principles. By avoiding splitting and minimizing works on the ground - in addition to reducing efforts - the archaeological approach safeguards what must be investigated and avoids repeating errors on the Moon that are not rare on Earth.

The proposed "stable core" is made up of a 50 m hemisphere of ice + regolith [both at Km0] with domopack-like compartments and pressure/temperature control systems to avoid sublimation.

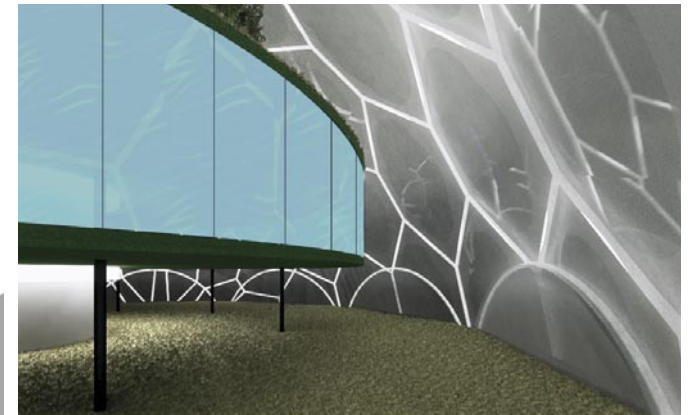
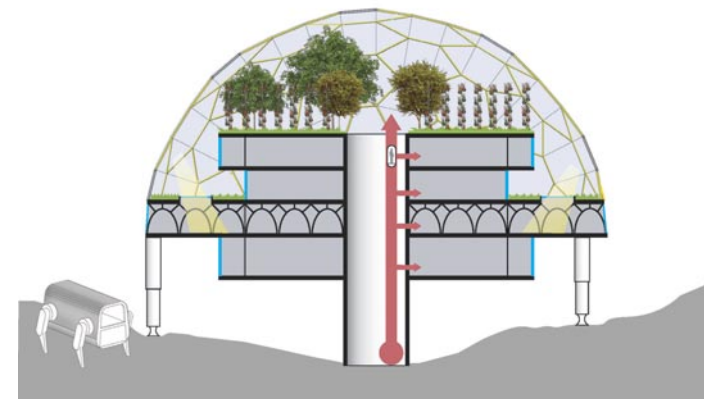
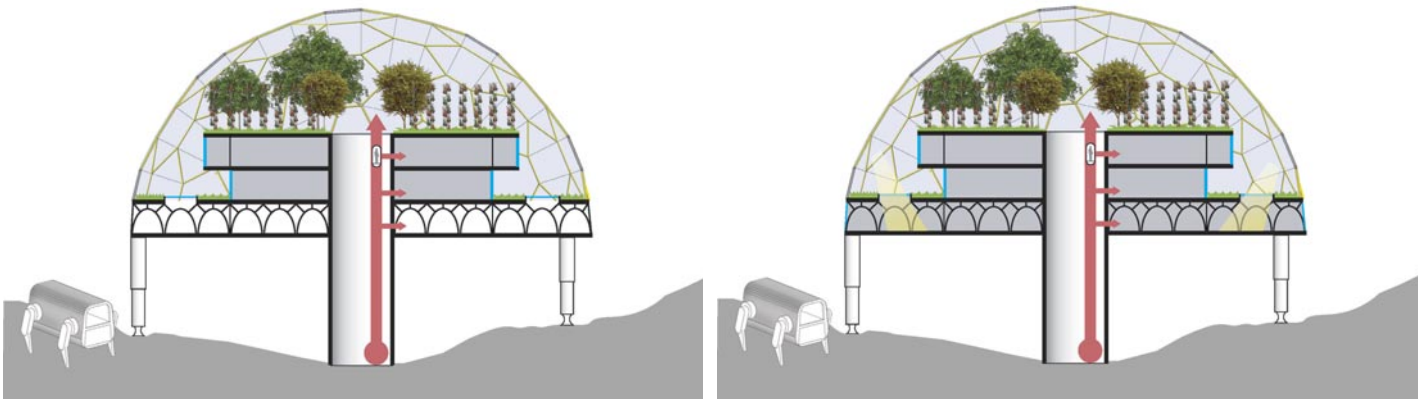
The hemisphere will contain air and plants (agricultural green) and simultaneously will protect against radiation, it will capture energy and will allow transparency. Given the perennial low natural light condition, artificial illumination has to be carefully treated.

Sur la Lune, la gravité est d'environ 1/6 de celle de la Terre: il est donc facile de viser l'impact minimum sur le sol (approche « archéologique ») : structures « suspendues », intégrées, capables de croître sans ajout de blocs, mais presque selon des principes « organiques ». En évitant le fractionnement et en minimisant le travail sur le terrain - tout en réduisant les efforts - l'approche « archéologique » sauvegarde ce qui doit être enquêté et évite la répétition sur la Lune d'erreurs qui ne sont pas rares sur Terre.

Le « noyau stable » proposé consiste en un hémisphère de 50m de glace + régolithe [tous deux à Km0] avec des compartiments de type domopack et des systèmes de contrôle de pression / température pour éviter la sublimation.

L'hémisphère contiendra de l'air et des plantes (vertes agricoles) et en même temps il protégera des radiations, captera l'énergie, assurera la transparence. Compte tenu des conditions pérennes de faible luminosité naturelle, l'éclairage artificiel devra être particulièrement soigné.

stable core phases



Il nucleo stabile crescerà nel tempo senza interferire con le attività. Strutturalmente l'emisfero si basa su un collegamento verticale (circa 30 m²) fissato a terra e attrezzato per "lunotermia" e su 3 piedi telescopici, in grado di adattarsi alla complessa elevazione del terreno. Il concetto si baserà su sistemi come:

- Sciame di sistemi robotici autonomi
- Sistemi tipo SpiderFab per la costruzione di cupole e strutture secondarie
- ECLSS (Environmental Control and Life Support System) a circuito chiuso ottimizzato, compreso molto spazio per le colture.

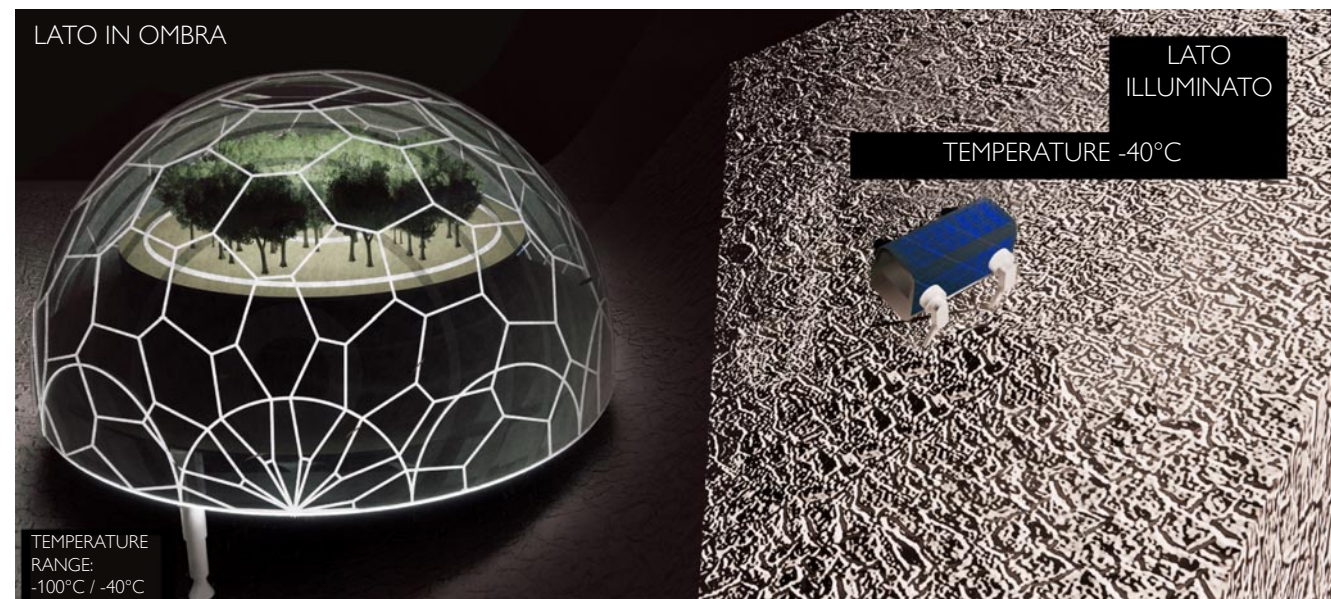
Si inizierà dal livello dell'ultimo piano [alberi e vegetazione agricola] proseguendo gradualmente verso il basso.

La prima parte sarà di circa 750 m² (per circa 15 persone) ed in grado di crescere fino a poter ospitare 100 persone.

Le sue pareti sono a doppio vetro con una intercapedine d'acqua (spessore circa 10 cm): questa tecnologia isola termicamente e fornisce una protezione aggiuntiva dalle radiazioni.

La crescita del sistema è assicurata dal disegno specifico della parte inferiore circonferenziale della cupola, che garantisce l'integrazione delle unità successive.

Laboratori semoventi - operanti in condizioni climatiche molto variabili, completano il sistema. Avranno doppie pareti piene d'acqua e un habitat attrezzato per 5-6 posti: possono camminare su grandi gambe robotiche vicino alla base lunare, con una tecnologia basata sul prototipo Mini Cheetah sviluppato dal MIT (<https://biomimetics.mit.edu/>).



The stable core will grow over time without interfering with activities. Structurally, the hemisphere is based on a vertical connection (approx. 30 sqm) fixed to the ground and equipped for "lunothermics" and on 3 telescopic feet, capable of adapting to the complex elevation of the ground.

The concept will be developed by the implementation of systems like:

- Autonomous robotic systems clusters
- SpiderFab-like systems for the construction of the domes and subordinated structures
- Optimized closed loop ECLSS (Environmental Control and Life Support System), including a relevant space for coltures.

The erection of the system will start from the last floor level [trees and agricultural greenery] and it will continue gradually downwards. The initial step will be of about 750 sqm (about 15 people) and this nucleus will be capable of growing up to accommodate about 100 people. Its walls will be double glazed with a cavity of water (approximately 10 cm thick): this technology will provide thermal insulation and will provide additional protection from radiation.

The growing of the system is ensured by the specific design of the circumferential lower part of the dome, which guarantees integration of successive units.

Self-propelled laboratories - working in very variable climatic conditions - complete CNS lunar system. They will have double walls full of water, and a habitat equipped for 5-6 places: they will walk on large robotic legs nearby the Moon base, with a technology based on the MIT Mini Cheetah prototype (<https://biomimetics.mit.edu/>).

Le noyau stable se développera au fil du temps sans interférer avec les activités. Structurellement, l'hémisphère repose sur une liaison verticale (environ 30m²) fixée au sol et équipée pour "luno-thermique" et sur 3 pieds télescopiques, capables de s'adapter à l'élévation complexe du terrain.

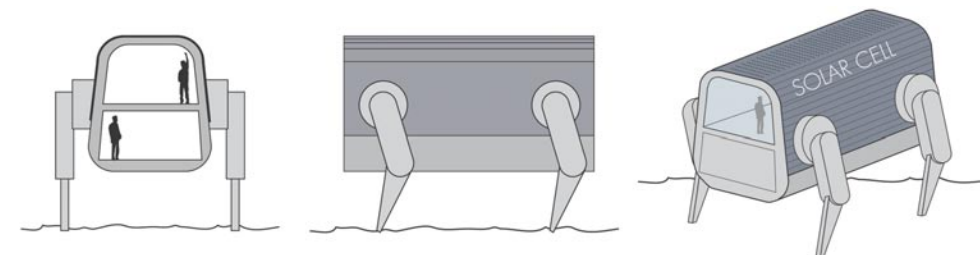
Le concept sera fondé sur des systèmes tels que:

- Essaims de systèmes robotiques autonomes
- Systèmes de type SpiderFab pour la construction de dômes et de structures secondaires
- Système optimisé de contrôle de l'environnement et de maintien de la vie en boucle fermée (ECLSS), y compris beaucoup d'espace pour les cultures.

Nous partirons du niveau du dernier étage [arbres et végétation agricole] et descendrons progressivement.

La première partie fera environ 750m² (pour environ 15 personnes) et pourra s'agrandir pour pouvoir accueillir 100 personnes. Ses murs seront en double vitrage avec une cavité d'eau (environ 10cm d'épaisseur): cette technologie isole thermiquement et offre une protection supplémentaire contre les radiations. La croissance du système sera assurée par la conception spécifique de la partie circonférentielle inférieure du dôme, qui garantira l'intégration des unités suivantes.

Des laboratoires automoteurs - fonctionnant dans des conditions climatiques très variables, complètent le système. Ils auront des doubles parois remplies d'eau et un habitat équipé pour 5-6 places: ils pourront marcher sur de grandes jambes robotiques près de la base de la lune, avec une technologie basée sur le prototype Mini Cheetah développé par le MIT (<https://biomimetics.mit.edu/>).



Ipotesi del tutto diversa quella di avvalersi della presenza dei “lavatubes”, tunnel di lava caratterizzati da una sezione più o meno circolare ed una pavimentazione suborizzontale: al loro interno potrebbe insediarsi un impianto abitativo avvalendosi di un’ottima protezione “naturale” dalle radiazioni.

Secondo l’attuale conoscenza, fatta di pochissime ispezioni in situ e tanti anni fa ai tempi del programma Apollo, e indagini da remoto con i satelliti in orbita lunare, i lavatubes sono molto frequenti in un’ampia fascia equatoriale lunare.

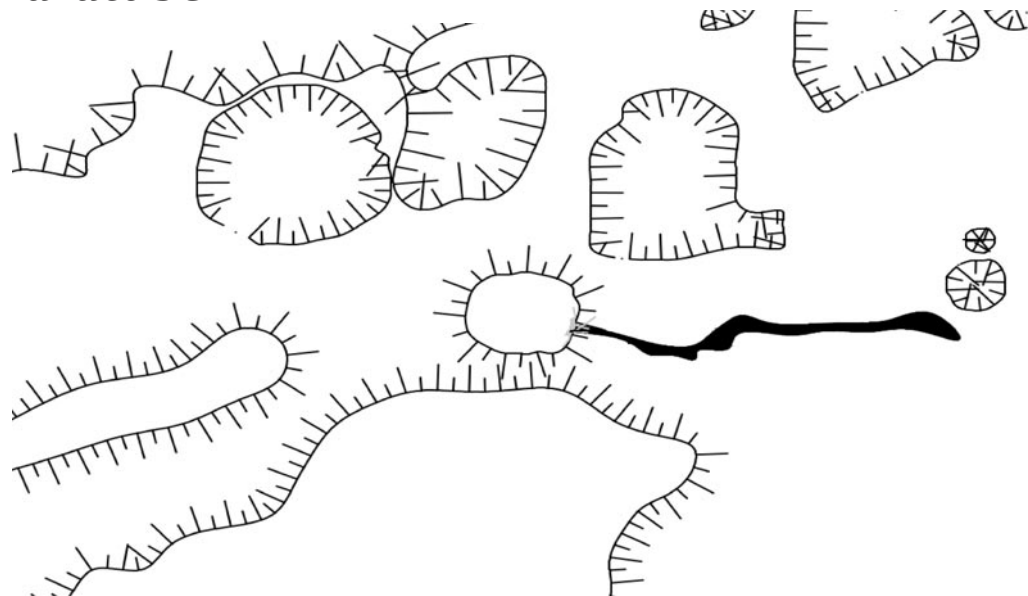
Ce ne sono anche ai poli, ma se ne conoscono pochi al polo nord prossimi a crateri con acqua. Al momento non si conoscono lavatubes al polo sud sufficientemente vicini a riserva d’acqua.

L’individuazione di un “lavatube” a conveniente distanza da una presenza d’acqua, una base lunare potrebbe articolarsi in più parti con quella preponderante protetta nella cavità naturale.

Probabilmente l’habitat interno al “lavatube” necessiterà di una costruzione esterna, con tipologia analoga al LunaFab e con protezione dalle radiazioni come quelle già prima descritte, quindi collocata in zona dove sia garantita presenza costante di ombra.

Un laboratorio esterno -con ruolo in un certo senso analogo a quello che un tempo avevano sulla Terra i “casini rurali” utilizzati da chi abitava entro le mura della città- punto di connessione radiotelescopico per mantenere e coordinare le comunicazioni da e per la Città Cislunare.

lavatube



A total different research approach is based on the hypothesis of using “lavatubes”, lava tunnels characterized by a quasi-circular section and a more or less horizontal pavement: a living system could easily be installed within thanks to the natural radiation shield this solution could offer.

According to current knowledge, made of few in-situ inspections made many years ago during Apollo program and remote inspections by Moon-orbiting satellites, lavatubes are frequent in a vast lunar equatorial area. There are lavatubes even at the Poles, but only few are known at the North Pole, sufficiently near to “water-supplied” craters. At the moment, instead, no lavatubes at the South Poles are known to be tolerably near to water craters.

Once a “lavatube” coherently distant from a water source will be found, a lunar base could be erected starting from its inside; the system could be subdivided in more parts - and the most important one could be protected by the natural cavity.

Probably, the internal habitat of the “lavatube” will need an external structure, based on something similar to LunaFab, and will be protected from radiations in a similar way to the one CNS has planned for LunaFab; in this sense, it will be located in an area where constant shadow conditions can be guaranteed.

An external laboratory – with a role comparable to the one that once, on Earth, “rural cottages” had towards inhabitants of the houses inside the City Walls – will be the main radio telescopic connection point, with the purpose of keeping and coordinating communications to and from the Cislunar City.

Potential fixed connections on the lunar surface will follow the same “archaeological” approach of minimum environmental footprint: thin and easy-to-move-and-install cables will provide safe and fast travels from the “lavatube” and the external laboratory. It will be a sort of short and flexible cableway that could be increased in length during time.

Une hypothèse complètement différente est de faire usage de la présence de « lavatubes », tunnels de lave caractérisés par une section plus ou moins circulaire et un pavage subhorizontal: à l’intérieur de ceux-ci un logement pourrait être aménagé grâce à une excellente protection « naturelle » contre les radiations.

Selon les connaissances actuelles, constituées de très peu d’inspections in situ et il y a de nombreuses années au moment du programme Apollo, et des levés à distance avec des satellites en orbite lunaire, les « lavatubes » sont très fréquents dans une large ceinture lunaire équatoriale .

Il y en a aussi aux pôles, mais peu sont connus au pôle nord près des cratères d’eau. Pour le moment, il n’y a pas de « lavatubes » connus au pôle sud suffisamment près de l’approvisionnement en eau. L’identification d’un « lavatube » à une distance convenable d’une présence d’eau, une base lunaire pourrait être divisée en plusieurs parties avec la prédominante protégée dans la cavité naturelle.

L’habitat interne du « lavatube » nécessitera probablement une construction externe, avec un type similaire au LunaFab et avec une protection contre les radiations telles que celles déjà décrites, donc situé dans une zone où la présence constante d’ombre est garantie.

Un laboratoire externe - avec un rôle dans un certain sens similaire à ce qu’avaient jadis sur Terre les « mess ruraux » utilisés par ceux qui vivaient dans les murs de la ville - un point de connexion radio-télescopique pour maintenir et coordonner les communications depuis et vers la cité Cislunaire .

Toutes les connexions fixes sur la surface lunaire suivront la même approche «archéologique» avec un impact environnemental minimal. Des câbles fins, faciles à installer et à transporter, permettront des déplacements rapides et sûrs entre ce qui se trouve dans la « machine à laver » et le laboratoire externe, sorte de petit téléphérique flexible qui peut être agrandi au fil du temps.

Eventuali collegamenti fissi sulla superficie lunare seguiranno lo stesso approccio “archeologico” di minimo impatto ambientale. Sottili cavi facili da installare e trasportare consentiranno veloci e sicuri spostamenti fra quanto nel “lavatube” ed il laboratorio esterno, una sorta di breve funivia flessibile ed accrescibile nel tempo.

Il sistema insediativo composto da industria, ricerca ed abitazioni sarà completato dalla terza forma di presenza, quella dei laboratori semoventi ai quali si è già prima accennato.

In questa logica di connessioni leggere ed insediamenti sicuri e protetti diventa necessario ipotizzare fonti di energia significativa. Si può pensare a produzione di energia nucleare in località opportunamente distante avvalendosi di cavi per il trasporto di energia.

La Luna oggi appare vicina come mai prima d'ora: è giunto il momento di pensare alla vita dell'umanità fuori dalla Terra. Il futuro è qui, il futuro è vicino, nonostante tutte le difficoltà che si stanno affrontando in questo momento.

The system, composed by industry, research and houses, will be completed by the presence of self-propelled laboratories mentioned before.

With this in mind, talking about light connections and safe settlements in the Lunar ambient, it was necessary for CNS to imagine significant energy sources. It is possible to think about nuclear energy production in conveniently distant locations, by using cables to carry produced energy.

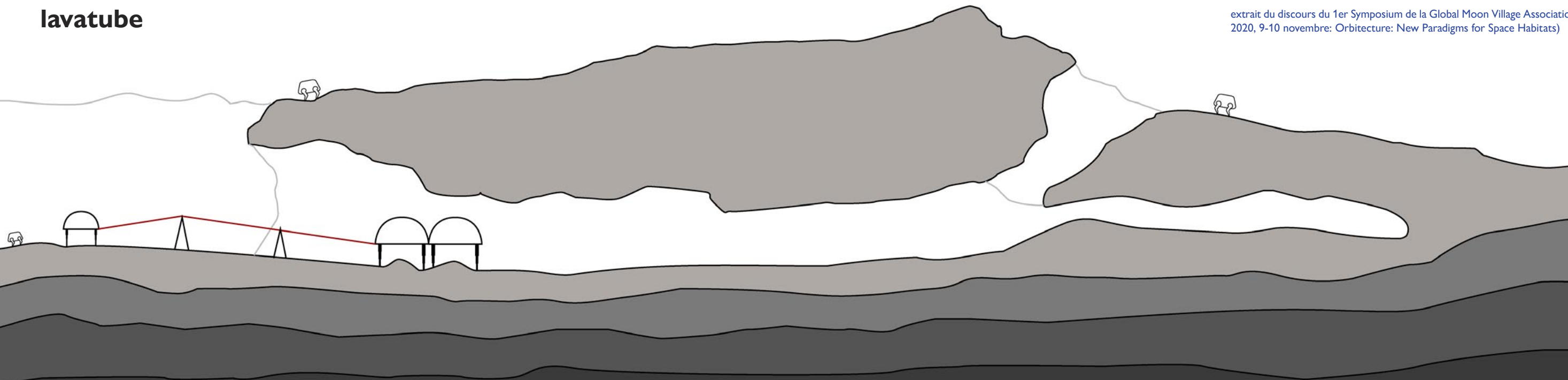
Moon is near as never before in last decades, and the time to ideate the humankind's life out of our Planet has finally come. Future is here, Future is near, despite all the difficulties we are facing in this time.

Le système de peuplement constitué d'industrie, de recherche et de logement sera complété par la troisième forme de présence, celle des laboratoires automoteurs mentionnés ci-dessus.

Dans cette logique de connexions légères et d'habitations sûres et protégées, il devient nécessaire de faire l'hypothèse de sources d'énergie importantes. On peut penser à la production d'énergie nucléaire dans un endroit suffisamment éloigné en utilisant des câbles pour le transport de l'énergie.

La Lune apparaît plus proche aujourd'hui que jamais: le moment est venu de penser à la vie de l'humanité en dehors de la Terre. L'avenir est là, l'avenir est proche, malgré toutes les difficultés auxquelles nous sommes confrontés en ce moment.

lavatube



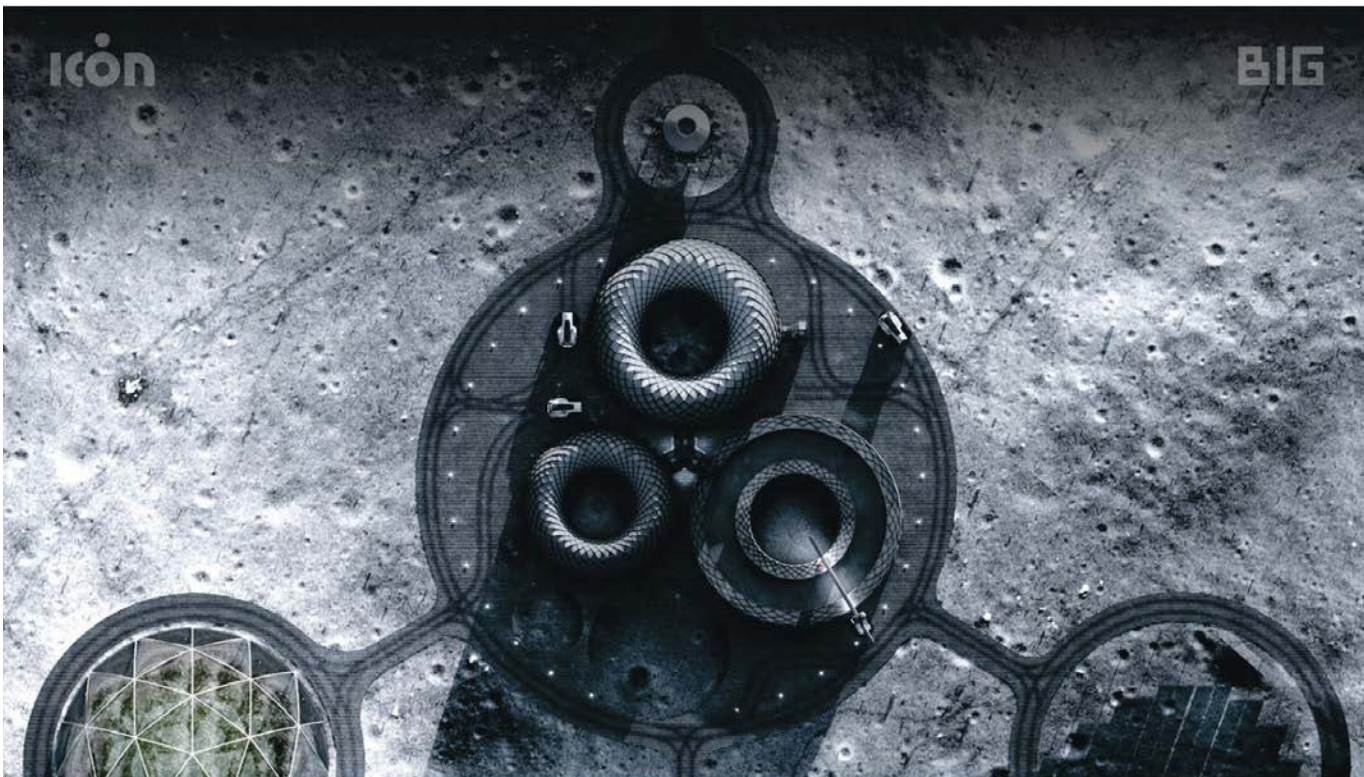


Image by BIG-Bjarke Ingels Group

Progetto Olympus il primo sistema di costruzione fuori dal mondo per supportare la futura esplorazione della luna

BIG-Bjarke Ingels Group collabora con ICON, sviluppatore di tecnologie avanzate di costruzione inclusa la robotica, il software e i materiali da costruzione per lavorare con la NASA per avviare ricerca e sviluppo di un sistema di costruzione basato sullo spazio che potrebbe supportare la futura esplorazione della Luna.

Il programma Artemis della NASA, che già vede diversi Paesi firmatari distribuiti in tutto il mondo, renderà la Luna il primo sito fuori dalla Terra per l'esplorazione sostenibile della superficie. BIG ha collaborato con ICON per ideare il Progetto Olympus, un habitat lunare sostenibile che sarà la prima incursione umana nella costruzione extraterrestre con strutture robuste in grado di fornire una protezione termica, dalle radiazioni e dalle micrometeoriti migliore di quanto gli habitat metallici o gonfiabili possano offrire. Dalle piazzole di atterraggio agli habitat, questi sforzi collettivi con NASA e SEArch+ sono guidati dalla necessità di rendere l'umanità una civiltà multiplanetaria.

« Project Olympus » le premier système de bâtiment hors de la terre pour soutenir la future exploration de la lune

Julian Ocampo Salazar – BIG Bjarke Ingels Group, Denmark

Project Olympus the first off-world construction system to support future exploration of the moon

BIG-Bjarke Ingels Group teams up with ICON, developer of advanced construction technologies including robotics, software and building materials to work with NASA on beginning research and development of a space-based construction system that could support future exploration of the Moon.

The NASA Artemis program which already counts of several international signers Countries around the world, will make the Moon the first off-Earth site for sustainable surface exploration. BIG has partnered with ICON¹ to design Project Olympus, a sustainable lunar habitat that will be the first human foray into extra-terrestrial construction with robust structures that provide better thermal, radiation, and micrometeorite protection than metal or inflatable habitats can offer. From landing pads to habitats, these collective efforts together with NASA and SEArch⁺² are driven by the need to make humanity a spacefaring civilization.

BIG-Bjarke Ingels Group collabore avec ICON, développeur de technologies de construction avancées, y compris la robotique, les logiciels et les matériaux de construction pour travailler avec la NASA pour lancer la recherche et le développement d'une construction spatiale qui pourrait soutenir l'exploration future de la Lune.

Le programme Artemis de la NASA, qui compte déjà plusieurs pays signataires répartis à travers le monde, fera de la Lune le premier site hors Terre pour une exploration durable de la surface. BIG a collaboré avec ICON pour concevoir le projet Olympus, un habitat lunaire durable qui sera la première incursion humaine dans la construction extraterrestre avec des structures robustes capables de fournir une meilleure protection thermique, contre les radiations et les micrométéorites que les habitats métalliques ou gonflables. Des aires d'atterrissage aux habitats, ces efforts collectifs avec la NASA et SEArch + sont motivés par la nécessité de faire de l'humanité une civilisation multi-planétaire.

L'architettura ha un potere importante, espresso anche dalla parola danese "Formgiving" che letteralmente significa dare forma a ciò che non ha ancora ricevuto forma. Questo diventa fondamentale quando ci avventuriamo oltre la Terra e iniziamo a immaginare come costruiremo e vivremo in mondi completamente nuovi. Stiamo aprendo la strada a nuove frontiere - materialmente, tecnologicamente ed ambientalmente. Le risposte alle nostre sfide sulla Terra potrebbero essere trovate molto bene sulla Luna.

In collaborazione con il Marshall Space Flight Center della NASA a Huntsville, ICON si sta preparando a testare il simulante del suolo lunare con varie tecnologie di elaborazione e stampa. I test aiuteranno a progettare, sviluppare e dimostrare elementi prototipali per un possibile futuro sistema di costruzione additivo su vasta scala che potrebbe stampare infrastrutture sulla Luna. Costruire la prima casa dell'umanità su un altro mondo sarà il progetto di costruzione più ambizioso della storia umana e spingerà letteralmente la scienza, l'ingegneria, la tecnologia e l'architettura verso nuove vette. Tecnologie dell'era spaziale come questa non solo possono aiutare a far avanzare il futuro dell'umanità nello spazio, ma anche a risolvere problemi molto reali e fastidiosi che dobbiamo affrontare sulla Terra.

Il progetto Olympus è il secondo progetto di BIG nello spazio dopo Mars Science City, attualmente in fase di sviluppo a Dubai come prototipo per esplorare le tecnologie di costruzione di cui l'umanità avrebbe bisogno per risiedere e prosperare sul Pianeta Rosso. Come Mars Science City, il progetto Olympus affronterà 8 dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, relativi all'ambiente edificato del nostro Pianeta Blu.

Image by SEArch+



Architecture has an important power as well expressed by the Danish word "Formgiving" which literally means to give form to that which has not yet been given form.

This becomes fundamentally clear when we venture beyond Earth and begin to imagine how we are going to build and live on entirely new worlds. We are pioneering new frontiers - both materially, technologically and environmentally. The answers to our challenges on Earth very well might be found on the Moon.

In partnership with NASA's Marshall Space Flight Center in Huntsville, ICON is preparing to test lunar soil simulant with various processing and printing technologies.

The tests will help design, develop, and demonstrate prototype elements for a possible future full-scale additive construction system that could print infrastructure on the Moon. Building humanity's first home on another world will be the most ambitious construction project in human history and will push science, engineering, technology, and architecture to literal new heights. Space-age technologies like this can not only help to advance humanity's future in space, but also to solve very real, vexing problems we face on Earth.

Project Olympus is BIG's second project in outer space following Mars Science City, currently being developed in Dubai as a prototype for exploring the building technologies that humanity would need to reside and thrive on the Red Planet.

Like Mars Science City, Project Olympus will address 8 of the 17 UN Sustainable Development Goals, related to the built environment of our Blue Planet.

L'architecture a un pouvoir important, également exprimé par le mot danois « Formgiving » qui signifie littéralement donner forme à ce qui n'a pas encore reçu de forme.

Cela devient fondamentalement clair lorsque nous nous aventurons au-delà de la Terre et commençons à imaginer comment nous allons construire et vivre dans des mondes entièrement nouveaux. Nous ouvrons la voie à de nouvelles frontières - matériellement, technologiquement et écologiquement. Les réponses à nos défis sur Terre se trouvent très bien sur la Lune.

En collaboration avec le Marshall Space Flight Center de la NASA à Huntsville, ICON se prépare à tester l'équivalent du sol lunaire avec diverses technologies de traitement et d'impression. Les tests aideront à concevoir, développer et démontrer des éléments prototypes pour un éventuel futur système de construction additive à grande échelle qui pourrait imprimer une infrastructure sur la Lune. Construire la première maison de l'humanité sur un autre monde sera le projet de construction le plus ambitieux de l'histoire de l'humanité et poussera littéralement la science, l'ingénierie, la technologie et l'architecture vers de nouveaux sommets. Les technologies de l'ère spatiale comme celle-ci peuvent non seulement aider à faire progresser l'avenir de l'humanité dans l'espace, mais aussi résoudre les problèmes très réels et problématiques auxquels nous sommes confrontés sur Terre.

Le projet Olympus est le deuxième projet spatial de BIG après Mars Science City, actuellement en cours de développement à Dubaï en tant que prototype pour explorer les technologies de construction dont l'humanité aurait besoin pour résider et prospérer sur la planète rouge.

À l'instar de Mars Science City, le projet Olympus abordera 8 des 17 objectifs de développement durable des Nations Unies relatifs à l'environnement bâti de notre planète bleue.

Ringraziamenti

Il team di progetto di BIG include Siqi Zhang, Rasam Aminzadeh, Jenna Dezinski, Fabian Lorenz, Guillaume Evain, Jakob Lange, ed è guidato da Julian Ocampo.

- 1 ICON develops advanced construction technologies that advance humanity. Using proprietary 3D printing robotics, software and advanced materials, ICON is shifting the paradigm of homebuilding on Earth and beyond. Instagram, Twitter, Facebook, YouTube, www.iconbuild.com
- 2 SEArch+ is a startup developing human supporting design concepts for space exploration. Their mission is to conceive, investigate, and develop innovative 'human-centered' designs enabling human beings not only to live, but to thrive in space environments beyond Earth. SEArch+ won first place in NASA's Centennial Challenge for a 3D-Printed Habitat.



Acknowledgements

The BIG project team includes Siqi Zhang, Rasam Aminzadeh, Jenna Dezinski, Fabian Lorenz, Guillaume Evain, Jakob Lange, and is led by Julian Ocampo.

- 1 ICON develops advanced construction technologies that advance humanity. Using proprietary 3D printing robotics, software and advanced materials, ICON is shifting the paradigm of homebuilding on Earth and beyond. Instagram, Twitter, Facebook, YouTube, www.iconbuild.com
- 2 SEArch+ is a startup developing human supporting design concepts for space exploration. Their mission is to conceive, investigate, and develop innovative 'human-centered' designs enabling human beings not only to live, but to thrive in space environments beyond Earth. SEArch+ won first place in NASA's Centennial Challenge for a 3D-Printed Habitat.

Remerciements

L'équipe de projet de BIG comprend Siqi Zhang, Rasam Aminzadeh, Jenna Dezinski, Fabian Lorenz, Guillaume Evain, Jakob Lange et est dirigée par Julian Ocampo

- 1 ICON develops advanced construction technologies that advance humanity. Using proprietary 3D printing robotics, software and advanced materials, ICON is shifting the paradigm of homebuilding on Earth and beyond. Instagram, Twitter, Facebook, YouTube, www.iconbuild.com
- 2 SEArch+ is a startup developing human supporting design concepts for space exploration. Their mission is to conceive, investigate, and develop innovative 'human-centered' designs enabling human beings not only to live, but to thrive in space environments beyond Earth. SEArch+ won first place in NASA's Centennial Challenge for a 3D-Printed Habitat.



LunaFab: un contributo all'Industria Lunare

1. L'applicazione: estrazione del materiale lunare e processamento per l'economia spaziale cislunare

Le tendenze scientifiche e tecnologiche, proposte dalle aziende e dalle agenzie spaziali internazionali, considerano l'avamposto lunare per scopi scientifici e di rifornimento, una sorta di 'nodo spaziale' nell'autostrada galattica. L'aspetto del rifornimento è particolarmente appetibile per evitare il lancio da Terra rimanendo nella forma mentis dell'utilizzo 'in situ' delle risorse (ISRU).

Tra le risorse disponibili sul suolo lunare, la presenza d'acqua è quella fondamentale per garantire la permanenza di un insediamento umano sulla Luna. Ciò, non solo per il sostentamento della vita umana, ma ancor di più in termini di una possibile risorsa combustibile per future esplorazioni dello spazio profondo.

La stessa logica si applica all'ambiente della città cislunare, la quale è anticipata dal 'Center for Near Space' nell'ottica di un possibile futuro nei prossimi 50 anni. In questo caso, il combustibile prodotto dall'acqua lunare sarà particolarmente utile per i sistemi di trasporto cislunare ed eventualmente per l'esplorazione dello spazio profondo verso Marte, asteroidi e altre destinazioni del sistema solare.

Quindi, la necessità di reperire e processare risorse in un'ottica integrata e semi autonoma introduce direttamente la necessità di una industria cislunare in cui una architettura progettata ad-hoc può assicurare l'approvvigionamento del combustibile.

Contribution of LunaFab to the space industry

1. The Application: lunar material extraction and processing for cislunar space economy

The scientific and technological trends, proposed by the international space industries and agencies, consider the Lunar outpost for both scientific and refuel purposes as a sort of 'space-node' in the galactic-highway. This latter aspect is appealing to avoid the launch from Earth staying in the mindset of the In-Situ Resource Utilization (ISRU).

Among the available resources on the lunar soil, the presence of water is the fundamental one to guarantee the permanency of a human settlement on the Moon.

This, not only for the human life sustainment, but especially in terms of a possible source of fuel for the future deep space explorations.

The very same logic applies to the Cislunar City environment, which is anticipated by Center for Near Space to be a possible future in some 50-years time. In this case, fuel produced from Moon-water will be mainly useful for the cislunar transportation system and eventually also for deep space exploration missions to Mars, asteroids and other solar system destinations.

So, the necessity to acquire and to process resources into an integrated and semi-autonomous frame, straightforward introduces the needs of a 'cislunar industry' where a well-design architecture can assure the fuel supply.

1. L'application : extraction de matériel lunaire et traitement pour l'économie spatiale cislunaire

Les tendances scientifiques et technologiques, proposées par les entreprises et les agences spatiales internationales, considèrent l'avant-poste lunaire à des fins scientifiques et de ravitaillement, une sorte de « nœud spatial » de l'autoroute galactique. Le dernier aspect est particulièrement attractif pour éviter de se lancer de la Terre, tout en restant dans la mentalité de l'utilisation « in situ » des ressources (ISRU). Parmi les ressources disponibles sur le sol lunaire, la présence d'eau est la principale pour assurer la permanence d'un établissement humain sur la Lune. Ceci, non seulement pour la subsistance de la vie humaine, mais plus encore en termes de ressource de carburant possible pour l'exploration future de l'espace profond.

La même logique s'applique à l'environnement de la ville cislunaire, qui est anticipée par le « Center for Near Space » en vue d'un futur possible dans les 50 prochaines années. Dans ce cas, le combustible produit par l'eau lunaire sera particulièrement utile pour les systèmes de transport cislunaires et éventuellement pour l'exploration de l'espace profond vers Mars, les astéroïdes et d'autres destinations du système solaire.

Par conséquent, la nécessité de trouver et de traiter des ressources dans une perspective intégrée et semi-autonome introduit directement les besoins d'une industrie cislunaire dans laquelle une architecture conçue ad-hoc peut assurer l'approvisionnement en carburant.

Partendo da un ben definito requisito di quantità di massa di propellente [1], questo capitolo darà una panoramica riguardo le risorse disponibili che la superficie lunare può fornire, un modo sostenibile ed efficiente per estrarre, processare e trasformare tali risorse per assicurare un business sostenibile per le future attività riguardanti l'economia spaziale lunare. In particolare, il propellente processato supporterà la futura esplorazione ed i viaggi turistici basati su differenti stazioni spaziali preventivamente identificati che saranno presumibilmente presenti nell'orbita bassa terrestre, nei punti lagrangiani Terra-Luna, Orbite basse, etc..

1.1 La composizione del suolo lunare, analisi e verifiche.

La superficie lunare ha una importante presenza e varietà di risorse elementali in termini di elementi come è stato considerevolmente richiamato da Crawford in un suo articolo [2], in cui l'autore ha estesamente discusso in merito alla loro presenza e i loro possibili campi di applicazione nell'economia spaziale/colonizzazione.

Quindi, in questo conciso approfondimento riguardo le risorse materiali, vengono raccolti richiamati gli aspetti essenziali che Crawford ha sottolineato, calandoli nei bisogni del CNS-LunaFab.

Come aspetto generale, ciò che gli scienziati conoscono riguardo la geologia lunare fonda le sua basi sullo studio dei campioni da nove località e dalla lettura ed interpretazione dei telerilevamenti orbitali della superficie lunare, i quali sono validi solo per i pochi metri superficiali di profondità dalla superficie. Ciò sottolinea una ancora non completa conoscenza ad oggi ed unicamente la presenza in futuro organizzata di una infrastruttura scientifica e tecnologica organizzata può chiudere rispondere computamente alle domande rimanenti ancora aperte.

Starting from a well-defined propellant mass quantity requirement indicated in other parts of this publication [1], this chapter will give an overview on the resources that the Lunar surface can provide, an efficient and sustainable way to extract, process and transform them in order to ensure a consolidated business for the future activities concerning the Lunar space economy. Indeed, the processed propellant will support future human space exploration and tourism travels based on the several space stations previously identified that will be presumably present in in Low Earth Orbit, Earth-Moon Lagrangian points, Low-Lunar Orbit and so on.

1.1 Lunar soil composition analysis and assessment

The lunar surface has an important presence and variety of elemental resources how it is notably recalled from Crawford [2], where the author extensively discusses about their presence and their possible application fields in the space-economy/colonization. So, in this concise insight on material resources, we recollect the essential aspects that Crawford have underlined and to drop them into the CNS-LunaFab needs.

As a general aspect, is a matter of fact that what the scientists know about the Moon's geology founds its basis on the study of returned samples from only nine localities and from the reading and the interpretation of orbital remote sensing of the lunar surface that are valid just for few superficial meters. This highlights a still incomplete knowledge and uniquely the presence of an organized scientific and technological infrastructure can close the remaining questions.

The lunar resources can be hierarchically categorised in three classes according to their possible use:

I) to facilitate continued exploration of the Moon, the ISRU activities, concerning the resources captured in-situ (e.g. rare-Earth elements -REE- fundamental for semi-conductors, water for hygiene, drinking and producing rocket oxidizer/fuel);

Partant d'une exigence bien définie de quantité de masse de propulseur [1], ce chapitre donnera un aperçu des ressources disponibles que la surface lunaire peut fournir, un moyen durable et efficace d'extraire, de traiter et de transformer ces ressources pour assurer des bases concrètes pour les activités futures concernant l'économie spatiale lunaire.

En vérité, le propulseur traité soutiendra l'exploration future et les voyages touristiques basés sur différentes stations spatiales précédemment identifiées qui seront probablement présentes sur l'orbite terrestre basse, dans les points lagrangiens Terre-Lune, dans les Orbites basses, etc.

1.1. La composition du sol lunaire, analyses et vérifications.

La surface lunaire a une présence et une variété importantes de ressources élémentaires comme l'a remarquablement rappelé Crawford [2] : l'auteur a longuement discuté de leur présence et de leurs champs d'application possibles dans l'économie / colonisation spatiale.

Les ressources lunaires peuvent être classées hiérarchiquement en trois classes en fonction de leur utilisation possible:

I) faciliter l'exploration continue de la Lune, les activités in situ, concernant les ressources capturées (par exemple les terres rares, -REE- fondamentales pour les semi-conducteurs, l'eau pour l'assainissement et l'arrosage et pour produire du carburant pour les fusées);

II) faciliter les activités scientifiques et économiques aux alentours de la Terre et de la Lune, dans l'espace cislunaire (par exemple les éléments qui peuvent être extraits de la Lune représentant un investissement important dans l'environnement cislunaire comme le carburant pour fusée, les métaux, l'uranium pour générer la propulsion et l'énergie);

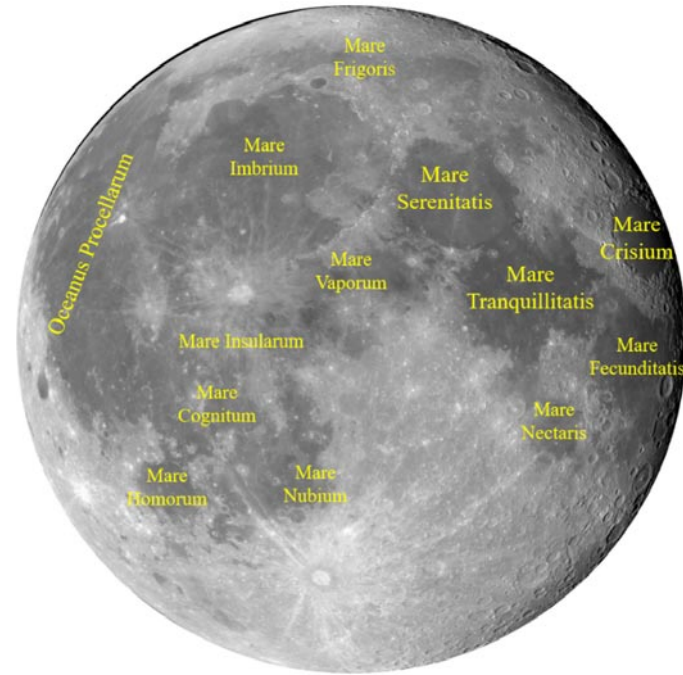


Fig. 1 - Régions lunaires

Le risorse lunari possono essere gerarchicamente categorizzate in tre classi secondo il loro possibile uso:

I) facilitare continue esplorazioni della Luna, le attività in situ, riguardanti le risorse catturate (e.g. le terre rare, -REE- fondamentali per i semi conduttori, acqua per igiene, abbeveraggio e per produrre combustibile per i razzi);

II) facilitare le attività scientifiche ed economiche nei pressi di Terra e Luna, lo spazio cislunare (e.g. elementi che possono essere estratti dalla Luna rappresentanti un significativo investimento nell'ambiente cislunare come il combustibile per i razzi, metalli, uranio per generare propulsione e potenza);

III) il contributo delle risorse lunari all'economia terrestre (e.g. risorse con un impatto diretto come elementi del gruppo platino -PGMs-, ^3He , REE). Muovendosi verso la descrizione degli elementi lunari presenti, deve essere detto che la superficie lunare è composta da uno strato di regolite ($60\ \mu\text{m}$ dimensione media del grano ed una densità approssimativa di $1660\ \text{kg/m}^3$) creatasi durante miliardi di impatti lunari. In Figura 1 sono rappresentate le regioni lunari.

Le potenziali risorse sono qui riassunte:

I) *Sostanze volatili impiantate nella regolite* (vedi Tab. 1).

Recenti evidenze [3] attribuiscono confermano la concentrazione di idrogeno come eccedente le 100 ppm in alcune aree specifiche. Elementi volatili addizionali in piccole quantità ($\leq 1\ \mu\text{g/g}$) sono i gas nobili quali "Ne", "Ar", "Kr", "Xe". L'estrazione di questi elementi è ad alto consumo energetico;

II) *Elio-3* (^3He). Questo è un elemento veramente raro sulla Terra e, nonostante sia particolarmente interessante come gli entusiasmi per un sorgente di potenza, ^3He è anch'esso raro sul suolo lunare (vedi Tab. 1). Ha inoltre una presenza non uniforme sul suolo lunare con le percentuali maggiori ($\geq 20\ \text{ppb}$) nell'Oceanus Procellarum e Mare Tranquillitatis in cui, assumendo un ipotetico spessore di regolite pari a 3m, la massa totale in queste due aree è di circa $2 \times 10^8\ \text{kg}$ (200.000 tonnellate). Ultimo, non per importanza, la distribuzione di ^3He alle alte latitudini/regioni polari, è bassa.

II) to facilitate the scientific and economic activities in the neighboring of both Earth and Moon, the cis-lunar space (e.g. elements that can be extracted from the Moon representing a significant investment in the cis-lunar ambient as rocket fuel/oxidizer, metals, uranium for power and propulsion);

III) the contribution of lunar resources to the Earth global economy (e.g. resources with a straightforward impact to the Earth economy as platinum group metals -PGMs-, ^3He , REE). Moving toward the description of the present lunar elements, it has to be stated that its surface is composed by an unconsolidated layer or regolith ($60\ \mu\text{m}$ of average grain size and a bulk density of approx. $1660\ \text{kg/m}^3$) arose during billions of meteorite impacts.

Potential resources are here summarized according to the current comprehension:

I) *solar wind implanted volatiles in the lunar regolith* (see Table 1). Recent evidences [3] attribute the H-concentration exceeding 100 ppm in some specific area. Additional volatiles contained in small quantities ($\leq 1\ \mu\text{g/g}$) are the noble gases "Ne", "Ar", "Kr", "Xe". The extraction of these volatiles is high energy consumption;

II) *Helium-3* (^3He), this is a very rare element on Earth and, although the enthusiasm of power source, ^3He is also rare on the lunar soil as well, see Table 1. It also has a non-uniform presence on lunar soil with the highest percentages ($\geq 20\ \text{ppb}$) only at the Oceanus Procellarum and Mare Tranquillitatis (see Figure 1), where, assuming a hypothetical regolith thickness of 3m, the total mass in these two areas is about of $2 \times 10^8\ \text{kg}$ (200.000 tonnes). Last but not least, the ^3He distribution at high latitudes/polar regions is low.

III) *Water*, it has been found in an icy state mostly in shadowed 'cold traps' at 40 K ($-233.15\ ^\circ\text{C}$). The NASA LCROSS mission in 2009 estimated a water concentration of 5,6 wt% in the southern pole crater Cabeus.

III) la contribution des ressources lunaires à l'économie de la Terre (par exemple les ressources ayant un impact direct comme les éléments du groupe du platine -PGMs-, REE.)

En allant vers la description des éléments lunaires présents, il faut dire que la surface lunaire est composée d'une couche de régolithe (granulométrie moyenne $60\ \mu\text{m}$ et densité approximative de $1660\ \text{kg/m}^3$) créée lors de milliards d'impacts lunaires. Dans la figure 1, sont représentées les régions lunaires.

Les ressources potentielles sont résumées ici :

I) *Substances volatiles implantées dans le régolithe* (voir tableau 1). Des preuves récentes [3] attribuent une concentration d'hydrogène supérieure à 100 ppm dans certains domaines spécifiques. Les éléments volatils supplémentaires en petites quantités ($= 1\ \mu\text{g/g}$) sont des gaz rares tels que « Ne », « Ar », « Kr », « Xe ». L'extraction de ces éléments est de forte consommation d'énergie.

II) *Hélium-3* (^3He). C'est un élément très rare sur la Terre et, malgré l'enthousiasme pour une source d'énergie, il est également rare sur le sol lunaire (voir tableau 1). Il a en outre une présence non uniforme sur le sol lunaire avec les pourcentages les plus élevés ($= 20\ \text{ppb}$) dans Oceanus Procellarum et Mare Tranquillitatis dans lesquels, en supposant une épaisseur de régolithe hypothétique de 3 m, la masse totale dans ces deux zones est d'environ $2 \times 10^8\ \text{kg}$ (200 000 tonnes). Enfin, la distribution de ^3He aux hautes latitudes / régions polaires est faible.

III) *De l'eau* a été trouvée à l'état gelé, en particulier dans des « pièges à glace » à l'ombre à 40 K ($-233,15\ ^\circ\text{C}$). La mission LCROSS de la NASA en 2009 a estimé une concentration de 5,6% dans le cratère Cabeus au pôle sud.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une telle concentration uniforme pour toutes les régions ombragées, la quantité d'eau pourrait être de (2900 millions de tonnes) ce qui pourrait théoriquement assurer une réserve d'eau importante.

Tab 1: Concentration moyenne et les différents éléments dans la régolithe lunaire [3]

Volatile	Concentration ppm (mg/g)	Average mass per m ³ of regolith (g)
H	46 ± 16	76
^3He	0.0042 ± 0.0034	0.007
^4He	14.0 ± 11.3	23
C	124 ± 45	206
N	81 ± 37	135
F	70 ± 47	116
Cl	30 ± 20	50

III) Acqua, è stata trovata allo stato ghiacciato solido soprattutto in 'trappole ghiacciate' all'ombra a 40 K (-233.15 °C). La missione NASA LCROSS nel 2009 ha stimato una concentrazione del 5.6% nel cratere Cabeus al polo sud. Così, sotto facendo l'ipotesi di una tale concentrazione uniforme per tutte le regioni poste in ombra, l'ammontare d'acqua potrebbe essere di 2.9×10^{12} (2900 milioni di tonnellate) che teoreticamente potrebbero assicurare un'importante riserva d'acqua. Non solo, recenti telerilevamenti [5] suggeriscono che alcuni depositi piroclastici potrebbero contenere 1500 ppm (0.15% in peso) di H_2O fornendo quindi una risorsa economicamente sfruttabile.

IV) Ossigeno (O), può essere rintracciato e catturato nell'acqua lunare (ghiaccio polare o regolite idratata), da depositi piroclastici ma anche da ossidi/silicati non idratati nella regolite lunare. In generale è stato stimato che 2-4 MW/anno sono necessari per produrre 10^6 kg d'ossigeno.

V) Metalli, questi elementi sono estremamente fondamentali per scopi scientifici e infrastrutturali, nonostante la loro estrazione sia energeticamente dispendiosa. Il ferro (Fe) è ampiamente disponibile in tutti i mari basaltici (circa 14-17% in peso), mentre una minore presenza è riscontrata nella regolite (0.5%) è disponibile. Circa 5 kg di Fe sono disponibili in $1m^3$ di regolite. Inoltre, in $1m^3$ di regolite sono presenti 300 g di "Ni" e 0.5 g di PGMs. Il titanio ha una presenza importante nei mari basaltici e può essere estratto tramite processi elettrochimici. Ha una bassa concentrazione nei meteoriti (<0.09% in peso). L'alluminio è un altro importante materiale per costruzione e ha una significativa concentrazione nelle vaste lande di regolite lunare (10-18% in peso);

VI) Silicio (Si), è presente nelle rocce (20% in peso) ed è importante per la produzione di celle solari in modo da produrre energia elettrica dal Sole. Il requisito più interessante per il suo utilizzo nei conduttori è la purezza del materiale.

So, under the hypothesis of this uniform concentration for all the shadowed regions, the amount of water would be 2.9×10^{12} (2900 million tonnes) that theoretically can assure an important water reservoir. Not only, recent remote sensing [5] suggests that some pyroclastic deposits may contain 1500 ppm (0.15 wt%) of H_2O providing an economically exploitable resource.

IV) Oxygen (O), it can be found and captured in lunar water (polar ice or hydrated regoliths), pyroclastic deposits but also from lunar regolith anhydrous oxide/silicates. In general, it has been estimated that 2-4 MW/yr are necessary to produce 10^6 kg of oxygen.

V) Metals, these elements are extremely fundamentals for scientific purposes and infrastructures, although their extraction can be energy intensives. Iron (Fe) is largely available in all mare basalts (approx. 14-17% wt), while although a lower presence in regolith (0.5%), it is readily available. About 5 kg of Fe are available in $1m^3$ of regolith. In addition, in $1m^3$ of regolith are present 300 g of "Ni" and 0.5 g of PGMs. Titanium has an important presence in the high-Ti mare basalts and it may be extracted through electrochemical processes. It has low concentrations in meteorites (<0.09% wt). Aluminium is another important material for construction and it has significant concentrations in lunar highlands regolith (10-18% wt).

vi) Silicon (Si), it is present in rocks (20 wt%) and it is important for the production of solar cells and arrays to acquire electricity from sun. The main requirement for conductors is the purity.

vii) REE, they offer a wide range of industrial application (e.g., electronic). Usually, also called KREEP due to the enhanced levels in phosphorus (P) and potassium (K). They can be found in lunar rocks (Oceanus Porcellarum).

viii) Thorium (Th) and Uranium (U), their presence is expected in the KREEP-rich terrains. It has been found that a maximum U abundance is about 2 ppm in the Th-bearing areas.

De plus, des télédétections récentes [5] suggèrent que certains gisements piroclastiques pourraient contenir 1 500 ppm (0,15% en poids) de H_2O , ce qui constitue une ressource économiquement exploitable.

IV) L'oxygène (O), peut être tracé et capturé dans l'eau lunaire (glace polaire ou régolithe hydraté), dans les dépôts piroclastiques mais aussi à partir d'oxydes / silicates non hydratés dans le régolithe lunaire. En général, on estime que 2 à 4 MW / an sont nécessaires pour produire 106 kg d'oxygène.

V) Métaux, ces éléments sont extrêmement fondamentaux à des fins scientifiques et infrastructurelles, bien que leur extraction soit à forte intensité énergétique. Le fer (Fe) est largement disponible dans toutes les mers basaltiques (environ 14 à 17% en poids), tandis qu'une plus petite présence est disponible dans le régolithe (0,5%). Environ 5 kg de Fe sont disponibles dans $1m^3$ de régolithe. De plus, 300 g de « Ni » et 0,5 g de PGM sont présents dans $1m^3$ de régolithe. Le titane a une présence importante dans les mers basaltiques et peut être extrait par des procédés électrochimiques. Il a une faible concentration dans les météorites (<0,09% en poids). L'aluminium est un autre matériau de construction important et a une concentration significative dans les vastes landes du régolithe lunaire (10 à 18% en poids)

VI) Le silicium (Si) est présent dans les roches (20% en poids) et est important pour la production de cellules solaires afin de produire énergie électrique du Soleil. La principale qualité pour les conducteurs est la pureté du matériau.

VII) Terres rares, elles offrent un large domaine d'application industrielle (ex : électronique). En règle générale, ils sont également appelés KREEP en raison du niveau élevé de phosphore (P) et de potassium (K). Ils peuvent être trouvés dans les roches lunaires (Oceanus Porcellarum).

VIII) Thorium (Th) et Uranium (U), leur présence est attendue dans les sols à forte présence de KREEP. On a été constaté que l'abondance maximale d'Uranium est d'environ 2 ppm dans les régions où le Thorium est présent.

VII) *Terre rare*, essi offrono un ampio campo d'applicazione industriale (e.g. elettronica). Tipicamente sono anche chiamati KREEP a causa dell'elevato livello di Fosforo (P) e Potassio (K). Possono essere trovati nelle rocce lunari (Oceanus Porcellarum);

VIII) *Torio* (Th) e *Uranio* (U), la loro presenza è attesa nei terreni alta presenza di KREEP. È stato rintracciato che la massima abbondanza di Uranio è di circa 2 ppm nelle regione in cui è presente il Torio.

1.2 Propellente dalla regolite lunare: analisi costi-benefici

Nei prossimi 50 anni, una moltitudine di propellenti ad alte prestazioni sarà scoperto ed usato e, in alcuni casi, energie elettriche e nucleari ad alte prestazioni rimpiazzeranno quelle chimiche. È anche vero che la propulsione chimica rimarrà a lungo il tipo di propulsione con il più alto impulso specifico e, per questa ragione, è la più indicata per il trasporto di cargo e persone. Ci aspettiamo che le future propulsioni chimiche saranno basate sugli stessi elementi di quella corrente, in particolare LOX e LH₂, i quali possono essere estratti e direttamente trasformati sulla superficie lunare.

Focalizzandoci sulla visione del 'Center for Near Space', è abbastanza difficile immaginare quale tipo di propellente sarà disponibile nei prossimi 50 anni. Possiamo assumere che saranno della stessa famiglia degli attuali migliori propellenti, LOX e LH₂, perciò li prenderemo come riferimento nelle nostre valutazioni. Trascureremo eventuali miglioramenti tecnologici nei prossimi 50 anni, rimanendo così conservativi nelle valutazioni. LH₂ è più difficile da conservare rispetto LOX, richiedendo temperature criogeniche, tuttavia fornisce i più alti impulsi specifici. L'ossigeno liquido (LOX) può essere trovato nella regolite lunare ed è comunemente usato come ossidante combustibile per i razzi.

Questo propellente con un "Technology Readiness Level" (TRL) pari a 9 è stato usato come ossidante per lo Space Shuttle, Are (fase Centaur), Blue-Origin (decollo/atterraggio) e si intende usarlo per SLS.

1.2 Propellant from lunar regolith: the trade off analysis

In the next 50 years a multitude of high-performance propellants will be discovered and used and, in some cases, high-performance electrical and nuclear energy will completely replace the chemical one. It is also true that chemical propulsion will remain longly the highest specific impulse kind of propulsion and, for this reason, the most envisaged for high performance transportation of cargos and people. We expect that future chemical propulsion will be based on the same elements of the current one, in particular LOX and LH₂, which can be extracted and transformed directly on the lunar surfaces.

Targeting the vision of Center for Near Space, it is somewhat hard to imagine what kind of propellant will be available in about 50 years from now. We can assume they will of the same family of the actual best performant propellants, LOX and LH₂, and so we will made reference to them in our evaluations. We will neglect eventual technological improvements in the next 50 years, so remaining conservative in the evaluations. LH₂ is more difficult to store than LOX, requiring cryogenic temperatures, but provides the highest specific impulse. Liquid Oxygen (LOX) can be found in lunar regolith and it is commonly used as an oxidiser in rocket fuel.

This propellant has a Technology Readiness Level (TRL) of 9 and has been used as an oxidiser for Space Shuttle, Ares (Centaur Stage), Blue Origin (take-off/landing) and is intended to be used for SLS.

Oxygen could be used as a fuel source for a Nuclear Thermal Rocket (NTR). Furthermore, a larger quantity of oxygen would be required, compared to hydrogen, to produce equal performance. All of this also creates many legal and ethical issues around launching and using nuclear material. Finally, LOX must be stored cryogenically, typically at temperatures below 20 K (inserirer riferimento) and at a pressure below 2 atm.

1.2 Propulseur du régolithe lunaire : analyse coûts-avantages

Au cours des 50 prochaines années, une multitude de propulseurs performants seront découverts et utilisés et, dans certains cas, des énergies électriques et nucléaires performantes remplaceront les énergies chimiques. Il est également vrai que la propulsion chimique restera pour longtemps le type de propulsion avec l'impulsion spécifique la plus élevée et, pour cette raison, elle est la plus adaptée au transport de marchandises et de personnes.

Nous nous attendons à ce que les futures propulsions chimiques soient basées sur le même élément que l'actuel, en particulier le LOX et le LH₂ qui peuvent être extraits et directement transformés sur la surface lunaire.

En se concentrant sur la vision du « Center for Near Space », il est assez difficile d'imaginer quel type de propulseur sera disponible dans les 50 prochaines années. Nous pouvons supposer qu'ils appartiendront à la même famille que les meilleurs propulseurs actuels, LOX et LH₂, nous les utiliserons donc comme référence dans nos évaluations.

Nous négligerons toute amélioration technologique au cours des 50 prochaines années, demeurant ainsi prudents dans les évaluations. LH₂ est plus difficile à stocker que LOX, nécessitant des températures cryogéniques, mais il fournit les impulsions spécifiques les plus élevées.

L'oxygène liquide (LOX) peut être trouvé dans le régolithe lunaire et est couramment utilisé comme oxydant de carburant de fusée. Ce propulseur a un niveau de « Technology Readiness Level » (TRL) de 9 et a été utilisé comme oxydant pour la Space Shuttle, Are (phase Centaur), Blue-Origin (décollage / atterrissage) et est destiné à être utilisé pour SLS.

L'oxygène peut être utilisé comme carburant pour un « Nuclear Thermal Rocket » (NTR). De plus, une grande quantité d'oxygène peut être nécessaire, par rapport à l'hydrogène, pour produire des performances similaires.

L'ossigeno può essere usato come carburante per un 'Nuclear Thermal Rocket' (NTR). Inoltre, potrebbe essere necessaria in questa applicazione una vasta quantità di ossigeno, rispetto all'idrogeno, per produrre prestazioni simili. Tutto ciò crea diverse implicazioni legali ed etiche attorno al lancio ed all'utilizzo di materiale nucleare. Infine, LOX deve essere conservato in modo criogenico, tipicamente a temperature inferiori di 20K e ad una pressione inferiore a 2 atm. Sulla superficie lunare non ci dovrebbero essere difficoltà nel garantire queste condizioni considerando che nelle regioni in ombra (PSRs) si raggiungono normalmente tali temperature. Infine LOX è riavviabile e riutilizzabile per la sua capacità rispetto all'idrogeno liquido di ossidare i propellenti.

Altre forme di propellente potrebbero essere prese in considerazione (come metano, ghiaccio di alluminio). Per sintetizzare il metano sulla superficie lunare, sono necessari sia il carbonio che l'idrogeno (CH_4). Il primo può essere scartato a causa della scarsità di carbonio sulla superficie lunare (100 ppm, [6]) mentre l'alluminio presenta un'elevata abbondanza nella regolite lunare (e può essere prodotto come sottoprodotto dell'elettrolisi di regolite fusa) ma non è sicuro per l'uso in veicoli di trasferimento con equipaggio.

In generale, tutti i propellenti sopra menzionati richiedono comunque l'acquisizione di ghiaccio dai crateri del polo sud lunare. Per i motivi precedentemente individuati, questa breve analisi di "trade off" ci porta alla selezione dei componenti LOX e LH₂ e alla relativa progettazione degli impianti di estrazione e produzione di H₂O.

The lunar surface should pose no difficulty in meeting these conditions given that permanent shadowed regions (PSRs) could potentially reach this temperature. LOX is restartable and reusable, along with the ability to oxidise propellants other than liquid hydrogen.

Other forms of propellant could be also considered (as Methane, Aluminium ice). To synthesize methane on the lunar surface, both carbon and hydrogen are required (CH_4). The first one can be discarded due to a lack of carbon abundance on the Lunar surface (100ppm, [6]) meanwhile aluminium has a high abundance in lunar regolith (and can be produced as a by-product of molten-regolith electrolysis) but unsafe for use in manned transfer vehicles. In general, all of the propellants mentioned above require acquiring ice from lunar south pole craters.

For the previously identified reasons, this trade off analysis led us to the selection of LOX and LH₂ components and relative H₂O extraction and production facilities design.

Tout cela crée diverses implications juridiques et éthiques autour le lancement et l'utilisation de matières nucléaires.

Enfin, LOX doit être stocké en manière cryogénique, généralement à des températures inférieures à 20K et à une pression inférieure à 2 atm. La surface ne doit pas poser de difficultés pour satisfaire à ces conditions lorsque de telles températures sont atteintes dans les régions ombragées (PSR).

LOX est redémarrable et réutilisable grâce à sa capacité à oxyder les propulseurs par rapport à l'hydrogène liquide.

D'autres formes de propulseur pourraient être envisagées (comme le méthane, la glace d'aluminium). Pour synthétiser du méthane sur la surface lunaire, il faut à la fois du carbone et de l'hydrogène (CH_4). Le premier peut être écarté en raison de la rareté du carbone sur la surface lunaire (100 ppm, [6]) tandis que l'aluminium a une abondance élevée dans le régolithe lunaire (et peut être produit comme sous-produit de l'électrolyse du régolithe fondu) mais il n'est pas pour l'utilisation dans des véhicules de transfert habités.

En général, tous les propulseurs précités nécessitent l'acquisition de glace des cratères du pôle sud lunaire. 133

Pour les raisons précédemment identifiées, cette analyse de « compromis » nous conduit à la sélection des composants LOX et LH₂ et à la conception associée des installations d'extraction et de production de H₂O.

1.3 Possibile localizzazione dell'industria spaziale lunare

Gran parte delle attuali missioni scientifiche sulla superficie lunare sono orientate verso il Polo Sud in quanto ricco di ghiaccio.

Tuttavia, la conoscenza delle risorse lunari è in rapida evoluzione e nessuno può essere assolutamente certo di dove si troveranno il LunaFab e gli altri insediamenti umani sulla Luna tra 50 anni. Con le conoscenze odierne, per studiare le possibili posizioni del LunaFab, si possono considerare tre crateri: Cabeus, Shackleton e Amundsen.

L'analisi di compromesso potrebbe essere basata su diversi parametri:

- **L'abbondanza di materiali:** abbondanza di regolite ghiacciata per l'estrazione dei principali materiali da processare;
- **Operabilità:** Le aree con un PSR più uniforme sono più desiderabili in quanto è richiesto un minor spostamento tra le aree. Inoltre, il cratere deve essere facilmente accessibile in termini di pendenza
- **Illuminazione:** lavorare in un ambiente con luce solare costante senza bisogno di spostarsi. L'habitat deve essere posizionato in un luogo ben illuminato.
- **Temperatura:** le attività svolte in un luogo a 200K senza che sia necessario spostarsi rappresentano una situazione ideale in quanto questa è la temperatura più alta.

Va notato che questi PSR possono essere freddi fino a 40K, il che suggerisce la possibilità di composti volatili (in particolare acqua sotto forma di ghiaccio intrappolato).

A causa della posizione del cratere Shackleton sulla Luna, il bordo è esposto alla luce solare permanente, mentre il fondo del cratere rimane in ombra permanente, si ritiene che Shackleton sia il cratere più praticabile per diversi motivi.

1.3 Lunar Space Factory possible location

A large part of the actual scientific missions to the Moon surface are oriented towards the South Pole since it is rich of ice.

But knowledge about the lunar resources is rapidly evolving and nobody knows where the LunaFab and other human settlements on the Moon will be located in 50-year time. In order to study the LunaFab possible locations, three craters can be considered: Cabeus, Shackleton, and Amundsen.

Trade off could be based on several parameters:

- **Materials abundance:** icy regolith abundance for main materials extraction to process
- **Operability:** Areas with a more uniform PSR are more desirable as less travel is required between areas. Beside that the crater shall be easily accessible, in terms of crater slope.
- **Illumination:** working in an environment with constant sunlight without requiring to move. Habitat must be placed in a well illuminated part.
- **Temperature:** activities performed at a location that occurs at 200K without being required to move is an ideal situation, since this is the highest temperature

It should be noted that these PSRs can be as cold as 40K, which suggests the possibility of volatile compounds (specifically water in the form of trapped ice).

Due to Shackleton's location on the moon, it's rim in permanent sunlight, whilst the crater floor remains in permanent shadow, Shackleton is believed to be the most viable crater due to a variety of reasons.

Shackleton is a lunar crater with a diameter and depth of 21km and 4.2km respectively.

1.3 Localisation possible de l'industrie spatiale lunaire

La plupart des missions scientifiques actuelles sur la surface lunaire sont orientées vers le Pôle Sud car il est riche en glace.

Cependant, la connaissance des ressources lunaires évolue rapidement et personne ne sait où se trouveront le LunaFab et les autres établissements humains sur la Lune dans 50 ans.

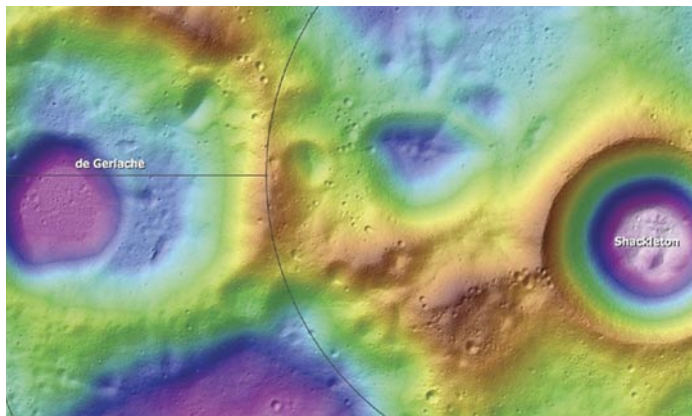
Pour étudier les positions possibles du LunaFab, on peut considérer trois cratères : Cabeus, Shackleton et Amundsen.

L'analyse de compromis pourrait être basée sur plusieurs paramètres :

- **L'abondance de matériaux :** abondance de régolithe congelé pour l'extraction des principaux matériaux à traiter
- **Opérabilité :** les zones avec un PSR plus uniforme sont plus souhaitables car moins de mouvement entre les zones est nécessaire. De plus, le cratère doit être facilement accessible en termes de déclivité
- **Éclairage :** travailler dans un environnement ensoleillé constant sans avoir à se déplacer. L'habitat doit être situé dans un endroit bien éclairé
- **Température :** les activités réalisées dans un endroit à 200K sans qu'il soit nécessaire se déplacer sont une situation idéale car 200K est la température la plus élevée.

Il est à noter que ces PSR peuvent être aussi froids que 40K, ce qui suggère la possibilité de composés volatils (en particulier de l'eau sous forme de glace piégée).

En raison de l'emplacement du cratère Shackleton sur la Lune, le bord est exposé à la lumière permanente du soleil, tandis que le fond du cratère reste à l'ombre permanente, Shackleton est considéré comme le cratère le plus viable pour plusieurs raisons.



Lunar Surface LOLA Data: NASA LRO Mission

Shackleton è un cratere lunare con un diametro e una profondità di 21 km e 4,2 km rispettivamente. Secondo le immagini e le informazioni raccolte con la Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC) e la ricostruzione del Polo Sud lunare disponibile al Ref [7], le migliori condizioni di illuminazione (per massimizzare l'efficienza energetica dei pannelli solari) si trovano sul lato sinistro del cratere Shackleton.

In effetti, l'illuminazione del bordo e i fattori di temperatura forniscono le condizioni adatte per il posizionamento della fabbrica lunare. Tale accessibilità è cruciale per l'ubicazione della fabbrica; infatti, la breve distanza di percorrenza ottimizzerà e ridurrà i tempi di trasporto migliorando le operazioni di estrazione.

D'altra parte, Shackleton ha un'inclinazione media di 30 gradi che potrebbe essere problematica per i sistemi che saranno necessari per attraversare il cratere. Infine, le condizioni ambientali devono prevedere il mantenimento di temperature adeguate per sistemi e sottosistemi, considerando i sottosistemi di potenza applicabili (che possono mantenere i sistemi in PSR).

According to the images and information collected with the Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC) and the reconstruction of the Moon South Pole available at [7] the best illumination conditions (to maximize the power efficiency of solar arrays) can be found on the left side of the Shackleton crater.

Indeed, its rim illumination and temperature factors provide suitable conditions for placement of the Lunar Factory.

Such accessibility is crucial for Factory location; indeed, the short travelling distance will optimize and reduce transport timing enhancing the extraction operations.

On the other hand, Shackleton has an average slope inclination of 30 degrees which could be problematic for systems that will be required to traverse the crater.

Finally, environmental conditions shall foresee sustaining appropriate temperatures for systems and subsystems, considering appropriate power subsystems (that can maintain systems in PSRs).

Shackleton est un cratère lunaire d'un diamètre et d'une profondeur de 21 km et 4,2 km respectivement.

Selon les images et les informations recueillies avec la Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC) et la reconstruction du pôle sud lunaire disponible au Ref [7], les meilleures conditions d'éclairage (pour maximiser l'efficacité énergétique des panneaux solaires) se trouvent sur le côté gauche du cratère Shackleton. En effet, l'éclairage de bord et les facteurs de température fournissent des conditions appropriées pour le placement de l'usine lunaire. Cette accessibilité est cruciale pour l'emplacement de l'usine ; en effet, la courte distance parcourue optimisera et réduira les temps de transport en améliorant les opérations d'extraction.

D'autre part, Shackleton a une déclivité moyenne de 30 degrés qui pourrait être problématique pour les systèmes qui seront nécessaires pour traverser le cratère.

Enfin, les conditions environnementales doivent prévoir le maintien de températures adéquates pour les systèmes et sous-systèmes, compte tenu des sous-systèmes d'alimentation appropriés (qui peuvent maintenir les systèmes en PSR).

2 La fabbrica spaziale lunare: il LunaFab

Con il termine LunaFab ci riferiamo alla combinazione di una fabbrica lunare (costituita da diverse infrastrutture e processi necessari all'estrazione, trasformazione, trasporto e stoccaggio del propellente) e di tutte le infrastrutture di supporto necessarie agli Operatori Lunari in termini di abitabilità (Habitat/insediamento), trasporto tra le infrastrutture stesse, distribuzione e generazione di potenza, sistemi di comunicazione (con le diverse stazioni sulla superficie lunare, quelle orbitanti attorno alla luna o ai punti lagrangiani, e la Terra stessa) e sistemi di navigazione (che permettono alle diverse unità meccanizzate operative e da trasporto di navigare autonomamente sulla superficie lunare).

La fabbrica lunare ha il compito di estrarre le risorse lunari e di trasformarle in un prodotto di valore che può essere venduto sul mercato, generando business, o utilizzato come rifornimento di carburante per tutti i sistemi di trasporto orbitale.

Essa sarà principalmente costituita da:

- **Unità Escavatrici (EXU):**

Queste macchine (che operano come uno sciame di veicoli o rover) sono completamente autonomi e capaci di estrarre la regolite ghiacciata da dentro i crateri lunari e depositarla sul sistema di trasporto.

- **Sistema di trasporto a nastro trasportatore (CBTS):** questo grosso nastro trasportatore è sollevato ad 1 metro circa da terra riducendo l'impatto sul suolo stesso (in un approccio archeologico e quindi di tipo non intrusivo) ed è capace di trasportare le risorse estratte, e le unità escavatrici stesse alla fine dei lavori, dalla zona di scavo fino al bordo del cratere Shackleton, dove è localizzata la fabbrica di produzione del carburante, ed infine trasportare nuovamente le unità escavatrici verso le zone (in ombra perenne) di estrazione del cratere per procedere nuovamente con l'estrazione;

2. Lunar space factory: The LunaFab

We refer to LunaFab as the combination of a Lunar Factory (which is the grouping of all the functionalities and facilities necessary to extract, transform, transport and store the propellant) with all the supporting facilities for Lunar operators living (Habitat), transportation to the different facilities, power generation and distribution, Communication (with Lunar Space Stations, the other stations located on the moon and on the lagrangian points, and finally the Earth) and Navigation (allowing the micro rovers and cargo vehicles to autonomously navigate on lunar surface).

A space factory is in charge of extracting the lunar resources and transforming them into a valuable product, which can be sold on the market or used to provide fuel to all transportation systems, generating business.

It will be composed by the following elements:

- **Excavation Units (EXU):**

These units (which will be based on swarms of rovers/vehicles) are completely autonomous and able to collect (extract) the icy regolith inside the crater and transport these resources to the transport systems;

- **Conveyor Belt Transport Systems (CBTS):**

It runs one meter from the lunar surface to reduce impact on the soil (archeological approach) and is capable to transport extracted resources and the extraction units to the transforming facilities. They move the icy regolith and the extraction units from the Shackleton crater to the crater rim, where the propellant production facilities are located, and then transport the units to the shadowed regions of the crater to proceed with the extraction;

2. L'usine spatiale lunaire: la LunaFab

Pour LunaFab on se réfère à la combinaison d'une usine lunaire (constituée de différentes infrastructures et processus nécessaires à l'extraction, la transformation, le transport et le stockage du propulseur) et toutes les infrastructures de support nécessaires aux Opérateurs Lunaires en termes d'habitabilité (Habitat / règlement), le transport entre les infrastructures elles-mêmes, la distribution et la production d'électricité, les systèmes de communication (avec les différentes stations sur la surface lunaire, celles en orbite autour de la lune ou des points lagrangiens, et la Terre elle-même) et les systèmes de navigation (qui permettent aux différentes unités de fonctionner et de transporter véhicules mécanisés pour naviguer de manière autonome sur la surface lunaire).

L'usine lunaire a pour tâche d'extraire les ressources lunaires et de les transformer en un produit précieux qui peut être vendu sur le marché, générer des affaires ou utilisé comme source de carburant pour tous les systèmes de transport orbital.

Se composera principalement de :

- **Unités d'excavation (EXU) :** Ces machines (fonctionnant comme un essaim de véhicules ou de rovers) sont entièrement autonomes et capables d'extraire le régolithe gelé de l'intérieur des cratères lunaires et de le déposer sur le système de transport.

- **Système de transport à convoyeur à bande (CBTS) :** ce grand tapis roulant est surélevé à environ 1 mètre du sol, réduisant l'impact sur le sol lui-même (dans une approche archéologique et donc non intrusive) et il est capable de transporter les ressources extraites et les unités d'excavation elles-mêmes à la fin des travaux, de la zone d'excavation au bord du cratère Shackleton, où se trouve l'usine de production de carburant, et enfin transporter les unités d'excavation vers les zones (à l'ombre pérenne) d'extraction du cratère pour procéder à nouveau à l'extraction.

- **Fabbrica di produzione del carburante:**

localizzata in prossimità del bordo del cratere, questa fabbrica é in grado di estrarre l'acqua dalla regolite ghiacciata e di realizzare un processo di elettrolisi permettendo di lavorare le risorse grezze e ricavare l'idrogeno liquido, l'ossigeno liquido e l'acqua.

Chiaramente, questa fabbrica é localizzata in prossimità del bordo del cratere in modo da massimizzare l'efficienza del Sistema di trasporto del materiale estratto;

- **Condotti per il trasporto di propellente:**

per movimentare l' LOX e l' LH₂ dall'infrastruttura dedicata alla produzione a quella dello stoccaggio, e infine allo spazioporto, é previsto l'utilizzo di un sistema di condotti e tubature.

La lunghezza dei condotti sarà minimizzata in modo da massimizzarne l'efficienza nel trasporto, ma contemporaneamente dovrà essere prevista una distanza minima tra i condotti in modo da rispettare i requisiti di sicurezza in quanto la miscelazione dei composti potrebbe generare un'esplosione;

- **Sistema di stoccaggio:** questa infrastruttura é dove l' LOX e l' LH₂ vengono conservati ed é costituita da diversi serbatoi mantenuti in uno stato criogenico ad adeguati livelli di temperatura e pressione in attesa del loro trasporto definitivo verso lo spazioporto.

- **Propellant production facility:**

located at the rim, this facility extracts water from icy regolith and performs the electrolysis, serving the purpose of processing raw resources to obtain the requested liquid hydrogen, liquid oxygen, and water.

Obviously, this facility shall be located near the selected crater in order to maximize the efficiency of the propellant mass transportation system;

- **Transport Propellant Pipes:**

In order to move LOX and LH₂ from production to storage facility and then to the spaceport pipes infrastructure is foreseen.

Pipe's length shall be minimized in order to maximize the efficiency of the propellant mass transportation system, but at the same time a minimum distance shall be also considered to respect safety requirements related to gas mixing which could provoke an explosion;

- **Propellant stocking Facility:**

where the produced LOX and LH₂ are stored. This facility could be composed of several tanks used to store the LOX and LH₂ in a cryogenic state (except water) waiting for their transportation to the spaceport.

- **Usine de production du carburant :** située au près du bord du cratère, cette usine est capable d'extraire l'eau du régolithe gelé et de réaliser un procédé d'électrolyse permettant de travailler les ressources brutes et d'obtenir de l'hydrogène liquide, de l'oxygène liquide et de l'eau.

Clairement, cette usine est située près du bord du cratère afin de maximiser l'efficacité du système de transport du matériau extrait.

- ° **Conduits pour le transport du propulseur :** pour déplacer le LOX et le LH₂ de l'infrastructure dédiée à la production vers celle de stockage, et enfin vers le spatioport, on prévoit l'utilisation d'un système de conduits et de canalisations.

la longueur des conduits est minimale afin de maximiser l'efficacité du transport, mais de la même manière une distance minimale doit être prévue afin de se conformer aux exigences de sécurité car le mélange des composés pourrait générer une explosion.

- **Système de stockage :** cette infrastructure est le lieu de stockage des LOX et LH₂ et se compose de plusieurs réservoirs maintenus à l'état cryogénique à une température et une pression compatibles en attendant leur transport final vers le port spatial.

2.1 Heritage: l'esperienza di LUPO

Un esempio degno di nota nell'ambito di una possibile "industrializzazione lunare" è il Progetto **LUPO (Lunar Propellant Outpost)** [8]. Esso tratta l'analisi di possibili modalità per la produzione di propellente nell'ambiente lunare attraverso la ricerca, lo sfruttamento e il procesamento (in carburante) delle risorse in-situ, il tutto contestualizzato tecnologicamente nelle prossime tre decadi ('20-'50).

I principali 3 argomenti affrontati nel processo di lavorazione sono riportati di seguito riportati:

1. *La scelta del propellente e la sua richiesta sul mercato.* L'elevata presenza di acqua ghiacciata, contenuta all'interno della regolite lunare in prossimità delle zone d'ombra del cratere Shackleton, permetterebbe di estrarre e trasformare questo abbondante elemento in ossigeno ed idrogeno liquido (LOX/LH₂). Secondo i calcoli di LUPO, la fabbrica così dimensionata può estrarre circa 182.0 tonnellate di LOX, 30.3 tonnellate di LH₂ e 31.9 tonnellate di H₂O all'anno.

2. *I sistemi per l'estrazione e il trasporto di regolite ghiacciata* E' prevista un'architettura composta da un Sistema di Estrazione delle risorse (RCS), che ha in carico l'estrazione della regolite ghiacciata, un Sistema di Trasporto delle Risorse (RTS), responsabile per il trasporto alla fabbrica di produzione del propellente (PPF), e infine la suddetta fabbrica che corrisponderà alla destinazione finale progettata per estrarre l'acqua dalla regolite attraverso un processo di elettrolisi. In particolare, il sistema di RCS si basa su un concetto già sviluppato dalla NASA (NASA RASSOR 2.0) [9] composto da piccoli rover, anche chiamati "collectors" "collectors", disposti su di un sistema di trasporto su cavo. Ogni collector dovrebbe garantire un'estrazione di circa 800kg per giorno terrestre.

3. *La trasformazione della regolite, la produzione di propellente, il suo stoccaggio e trasporto.*

Una volta che la regolite arriva alla PPF, vengono attivati 5 differenti processi vengono implementati: raccolta, separazione, condensazione, elettrolisi e rRaffreddamento.

2.1 Heritage: the LUPO experience

A remarkable example in the framework of a possible 'Moon industrialization' is the so-called **LUPO (Lunar Propellant Outpost)** project [8]. It deals with the investigation about how to produce propellant in the lunar environment for in-situ utilization, exploration purposes and refuelling during the next three decades ('20-'50). The main areas in the extraction-process loop are here summarized:

1. *The choice of propellant and its request*

The vast presence of water ice, attached to the lunar regolith nearby the shadowed regions of Shackleton crater, permits to collect and to convert this abundant element in liquid oxygen and liquid hydrogen (LOX/LH₂). It is that LUPO can extract the amount of (in tonnes/year) 182.0 of LOX, 30.3 of LH₂ and 31.9 of H₂O;

2. *The systems of icy regolith collection and transportation*

An architecture composed by a Resource Collection System (RCS), which is the responsible for the icy regolith collection, the Resource Transportation System (RTS), for the transport and the Propellant Production Facility (PPF), which is the final location where the icy water is extracted from the rocks by means of the electrolysis, has been designed.

In details, the RCS is based on the NASA RASSOR 2.0 [9] design and it is composed by small rovers, also-called "collectors", placed on top of the cable carriage chosen for the RTS. Each collector should gather the amount of 800 kg per Earth day.

3. *The regolith processing, the propellant production and the storage and transport*

Once the regolith arrives to the PPF, five different processes are planned: collection, separation, condensation, electrolysis and cryocooling. In particular, a part of the liquefied water moves to the electrolyses (Potassium Hydroxide/Nickel) which gives the gaseous O₂, H₂ at 80°C as output. The cryocooling phase reduces the gases temperature at their condensation point, 90K (O₂) and 20K (H₂).

2.1. Heritage: l'expérience de LUPO

Un exemple remarquable dans le contexte d'une possible « industrialisation lunaire » est le projet **WOLF (Lunar Propellant Outpost)** [8]. Il traite de l'analyse des modalités possibles de production de propulseur dans l'environnement lunaire à travers la recherche, l'exploitation et le traitement (en carburant) de ressources in-situ, le tout technologiquement contextualisé dans les trois prochaines décennies ('20 -'50).

Les 3 principaux sujets abordés dans le processus de fabrication sont énumérés ci-dessous :

1. *Le choix du propulseur et sa demande sur le marché* La forte présence d'eau glacée, contenue dans le régolithe lunaire à proximité des zones ombragées du cratère Shackleton, permettrait l'extraction et la transformation de cet élément abondant en oxygène et hydrogène liquide (LOX / LH₂).

Selon les calculs de LUPO, l'usine dimensionnée de cette manière peut extraire environ 182,0 tonnes de LOX, 30,3 tonnes de LH₂ et 31,9 tonnes de H₂O par an

2. *Systèmes d'extraction et de transport du régolithe congelé.*

On a prévu une architecture composée d'un système d'extraction de ressources (RCS), qui est responsable de l'extraction du régolithe congelé, d'un système de transport des ressources (RTS), responsable du transport vers l'usine de production de propergols (PPF), et enfin l'usine susmentionnée, qui correspondra à la destination finale destinée à extraire l'eau du régolithe par un procédé d'électrolyse. En particulier, le système RCS est basé sur un concept déjà développé par la NASA (NASA RASSOR 2.0) [9] consistant en de petits rovers, également appelés « collectors », disposés sur un système de transport par câble. Chaque collecteur doit garantir une extraction d'environ 800 kg par jour terrestre

3. *La transformation du régolithe, la production de propulseur, son stockage et son transport.*

Une fois que le régolithe est arrivé au PPF, 5 procédés différents sont mis en œuvre : collecte, séparation, condensation, électrolyse et refroidissement.

In particolare, una parte dell'acqua estratta e liquefatta viene sottoposta ad un processo di elettrolisi (con idrossido di potassio/ Nickel) generando come prodotto O_2 , H_2 a $80^\circ C$. La fase finale di raffreddamento riduce la temperatura dei gas al loro punto di condensazione $90K$ (O_2) e $20K$ (H_2). Una fase aggiuntiva di smaltimento é prevista per gestire la rimozione della regolite ormai scartata ($103,000 m^3$ in 15 anni). Infine un Sistema di tubi trasporta il carburante allo spaziorporto.

Data la forte analogia con il lavoro contestato qui presentato, si é scelto di basarsi sul lavoro di LUPO e ai suoi dimensionamenti in termini di prestazioni, consumi e capacità produttive. Essi infatti sono un'ottima base di partenza per poter prevedere l'evoluzione tecnologica da ora ai prossimi 50 anni, e quindi stimare con una certa accuratezza le capacità produttive nel 2070 in un'ottica di anticipazione.

An additional disposal phase is also included in order to manage and remove the processed regolith ($103,000 m^3$ in 15 yrs). Then, surface pipes transport the fuels to specific points to refuel the vehicles.

Due to the the strong similarity to our concept, it has been decided to made the firsts assumptions on the basis of LUPO project in terms of its processes' performance, energetic consumption and production capacity. Indeed, LUPO has been an excellent starting point in order to predict technological evolution from now to the next 50 years, and therefore estimate production capacities, with a certain accuracy, after 2070 as our anticipation prospective requests.

En particulier, une partie de l'eau extraite et liquéfiée est soumise à un procédé d'électrolyse (avec potasse / Nickel) générant comme produit à $80^\circ C$. La phase finale de refroidissement réduit la température des gaz à leur point de condensation $90K$ (O_2) et $20K$ (H_2). Une phase d'élimination supplémentaire est prévue pour gérer la suppression du régolithe rejeté ($103,000 m^3$ en 15 ans). Enfin, un système de tuyaux transporte le carburant vers l'espace- port.

Compte tenu de la forte analogie avec les travaux présentés ici, on a décidé de s'appuyer sur les travaux de LUPO et son dimensionnement en termes de performances, de consommation et de capacité de production. En fait, ils constituent un excellent point de départ pour pouvoir prédire l'évolution technologique d'ici aux 50 prochaines années, et donc estimer les capacités de production en 2070 avec une certaine précision dans une perspective d'anticipation.

2.2 Operazioni In situ: estrazione e trasporto della regolite lunare

Nei prossimi 50 anni saranno pianificate numerose missioni con il fine di confermare la presenza di regolite ghiacciata, dettagliarne la locazione esatta, e dimostrare l'efficienza tecnologica dei processi per la sua estrazione e trasformazione.

Possiamo quindi, in prima istanza, partire dall'assunzione che la maturità tecnologica di tali processi, espressa in termini di TRL, sarà la massima e quindi con TRL pari a 9.

L'estrazione di regolite lunare è prevista all'interno delle regioni perennemente oscurate (PSR) della luna ed in particolare, nel nostro caso, del cratere Schackleton.

Il processo di estrazione prevede due sistemi principali, uno **sciame di 300 unità Escavatrici (EXU)** ispirate al "Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot'(RASSOR)" sviluppato dalla NASA [8] e da un **Sistema di Trasporto basato su Nastro Trasportatore Sopraelevato**, ideato per trasportare la regolite estratta e le unità escavatrici alla fabbrica di produzione del propellente.

Come seconda ipotesi, possiamo assumere che nei prossimi 50 anni le unità escavatrici, basate sulle performance definite dalla NASA [9], saranno dei veicoli del peso di circa 600kg con una capacità di scavo di 80kg al minuto ed una capacità di trasporto massimo di circa 800kg.

La strategia del processo di scavo è di seguito riportata:

- Ogni unità EXU ha un **periodo di ricarica di 8 ore al giorno**;
- Il CBTS trasporta continuamente la regolite ghiacciata estratta alla fabbrica di produzione del propellente. Per quanto riguarda le EXU, il nastro effettua 2 viaggi al giorno, quando le operazioni iniziano e finiscono, per un **tempo di trasporto totale di 2 ore** (nell'ipotesi che la fabbrica di produzione del propellente sia localizzata a 4km dal centro del cratere)
 - Rimane quindi un tempo dedicato alle **attività di estrazione di 14 ore terrestri**

2.2 In situ operations: lunar regolith extraction and transportation

In the next 50 years numerous missions with the purpose of confirming the presence and pinpointing the locations of the icy regolith and demonstrating extracting / transforming technologies are foreseen. So, we can make the assumption that the technology maturity level [TRL] of such technologies will be 9.

The extraction of regolith is performed inside the Permanently Shadowed Region of the moon and in particular, for our purposes, inside the Shackleton crater.

The extraction process is composed of 2 main systems, a **swarm of 300 Excavation units (EXU)** inspired on the Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot (RASSOR) developed by NASA [8] and an **Elevated Conveyor Belt Transport System (CBTS)**, made to carry the regolith and the EXU's to the propellant production facility.

We can assume that in the next 50 years an Excavation Unit will be a vehicle (around 600kg) based on the enhanced version of current RASSORS technology (performances listed in [9]) with an excavation rate of 85kg/min and a capacity of 800kg.

The excavation strategy is hereafter summarized:

- **Recharge time** (per EXU) of **8 hours** per day
- The Conveyor Belt will continuously transport extracted icy regolith to the propellant facility. For what concerns the EXU's, the conveyor belt shall perform 2 trips per days, when operations start and end, for a **total transportation time of 2 hours** (in the hypothesis that propellant production facility is located 4 km far from the crater)
- **Excavation activities are foreseen for the remaining 14 hours.**

2.2. Opérations in situ : extraction et transport du régolithe lunaire

Au cours des 50 prochaines années, de nombreuses missions seront prévues dans le but de confirmer la présence de régolithe congelé, de détailler sa localisation exacte et de démontrer l'efficacité technologique des procédés d'extraction et de transformation. On peut donc, dans un premier temps, partir de l'hypothèse que la maturité technologique de ces processus, exprimée en termes de niveau de maturité technologique (TRL), sera maximale et donc égale à 9.

L'extraction du régolithe lunaire est prévue dans les régions perpétuellement obscurcies (PSR) de la lune et en particulier, dans notre cas, dans le cratère Schackleton.

Le processus d'extraction implique deux systèmes principaux, un **essaim de 300 Excavator Units (EXU)** inspirés du « Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot » (RASSOR) développé par la NASA [8] et un **Système de Transport basé sur un Conveyeur à Bandes Surélevé**, conçu pour transporter le régolithe extrait et les unités d'excavation vers l'usine de production du propulseur

Comme deuxième hypothèse, nous pouvons supposer que dans les 50 prochaines années les unités escavatrices, sur la base des performances définies par la NASA [9], seront des véhicules du poids d' environ 600 kg avec une capacité d'excavation de 80 kg par minute et une capacité de transport maximale d'environ 800kg.

La stratégie du processus de fouille est illustrée ci-dessous :

- Chaque unité EXU a une **période de recharge de 8 heures** par jour
- Le CBTS transporte continuellement le régolithe congelé extrait à l'usine de production de propulseur. Quant aux EXU, le transporteur effectue **2 trajets par jour**, au début et à la fin des opérations, pour un **temps de transport total de 2 heures** (en supposant que l'usine de production de propulseur soit située à 4 km du centre du cratère)

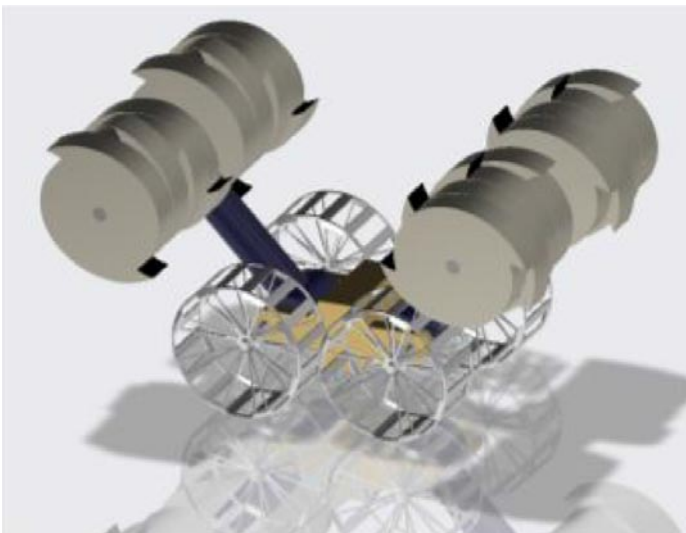


Fig. 2 Système d'extraction RASSOR de la NASA, réf [8]

EXU (based on NASA RASSOR)	CBTS
Excavation rate of 80 kg/min	Ascend speed 1.27 m/s
3 m/s (unloaded speed) and 1.5 m/s (loaded speed)	Designed in Kevlar, to resist stress and temperatures (40 K to 280 K)
Maximum capacity: 800 kg	Required Energy: 0,62 MWh/day
Weight: 660 kg	
Required Energy: 30kWh/day (per unit)	

Tab. 2 : Performances EXU et CBTS estimées sur la base de [8]

Le operazioni di estrazione delle risorse comincia con lo sciame di EXU localizzato presso la fabbrica di produzione di propellente, in prossimità del cratere, dove per 8 ore hanno effettuato la fase di ricarica. All'attivazione del CBTS le EXU vengono trasportate e dal bordo inizia la discesa seguendo la pendenza del cratere. Una volta raggiunta l'area di scavo, le unità EXU procedono con le operazioni di estrazione.

Durante le operazioni giornaliere nominali, l'intero ciclo estrattivo prevede che:

- le unità EXU estraggono la regolite e svuotano il materiale estratto sul CBTS. Una singola unità EXU é in grado di estrarre **80 kg di regolite al minuto** con una capacità massima **800 kg** prima di dover svuotare il suo carico.
- Alla fine del processo di scavo (della durata di 14 ore) le unità EXU ritornano al CBTS dove l'intero veicolo viene trasportato alla fabbrica di produzione di propellente
- Il CBTS rifornisce il carico di regolite giornaliero e permette alle unità EXU di raggiungere la fabbrica per iniziare la fase di ricarica.

Dato che il ciclo estrattivo di una singola unità EXU dura circa 15 minuti, 10 minuti di scavo per raggiungere la capacità massima, 3 minuti per raggiungere il CBTS (data la velocità a pieno carico) e la metà per tornare alla zona di scavo, 56 cicli estrattivi possono essere svolti ogni giorno, per singola unità EXU, durante le 14 ore dedicate alle operazioni di scavo. Durante le operazioni di scavo, quindi, possiamo desumere che tutte le 300 unità EXU contribuiscono estraendo **13.440 tonnellate di regolite lunare al giorno**.

The resources extraction operations start with the swarm of EXU's located in the Propellant Production Facility, where the recharging operations are performed, which is close to the edge of the crater.

Then the CBTS moves the EXU's to the rim and start to descend along the slope. Once the mining area is reached, the EXU's unload themselves and proceed with the mining operations. During the nominal daily operation, the full cycle foresees:

- EXU's mine up to regolith and dump their content inside the CBTS. A single rover is capable of mining **80 kg/min** with a maximum capacity of **800 kg of regolith** before it needs to dump its content.
- EXU's gather back on top of the CBTS and the whole vehicle is pulled up to the propellant production facility for recharging operations.
- The CBTS reaches the facility providing the daily cargo of regolith.

Since one EXU's cycle takes around a quarter per hour (10 minutes for the excavation to reach the maximum capacity, Due to their loaded speed 3 minutes to reach the CBTS and unload the material and 1.5 minutes to come back to the excavation site), 56 excavation cycles can be made per day, per EXU, in the 14-hour allocated timeslot for excavation.

Finally, we can desume that during the daily excavation time of 14 hours, all the 300 EXU's can contribute to **13.440 tons/day of regolith**

In order to minimize the cost of human resources, and maximize time efficiency, the systems need to be highly autonomous to avoid obstacles and finding the best route. It is assumed that self navigation, artificial intelligence and machine learning capabilities will allow to have a completely autonomous system in the future 50 years. Nevertheless, EXU's are designed to be tele-operated or operated in semi-autonomous mode and a reduced number of Lunar Operators is foreseen in order to react in contingency cases or just for nominal maintenance activities.

- Il reste donc un temps dédié à l'**activité d'extraction de 14 heures terrestres**.

Les opérations d'extraction des ressources commencent par l'essaim d'EXU situé à l'usine de production de propergols, près du cratère, où pendant 8 heures ils ont effectué la phase de recharge. Lorsque le CBTS est activé, les EXU sont transportés et à partir du bord commence la descente en suivant la pente du cratère. Une fois la zone d'excavation atteinte, les unités EXU procèdent aux opérations d'extraction. Pendant les opérations quotidiennes nominales, l'ensemble du cycle d'extraction prévoit que :

- Les unités EXU extraient le régolithe et vident le matériau extrait sur le CBTS. Une seule unité EXU est capable d'extraire **80 kg de régolithe** par minute avec une capacité maximale de **800 kg** avant de devoir vider sa charge.
- À la fin du processus d'excavation (d'une durée de 14 heures), les unités EXU retournent au CBTS où tout le véhicule est transporté vers l'usine de production de propergol
- Le CBTS réapprovisionne la charge quotidienne de régolithe et permet aux unités EXU d'atteindre l'usine et de commencer la phase de recharge.

Étant donné que le cycle d'extraction d'une seule unité EXU prend environ 15 minutes, 10 minutes d'excavation pour atteindre la capacité maximale, 3 minutes pour atteindre le CBTS (compte tenu de la vitesse à pleine charge) et la moitié pour revenir à la zone d'excavation, 56 cycles d'extraction peuvent être effectués tous les jours, pour chaque unité EXU, pendant les 14 heures consacrées aux opérations d'excavation. Pendant les opérations d'excavation, on peut donc supposer que les 300 unités EXU contribuent en extrayant **13.440 tonnes de régolithe lunaire par jour**.

Pour minimiser l'utilisation des ressources humaines et minimiser les temps des processus susmentionnés, le système doit être hautement automatisé afin d'éviter

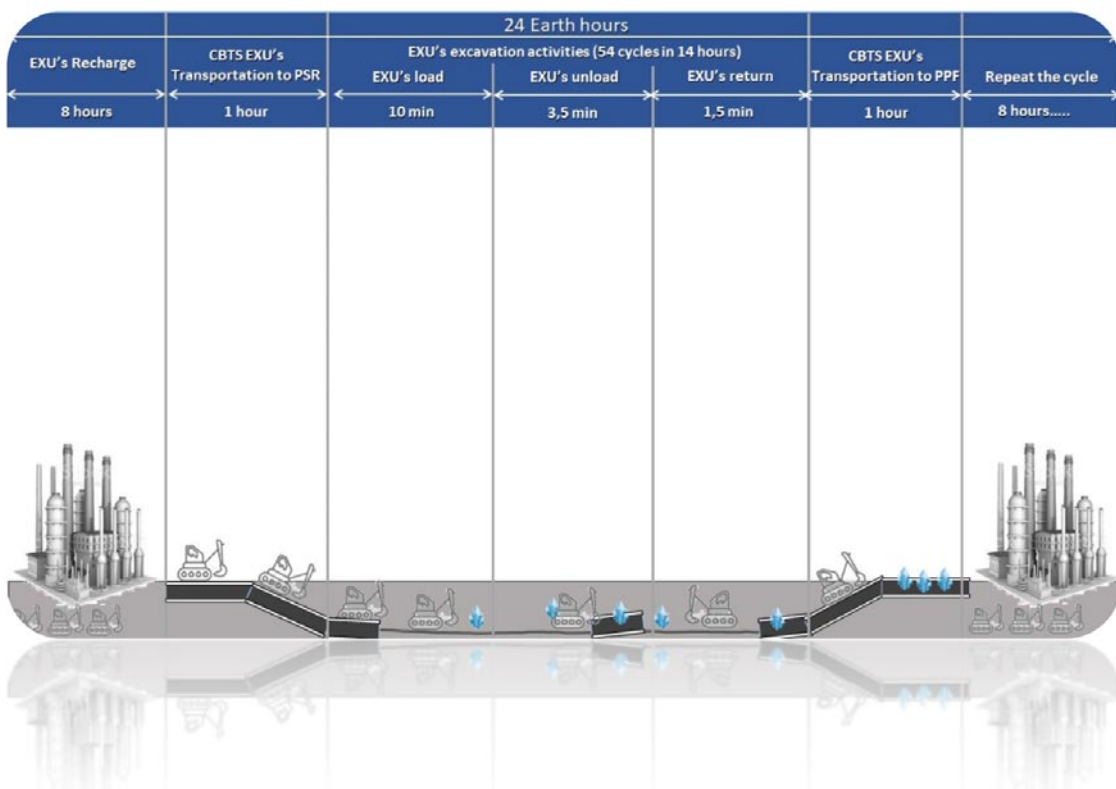


Fig.3 Détail des opérations d'excavation et de transport

Per minimizzare l'impiego di risorse umane ed i tempi dei suddetti processi, il sistema deve essere fortemente automatizzato in modo da evitare possibili ostacoli sul suolo lunare trovando sempre il percorso piú adatto. Ci si aspetta, come ulteriore assunzione, che le tecnologie di navigazione autonoma, intelligenza artificiale e machine learning permetteranno nei prossimi 50 anni di avere sistemi completamente autonomi. Ciò nonostante, le unità EXU sono progettate per poter essere operate anche da remoto o in modalità semi-autonoma, quindi una presenza di operatori lunari, seppure limitata, è necessaria per intervenire in caso di emergenza o per le attività di manutenzione.

2.3 Operazioni In situ: produzione, conservazione e trasporto del propellente

Le fabbrica dedicata alla produzione del propellente lavora tutta la regolite ghiacciata estratta dalle unità escavatrici EXU (che corrisponde circa a 13.440 tonnellate al giorno) estraendone l'acqua e trasformandola in propellente. Essa consta di 4 processi principali operativi 315 giorni l'anno (tenendo conto delle attività di manutenzione e del risparmio energetico durante parte della notte lunare) per i quali è ipotizzata un'efficienza di trasformazione dell'acqua contenuta nella regolite ghiacciata in propellente del 95%. I 4 processi sono descritti di seguito:

Separazione: Una volta che la regolite è raccolta dal cratere lunare essa viene trasportata dal CBTS alla PPF all'interno di un reattore cilindrico ad alta temperatura che permette all'acqua ghiacciata di separarsi dalla regolite. Infatti la regolite è esposta alla luce solare attraverso dei riflettori solari in grado di seguire la direzione dei raggi. L'acqua ghiacciata è così riscaldata innescando un processo di sublimazione. Assumendo che tutta la concentrazione d'acqua (5.6%) [2] può essere recuperata, si ricavano circa **752 tonnellate di vapore acqueo al giorno**.

2.3 In situ operations: propellant production, storage and transfer

The Propellant Production Facility process the daily input of icy regolith unloaded by the EXU (which should be around 13.440 tonnes) extracting the water and transforming it into propellant. It works on 4 main processes which are in operations 315 days/yr (due to maintenance activities and for keeping power levels low during the lunar-night) and under the assumption of 95% of system efficiency with the total amount of icy regolith transformed into propellant.

These 4 main processes, represented in fig.4, are hereafter described:

Separation: Once the regolith is collected from the crater and transported by the CBTS to the PPF, it is lifted into a heating cylinder where the separation process to divide the regolith to the icy water undergoes. The regolith is exposed to the sun light through a solar reflector, which can follow the sun. Here, the icy water is heated and the sublimation process takes place. Assuming that all the water concentration (5.6%) [2] can be recovered, the extraction rate is **752 tonnes of vapour a day**.

d'éventuels obstacles sur le sol lunaire en trouvant toujours le chemin le plus approprié. Il est prévu, comme hypothèse supplémentaire, que les technologies de navigation autonomes, l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique permettront des systèmes complètement autonomes au cours des 50 prochaines années. Néanmoins, les unités EXU sont conçues pour fonctionner à distance ou en mode semi-autonome, donc une présence d'Opérateurs Lunaires, même limitée, est nécessaire pour intervenir en cas d'urgence ou pour des opérations d'entretien.

2.3. Opérations in situ : production, stockage et transport du propulseur

L'usine dédiée à la production du propulseur traite tout le régolithe congelé extrait des unités d'excavation EXU (ce qui correspond à environ 13 440 tonnes par jour), en extrayant l'eau et la transformant en propulseur. Il consiste en 4 processus opérationnels principaux 315 jours par an (en tenant compte des activités d'entretien et d'économie d'énergie pendant une partie de la nuit lunaire) pour lesquels on a envisagé une efficacité de transformation de l'eau contenue dans le régolithe gelé en un propulseur de 95%.

Les 4 processus sont décrits ci-dessous :
Séparation : Une fois que le régolithe est collecté du cratère lunaire, il est transporté du CBTS au PPF à l'intérieur d'un réacteur cylindrique à haute température qui permet à l'eau gelée de se séparer du régolithe.

En fait, le régolithe est exposé à la lumière du soleil grâce à des réflecteurs solaires capables de suivre la direction des rayons. L'eau gelée est ainsi chauffée, déclenchant un processus de sublimation. En supposant que toute la concentration en eau (5,6%) [2] puisse être récupérée, environ **752 tonnes de vapeur d'eau sont obtenues par jour**.

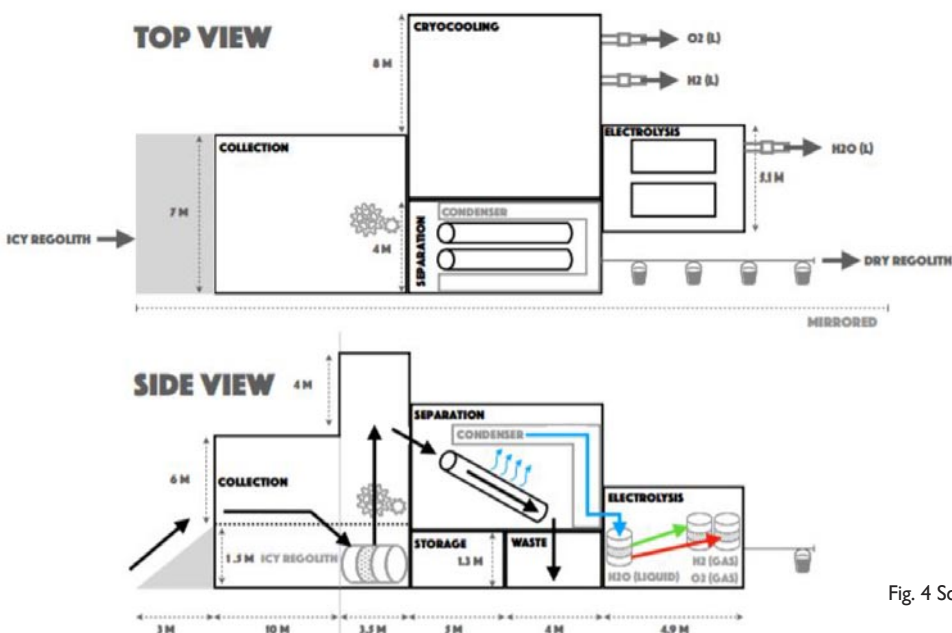


Fig. 4 Schéma de principe de l'usine de propergol, réf. [8]

In generale, il processo é regolato da diversi fattori quali la temperatura del reattore, il volume, il coefficiente di trasferimento di massa e la superficie esposta per la condensazione.

Condensazione: Prima del processo di elettrolisi, il passaggio intermedio é quello della condensazione che é necessario per convertire il vapore acqueo generato dalla sublimazione dallo stato di gas a liquido. In questa fase sono necessarie una pompa a vuoto piú una ausiliaria: la pompa a vuoto trasforma il vapore in acqua liquida generando anche un parziale livello di vuoto, il gas incompresso ritorna nella camera di compressione per dei cicli aggiuntivi dove la pompa addizionale aumenta ulteriormente lo stato di vuoto trasformando il 100% del vapore acqueo in H₂O liquida.

Elettrolisi: L'elettrolisi é il processo responsabile della separazione dell'acqua nei suoi costituenti (H₂,O₂), e quindi nelle componenti del propellente. Della corrente é applicata ad un anodo e ad un catodo in un serbatoio dove é posizionata l'acqua e l'idrogeno sará attratto dal catodo caricato negativamente. Dei tubi trasportano l'acqua liquida nella camera di elettrolisi dove un sistema di valvole e pompe controlla il flusso che, coerentemente con le proprietá chimiche molecolari delle componenti che costituiscono l'acqua, sará pari a 75 tonnellate al giorno di LH₂ e 677 di LO₂. Ogni linea di produzione prevede due camere di elettrolisi come soluzione di back-up. L'elettrolisi é un processo progettato per operare alla massima efficienza a circa 80 °C visto che, piú é alta la temperatura, piú efficiente é il processo stesso e meno energia é necessaria per separare l'acqua nei suoi costituenti idrogeno ed ossigeno.

Raffreddamento: il processo di raffreddamento ha lo scopo di ridurre la temperatura dei gas per raggiungere la temperatura di transizione allo stato liquido. Un *primo stadio* é composto da un sistema di raffreddamento radiativo che assorbe calore portando entrambi i gas a 150K.

In general, the overall process is led by reactor temperature, free volume, mass transfer coefficient and surface area of condensed phase.

Condensation: Before the electrolysis, the intermediate step of condensation is required to convert the water vapour generated to the sublimation into its liquid state. This stage makes use of a vacuum pump and a booster pump: The vacuum pump transforms the water vapour into liquid state generating a partial level of vacuum and the uncompressed vapour returns inside the compression chamber for additional cycles, where the booster pump provides additional vacuum levels in order to transform 100% of the water vapour in liquid H₂O.

Electrolysis: Electrolysis is the responsible process to separate water into its constituents (H₂, O₂) which compose the propellant. A DC power source is connected to an anode and cathode in a container which is placed in water. Hydrogen will be attracted to the negatively charged cathode, where the electrons enter the water. Pipes transport liquid water to the electrolysis room where valves and pumps control the inlet flow rate that, according to the chemical properties of the water, will be splitted in 75 tons/day (LH₂) and 677 tons/day (LO₂). Each production line includes two electrolyzers, mainly for redundancy purposes. The electrolysis is designed to operate most efficiently at a temperature of 80 °C, as the higher the temperature, the more efficient the process becomes and the less energy needed to separate the constituent hydrogen and oxygen.

Cryocooling. The cryocooling process intends to reduce the gas temperature to the liquid transition temperature. A *first stage* is composed by a radiative cooling stage which extracts the heat leading both gases to 150K.

The *second stage* is composed by refrigerators and heat pumps driven by electric motors. This stage cools the oxygen from 150K to 90K, while for the hydrogen it is not sufficient for a liquefaction but it is decreased to 25K.

En général, le procédé est régulé par divers facteurs tels que la température du réacteur, le volume, le coefficient de transfert de masse et la surface exposée à la condensation.

Condensation : avant le processus d'électrolyse, l'étape intermédiaire est celle de la condensation qui est nécessaire pour convertir la vapeur d'eau générée par sublimation de l'état de gaz en liquide. Dans cette phase, une pompe à vide plus une pompe auxiliaire sont nécessaires : la pompe à vide transforme la vapeur en eau liquide, générant également un niveau de vide partiel, le gaz non comprimé retourne dans la chambre de compression pour des cycles supplémentaires où la pompe supplémentaire augmente encore l'état de vide en transformant 100% de la vapeur d'eau en H₂O liquide.

Electrolyse : l'électrolyse est le processus responsable de la séparation de l'eau en ses constituants (H₂, O₂), puis dans les composants du propulseur. Du courant électrique est appliqué à une anode et une cathode dans un réservoir où l'eau est positionnée et l'hydrogène sera attiré vers la cathode chargée négativement. Les tuyaux transportent l'eau liquide vers la chambre d'électrolyse où un système de vannes et de pompes contrôle le débit qui, conformément aux propriétés chimiques moléculaires des composants de l'eau, sera égal à 75 tonnes par jour de LH₂ et 677 de LO₂. Chaque ligne de production dispose de deux chambres d'électrolyse comme solution de secours. L'électrolyse est un processus conçu pour fonctionner à une efficacité maximale à environ 80°C car plus la température est élevée, plus le processus lui-même est efficace et moins il faut d'énergie pour séparer l'eau en ses constituants d'hydrogène et d'oxygène.

Refroidissement : le processus de refroidissement vise à réduire la température des gaz pour atteindre la température de transition vers l'état liquide. Un *premier stade* consiste en un système de refroidissement radiatif qui absorbe la chaleur amenant les deux gaz à 150K. Un *deuxième stade* se compose de refroidisseurs et de pompes à chaleur alimentés par des moteurs électriques.

Un *secondo stadio* é composto da refrigeratori e pompe di calore alimentate da motori elettrici. Questo stadio raffredda l'ossigeno da 150K a 90K , ma tutto ciò non é sufficiente a portare l'idrogeno allo stato liquido. Un *terzo stadio* (che attualmente ha un TRL molto basso, ma nei prossimi 50 anni possiamo stimare essere ben consolidato) con un approvvigionamento energetico di 1600W (energeticamente piú efficiente di altri sistemi di raffreddamento dell'idrogeno per applicazioni spaziali) é in grado di fornire i 20K necessari per liquefare l'idrogeno.

In conclusione, tenendo anche conto dell'efficienza dei processi precedentemente introdotta, possiamo ipotizzare una quantità di propellente prodotta di circa 225.000 tonnellate l'anno.

La regolite scartata dal processo potrebbe essere utilizzata nei processi di additive-manufacturing o, piú in generale, per la costruzione della base lunare. Inoltre la potenza totale stimata per la produzione del propellente e il suo stoccaggio é di circa 30MW di picco

2.4 Infrastrutture di supporto alle operazioni lunari

Le infrastrutture di supporto alle operazioni lunari includono tutti quegli elementi presenti sulla superficie lunare che non contribuiscono direttamente alla produzione del propellente ma che sono assolutamente necessari per garantire la corretta esecuzione delle operazioni della fabbrica lunare (approvvigionamento energetico, comunicazioni, trasporto degli operatori lunari) includendo tutti i sistemi necessari al supportare le operazioni e la sopravvivenza degli operatori stessi.

Un **habitat lunare** é predisposto per tutti gli operatori lunari coinvolti nelle operazioni della fabbrica e nelle attività di monitoraggio di tutte le altre infrastrutture e sistemi, di manutenzione e di realizzazione delle procedure che i sistemi automatizzati non sono in grado di eseguire.

A *final stage* (which is now currently at low TRL, but in the next 50 years will be consolidated), consuming 1600W of electricity (more efficient than other hydrogen space cryo-coolers) provides 20K.

In conclusion, considering also the processes efficiency previously defined, we can assume that the total amount of propellant produced is 225000 tonnes/year. A regolith waste disposal system could be also considered, in order to re-use the regolith to additive manufacturing purposes or, in general, for lunar outpost buildings. The overall power consumption of the propellant production and storage facility is estimated to have 30MW of peak.

2.4 Lunar operations support facilities

The lunar operation support facilities shall include all the elements present on the lunar surface that are not directly responsible for the propellant production, but that are absolutely necessary to guarantee the operability of the lunar space factory (power availability, communications, Lunar operators transportation) including all the systems needed to support crew operations and survivability.

A **Lunar habitat** is populated by all the Lunar operators involved in the lunar factory operations, in the monitoring the effectiveness of all the facilities and systems, maintenance and performing procedures not able to be conducted by autonomous systems. A Spaceport is also foreseen for multiple safe landings and refurbishments of transfer vehicles. All the facilities are located close to the spaceport (to maximize transport systems efficiency), but some safety requirements shall be considered.

Cette étape refroidit l'oxygène de 150K à 90K, mais tout cela n'est pas suffisant pour amener l'hydrogène à l'état liquide. Un *troisième stade* (qui a actuellement un TRL très faible, mais dans les 50 prochaines années, nous pouvons estimer être bien établi) avec une alimentation en énergie de 1600W (plus efficace en énergie que les autres systèmes de refroidissement à hydrogène pour les applications spatiales) est à mesure de fournir les 20K nécessaires pour liquéfier l'hydrogène.

En conclusion, compte tenu également de l'efficacité des procédés précédemment introduits, on peut faire l'hypothèse d'une quantité de propulseur produite d'environ 225 000 tonnes par an.

Le régolithe écarté du procédé pourrait être utilisé dans des procédés de fabrication additive ou, plus généralement, pour la construction de la base lunaire. De plus, la puissance totale estimée pour la production du propulseur et son stockage est d'environ 30 MW de pointe.

2.4. Infrastructures de support aux opérations lunaires

Les infrastructures de support aux opérations lunaires comprennent tous les éléments présents sur la surface lunaire qui ne contribuent pas directement à la production du propulseur mais qui sont absolument nécessaires pour garantir la bonne exécution des opérations de l'usine lunaire (alimentation en énergie, communications, transport des opérateurs lunaires) y compris tous les systèmes nécessaires pour soutenir les opérations et la survie des opérateurs eux-mêmes.

Un **habitat lunaire** est mis en place pour tous les opérateurs lunaires impliqués dans les opérations de l'usine et dans les activités de surveillance de toutes les autres infrastructures et systèmes, l'entretien et la mise en œuvre des procédures que les systèmes automatisés ne sont pas à mesure d'effectuer.

E' previsto uno spaziorporto che permetta allunaggi sicuri e il rifornimento dei veicoli di trasferimento. Tutte le infrastrutture sono localizzate vicino allo spaziorporto (in modo da massimizzare l'efficienza dei sistemi di trasporto) ma alcuni requisiti di sicurezza devono essere considerati: Infatti delle barriere di regolite esausta dai processi precedentemente introdotti potrebbero essere utilizzati per mitigare il rischio di danni provocati dalle procedure di allunaggio e decollo.

Infrastrutture per la comunicazione e la navigazione forniscono canali di comunicazione che permettono le operazioni automatizzate e da remoto. Infatti, le operazioni di sfruttamento delle risorse in situ (ISRU) devono essere completamente automatiche, ma eventuali interventi da remoto devono sempre essere previsti.

Le capacità di navigazione e comunicazione sono basate sia su asset sulla superficie lunare che orbitali (satelliti di Data-relay e GNSS).

Infine, di seguito si fornisce particolare dettaglio sulla **infrastruttura per la generazione e distribuzione della potenza**. Considerando il valore di picco di potenza associata alla produzione del LunaFab (30MW) e un equivalente richiesta di potenza relativa all'abitabilità e alle attività di ricerca (sulla base dell'attuale esperienza della ISS dove per una media di 10 persone circa 100KW sono necessari) la seguente architettura ibrida di rifornimento energetico è proposta:

- Un'infrastruttura locale per la generazione di energia solare (quanto più possibile vicina alla zona abitabile considerando vincoli di illuminazione, ad esempio soluzioni a pannelli solari verticali o che ricoprono parzialmente la superficie della cupola dell'habitat) dell'ordine di centinaia di KW (ad esempio i pannelli solari della ISS hanno un'estensione di 2500 metri quadrati e producono circa 250KW di energia) associata ad una centrale con batterie a celle di combustibile all'idrogeno .

Indeed, regolith barriers, made by the regolith exhausted material coming from previously identified processes, could be considered to mitigate the risk of damage provoked by the landing/take off procedures.

Communication and navigation facilities will provide communication links in order to permit the autonomous and remote lunar operations. Indeed, ISRU operations shall be completely automatic, but remotely malfunctions fixing by Lunar operators shall be always foreseen. Navigation and Communication will be based both on Lunar (ground) and orbital (Data-Relay and GNSS satellite) assets.

Finally, hereafter a particular emphasis on **Power generation and distribution facility** is reported. Considering the power peak value associated to the LunaFab production (30 MW) and an equivalent conservative request of power relevant to the habitability and research demand (on the basis of the actual ISS experience where for an average of 10 persons about 100 KW are required) the following energy hybrid architecture is envisaged:

- a local (as much as possible close to the habitable zone taking into account illumination constraints for example with vertical arrays solution or partially covering the habitation cupola surface) solar energy production facility of the order of hundreds of KW's (for instance ISS solar arrays have an extension of 2500 square meters and produce about 250 KW of direct energy) associated with hydrogen fuel cells storage station; this facility will be basically utilized for emergency situations and for flexibility needs in specific power peak circumstances, therefore will be partially automatized with local human supervision and control;
- a centralized high-power facility based on nuclear energy (for example fusion type utilizing He3 extracted from the Moon regolith) able to distribute to the LunaFab quarter

Un port spatial est prévu pour permettre des atterrissages en toute sécurité et le ravitaillement des véhicules de transfert. Toutes les infrastructures sont situées en proximité du port spatial (afin de maximiser l'efficacité des systèmes de transport) mais certaines exigences de sécurité doivent être prises en compte : en effet, les barrières de regolithe épuisées par les procédés précédemment introduits pourraient être utilisées pour atténuer le risque de dommages causés par les procédures d'atterrissage et de décollage.

Les **infrastructures de communication et de navigation** fournissent des canaux de communication qui permettent des opérations automatisées et à distance.

En effet, les opérations d'exploitation des ressources in situ (ISRU) doivent être totalement automatiques, mais les éventuelles interventions à distance doivent toujours être prévues. Les capacités de navigation et de communication reposent à la fois sur des « asset » soit sur la surface lunaire que dans l'orbite (relais de données et satellites GNSS).

Enfin, les détails suivants sont fournis sur l'**infrastructure de production et de distribution d'électricité**.

Compte tenu de la valeur de puissance de pic associée à la production du LunaFab (30 MW) et d'une demande de puissance équivalente relative à l'habitabilité et aux activités de recherche (sur la base de l'expérience actuelle de l'ISS où pour une moyenne de 10 personnes sont nécessaires environ 100 kW), on a proposé la suivante architecture hybride d'alimentation d'énergie :

- Une infrastructure locale pour la production d'énergie solaire (au plus près de la surface habitable compte tenu des contraintes d'éclairage, par exemple des solutions avec des panneaux solaires verticaux ou qui recouvrent partiellement la surface du dôme de l'habitat) de l'ordre de plusieurs centaines de KW (par exemple, les panneaux solaires de l'ISS ont une extension de 2500 mètres carrés et produisent environ 250KW d'énergie) associés à une centrale électrique à piles à hydrogène.

Questa infrastruttura é utilizzata in caso di emergenza e per esigenze particolari di richiesta energetica, quindi parzialmente automatizzata e con una supervisione da parte degli operatori.

- Un'infrastruttura centralizzata di alta Potenza ad energia nucleare (ad esempio di tipo "a fusione" utilizzando l' He³ che può essere estratto dalla regolite lunare) capace di distribuire al quartiere del LunaFab un picco ipotizzato di 50MW in modo da supportarne l'abitabilità, le attività di ricerca e di produzione. Quest'infrastruttura necessita di essere localizzata sufficientemente lontana dal LunaFab per ragioni di sicurezza e protezione dalle radiazioni e può operare autonomamente e controllata da remoto dal LunaFab.

3. Conclusioni

Partendo da una quantità di massa di propellente richiesta ben definita, questo lavoro ha identificato una modalità efficiente e sostenibile per l'estrazione, il processamento e la trasformazione di regolite ghiacciata con lo scopo di garantire un business consolidato per le attività future riguardanti l'economia spaziale Lunare, supportando l'esplorazione dell'uomo dello spazio e il futuro turismo spaziale.

Basandosi sull'assunzione che il propellente necessario a lasciare la superficie terrestre e a raggiungere una orbita bassa terrestre (LEO) sarà completamente fornito di risorse terrestri, tutto il propellente prodotto sulla superficie lunare sarà usato per il trasporto orbitale dalla Terra LEO all'LLO lunare e ai punti Lagrangiani.

Per poter produrre questa quantità di propellente , si prevede che il LunaFab sia composto da una fabbrica lunare e da tutte le strutture di supporto come quelle per le operazioni vitali Lunari (Habitat), per il trasporto verso le differenti strutture, per la generazione di potenza energetica e la sua distribuzione, etc.

the assumed peak value of about 50 MW to support habitability, research and production; this facility has to be located sufficiently far from the LunaFab quarter to respect safety and radiation protection requirements and can be automatically operated and telecontrolled from LunaFab quarter.

3. Conclusions

Starting from a requested propellant mass quantity of 190K tons/year, this paperwork has identified an efficient and sustainable way to extract, process and transform icyregolith in order to ensure a consolidated business for the future activities concerning the Lunar space economy, supporting future human space exploration and tourism travels.

Basing on the assumption that the propellant required to leave the Earth surface and reach the LEO will be completely provided by terrestrial resources, all the propellant produced on the Lunar surface will be used for the orbital transportation from the Earth LEO to the lunar LLO and Lagrangian points.

In order to produce this amount of propellant, a LunaFab is foreseen composed by a Lunar Factory and all the supporting facilities for Lunar operators living (Habitat), transportation to the different facilities, power generation and distribution, and so on.

Cette infrastructure est utilisée en cas d'urgence et pour des besoins particuliers de demande énergétique, elle est donc partiellement automatisée et supervisée par les opérateurs.

- Une infrastructure nucléaire centralisée de grande puissance (par exemple de type « fusion » utilisant de l'hélium 3 qui peut être extrait du régolithe lunaire) capable de distribuer un pic supposé de 50 MW au quartier LunaFab afin de les activités d'habitabilité, de recherche et de production.

Cette infrastructure doit être située suffisamment loin du LunaFab pour des raisons de sécurité et de radioprotection et peut fonctionner de manière autonome et contrôlée à distance par le LunaFab.

3. Conclusions

Partant d'une quantité bien définie de masse propulsive nécessaire, ce travail a identifié une voie efficace et durable pour l'extraction, le traitement et la transformation du régolithe congelé dans le but de garantir une entreprise consolidée pour les activités futures concernant l'économie. Espace lunaire, soutien l'exploration spatiale par l'homme et le futur tourisme spatial.

Sur la base de l'hypothèse que le propulseur nécessaire pour quitter la surface de la Terre et atteindre une orbite terrestre basse (LEO) sera entièrement alimenté par les ressources de la Terre, tout le propulseur produit sur la surface lunaire sera utilisé pour le transport orbital de la Terre LEO vers l'LLO lunaire et aux points Lagrangiens.

Afin de produire cette quantité de propulseur, il est prévu que le LunaFab soit composé d'une usine lunaire et de toutes les structures de support telles que celles des opérations vitales lunaires (Habitat), pour le transport vers les différentes structures, pour la génération de puissance énergétique et pour sa distribution, etc.

L'infrastruttura spaziale stessa ha il compito di estrarre le risorse lunari e trasformarle in un prodotto di valore, che possa essere venduto sul mercato o usato per rifornire carburante a tutti i sistemi di trasporto, generando un indotto economico.

300 unità escavatrici lavoreranno autonomamente (o comandate da remoto) 14 ore al giorno (lasciando la restante parte per ritornare alla base e per le 8 ore di ricarica) e ogni EXU può contribuire con circa 45 tonnellate di regolite al giorno.

Attraverso un sistema di trasporto basato su un nastro trasportatore sopraelevato, la fabbrica di produzione di propellente conterà di 4 processi principali che saranno operativi 315 giorni all'anno (i restanti giorni saranno dedicati sia all'attività di manutenzione sia a mantenere i livelli energetici bassi, interrompendo le operazioni durante la notte lunare) per i quali si ipotizza un'efficienza del 95% nella trasformazione di regolite ghiacciata, e dell'acqua in essa contenuta, in propellente.

Data l'assunzione che tutta la quantità di acqua contenuta (5,6%) può essere recuperata, si possono produrre 225000 tonnellate all'anno di propellente al costo di un consumo energetico di 30 MW, dimostrando che il LunaFab sarà assolutamente capace di rifornire tutto il propellente richiesto annualmente per il trasporto orbitale tra la Terra e la Luna.

The space factory itself is in charge of extracting the lunar resources and transforming them into a valuable product, which can be sold on the market or used to provide fuel to all transportation systems, generating business.

300 Excavation units (EXU) will work autonomously (or teleoperated) 315 days/year, 14 hours per day (leaving the remaining part for recharging) and each EXU can contribute to 45 tons/day of regolith. Through an elevated conveyor belt transportation system, the Propellant Production Facility will work based on 4 main processes which will be in operations 315 days/yr (due to maintenance activities and for keeping power levels low during the lunar-night) with the capability of transforming the icy regolith into propellant with an efficiency of 95%.

Assuming that, all the water concentration (5.6%) can be recovered and it will produce 225000 tonnes/year with a power consumption of 30MW, demonstrating that LunaFab will be absolutely capable of providing all the yearly-required propellant for orbital transportation between Earth-Lunar orbits.

L'infrastructure spatiale elle-même a pour tâche d'extraire les ressources lunaires et de les transformer en un produit de valeur, qui peut être vendu sur le marché ou utilisé pour ravitailler tous les systèmes de transport, générant un impact économique. 300 unités d'excavation travailleront de manière autonome (ou télécommandée) 14 heures par jour (laissant le reste pour retourner à la base et pour 8 heures de recharge) et chaque EXU peut contribuer avec environ 45 tonnes de régolithe par jour.

Grâce à un système de transport basé sur un convoyeur surélevé, l'usine de production de propergol se composera de 4 processus principaux qui seront opérationnels 315 jours par an (les jours restants seront dédiés à la fois aux activités d'entretien et au maintien des niveaux d'énergie bas, interrompant les opérations pendant la nuit lunaire) pour lesquels on suppose une efficacité de 95% dans la transformation du régolithe gelé, et de l'eau qu'il contient, en propulseur.

Compte tenu de l'hypothèse que la totalité de l'eau contenue (5,6%) peut être récupérée, 225.000 tonnes de propulseur peuvent être produites par an au prix d'une consommation d'énergie de 30 MW, démontrant que le LunaFab sera absolument capable de fournir tous les propulseurs requis annuellement pour le transport orbital entre la Terre et la Lune.

Bibliographie

- [1] Russo, G., De Chiara, G., Voto, C., "2069: the Cislunar City", Le Carré Bleu La Collection, Lunar Factory, 2021
- [2] Ian A. Crawford, Lunar resources: A review, Progress in Physical Geography, DOI: 10.1177/0309133314567585
- [3] Sinitsyn MP, The hydrogen anomalies in KREEP terrain according to the results of LEND and LPNS neutron spectrometer data. In: 2nd European Lunar Symposium, London, May 2014, 17–18
- [4] Carrier DW, Olhoeft GR and Mendell W (1991) Physical properties of the lunar surface. In: Heiken GH, Vaniman D and French BM (eds) The Lunar Sourcebook: A User's Guide to the Moon. Cambridge: Cambridge University Press, 475–594
- [5] Li S and Milliken RE (2014) Quantitative mapping of hydration in lunar pyroclastic deposits: insights into water from the lunar interior. Lunar and Planetary Science Conference 45. Abstract Number 2012
- [6] Li S and lunar interior. Lunar and Planetary Science Conference 45. Abstract Number 2012
- [7] <https://quickmap.lroc.asu.edu>
- [8] P. Guardabasso, et al, 'Lunar Outpost Sustaining Human Space Exploration by Utilizing In-Situ Resources with a Focus on Propellant Production', 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany, 1-5 October 2018
- [9] Mueller, Robert P., et al. "Design of an Excavation Robot: Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot (RASSOR) 2.0." ASCE Earth and Space 2016: Engineering for Extreme Environments, 2016

TURTLE unità tecnica di ricerca per un fiorente ecosistema lunare

Una nuova era di esplorazione spaziale ci attende. Dopo aver trascorso gli ultimi quarant'anni in bassa orbita terrestre, l'espansione dell'umanità al di là della Terra sta diventando una prospettiva sempre più concreta. Questo futuro così stimolante appare oggi a portata di mano grazie ai progressi tecnologici accumulati negli ultimi anni: i veicoli spaziali sono diventati via via più riutilizzabili, sicuri, precisi, leggeri, economici e autonomi; materiali avanzati e processi di produzione hanno aperto e plasmato nuove applicazioni extra-terrestri.

Sfruttando queste tecnologie, enti commerciali e governativi stanno sviluppando mezzi per vivere e lavorare sulla superficie di un altro corpo celeste o nelle vastità dello spazio profondo. Per conseguenza, l'espansione "multiplanetaria" dell'umanità potrebbe ridurre la nostra dipendenza dalle risorse terrestri ed avviare una nuova era di esplorazione spaziale sostenibile ed efficiente.

Nel corso di questo processo, la Luna giocherà un ruolo fondamentale. Dati nuovi ed inaspettati sulla presenza, lo stato e la distribuzione di risorse di interesse sulla sua superficie hanno finalmente fornito l'anello mancante tra la nostra accresciuta capacità di stanziarsi nello spazio e la nostra volontà - ma soprattutto necessità - di farlo sostenibilmente.

TURTLE Technical Unit Research for a Thriving Lunar Ecosystem

A new era of space exploration is upon us. After spending the last forty years in Low-Earth Orbit, the expansion of humanity's presence beyond Earth is now becoming a concrete perspective. Such an exciting future now looks within reach thanks to the technological advancements that have amassed in recent years: spacecrafts have become increasingly reusable, safe, accurate, light, cheap and autonomous; advanced materials and manufacturing techniques have enabled and reshaped off-Earth applications.

Building upon these technologies, both governmental and commercial players are now developing capabilities to live and work on the surface of another celestial body or in the vastness of deep space.

Thanks to the development of these in-space capabilities, the "multiplanetary" expansion of humanity could reduce our dependence on Earth's resources and enable a new era of sustainable and efficient space exploration.

In the course of this process, the Moon will play a key role. New and surprising data about the presence, state and distribution of resources of interest on the Moon have finally provided the missing link between our increased capacity to settle space and our hope - our need - to do it sustainably.

Une nouvelle ère d'exploration spatiale nous attend. Après avoir passé les quarante dernières années en orbite terrestre basse, l'expansion de l'humanité au-delà de la Terre devient une perspective de plus en plus concrète. Cet avenir stimulant semble aujourd'hui à portée de main grâce aux avancées technologiques accumulées ces dernières années: les engins spatiaux sont progressivement devenus plus réutilisables, sûrs, précis, légers, économiques et autonomes; des matériaux et des procédés de fabrication avancés ont ouvert et façonné de nouvelles applications extraterrestres.

En utilisant ces technologies, des entités commerciales et gouvernementales développent des moyens de vivre et de travailler à la surface d'un autre corps céleste ou dans l'immensité de l'espace lointain. Par conséquent, l'expansion « multi-planétaire » de l'humanité pourrait réduire notre dépendance aux ressources de la Terre et initier une nouvelle ère d'exploration spatiale durable et efficace

Au cours de ce processus, la Lune jouera un rôle central. Des données nouvelles et inattendues sur la présence, le statut et la répartition des ressources d'intérêt à sa surface ont enfin fourni le chaînon manquant entre notre capacité accrue à s'installer dans l'espace et notre volonté - mais surtout la nécessité - de le faire de manière durable.

All'esito di tali scoperte è nato un interesse globale per la Luna senza precedenti, con attori ad ogni livello che pianificano di esplorare ed utilizzare il nostro satellite.

Per la maggior parte di questi, l'importanza della Luna è duplice: anzitutto in quanto banco di prova ragionevolmente sicuro, e successivamente come trampolino di lancio per missioni nello spazio profondo. Allo stesso tempo, la Luna possiede un intrinseco valore scientifico e culturale che deve essere preso in considerazione per garantirne lo sviluppo sostenibile. Questo si traduce in sfide nuove e transettoriali per l'esplorazione spaziale. Uno scenario in cui una pluralità di entità operano simultaneamente sulla Luna richiede inevitabilmente nuove soluzioni legali, tecnologie e modelli economici per controllare il rischio di conflitti ed interferenze tramite coordinazione e cooperazione. Perché questo sia possibile, è imperativo che si inizi a lavorare adesso verso lo sviluppo integrato delle capacità tecnologiche alla base di un futuro pacifico e sostenibile sulla Luna.

Per avere successo, questo progresso tecnologico deve essere guidato da un approccio olistico, che consideri non solo i bisogni di uno specifico operatore, ma anche come questi si integrino collettivamente nello scenario globale di esplorazione lunare. Allo scopo di promuovere un simile approccio, nel Settembre del 2020 lo Space Exploration Project Group (SEPG) dello Space Generation Advisory Council (SGAC) ha istituito un nuovo framework per condurre ricerche originali sullo sviluppo sostenibile ed efficiente della Luna: la Technical Unit Research for a Thriving Lunar Ecosystem (T.U.R.T.L.E.). Attualmente, il TURTLE Group si concentra su cinque aree fondamentali: siti di allunaggio, logistica, energia, biosfere e mitigazione delle polveri. Investigando questi domini con un approccio olistico, la ricerca del Gruppo punta ad essere strumentale per lo sviluppo di una Lunar Exploration Technology Adaptive Roadmap (L.E.T.A.R.).

As a consequence, an unprecedented global interest in the Moon has surged, with multiple actors emerging at all levels with plans to explore and use our Luna.

For most actors, the importance of the Moon is twofold: first as a testing ground and then as a stepping stone for deep space missions. At the same time, the Moon still holds an inherent scientific and cultural value that needs to be taken into account to ensure its sustainable development. This poses new and cross-sector challenges for space exploration. A scenario in which a plurality of entities are operating simultaneously on the Moon unavoidably needs legal solutions, technological capabilities and economic models to control the risk of conflicts and interference through coordination and cooperation. For this to occur, it is imperative to begin working now towards the integrated development of appropriate technological capabilities enabling a sustainable and peaceful future on the Moon.

To be successful, this technological development needs to be guided by a holistic approach taking into account not only the needs of a given operator but also how they collectively fit within the global scenario of lunar exploration. To promote this approach, in September 2020 the Space Exploration Project Group (SEPG) of Space Generation Advisory Council (SGAC) has established a new framework to conduct innovative research for the sustainable and efficient development of the Moon: the Technical Unit Research for a Thriving Lunar Ecosystem (T.U.R.T.L.E.). Primarily, the T.U.R.T.L.E. Group focuses on five foundational areas: landing sites, logistic coordination, power supplies, biospheres development and dust mitigation. By looking at these domains with a holistic approach, the research conducted by the Group aims to be instrumental for the global development of a Lunar Exploration Technology Adaptive Roadmap (L.E.T.A.R.). Ultimately, the main goal of the T.U.R.T.L.E. initiative is to support the establishment of a circular Lunar ecosystem, an environment where both competition and cooperation can thrive.

Le résultat de ces découvertes a suscité un intérêt mondial sans précédent pour la Lune, avec des acteurs à tous les niveaux prévoyant d'explorer et d'utiliser notre satellite.

Pour la plupart d'entre eux, l'importance de la Lune est double: d'abord comme banc d'essai raisonnablement sûr, puis comme tremplin pour les missions dans l'espace lointain. Dans le même temps, la Lune a une valeur scientifique et culturelle intrinsèque qui doit être prise en considération pour assurer son développement durable. Cela se traduit par de nouveaux défis intersectoriels pour l'exploration spatiale. Un scénario dans lequel une pluralité d'entités opèrent simultanément sur la Lune nécessite inévitablement de nouvelles solutions juridiques, technologies et modèles économiques pour contrôler le risque de conflits et d'interférences grâce à la coordination et à la coopération. Pour que cela soit possible, il est impératif que nous commençons à travailler dès maintenant au développement intégré des capacités technologiques qui sous-tendent un avenir pacifique et durable sur la Lune.

Pour réussir, cette avancée technologique doit être guidée par une approche holistique, qui considère non seulement les besoins d'un opérateur spécifique, mais aussi la manière dont ils s'intègrent collectivement dans le scénario d'exploration lunaire globale. Afin de promouvoir une telle approche, le groupe de projet d'exploration spatiale (SEPG) du Conseil consultatif de la génération spatiale (SGAC) a établi en septembre 2020 un nouveau cadre pour mener des recherches originales sur le développement durable et efficace de la Lune: l'unité technique de recherche pour l'écosystème lunaire prospère (TORTUE). Actuellement, le groupe TURTLE se concentre sur cinq domaines clés: les sites de débarquement, la logistique, l'énergie, les biosphères et l'atténuation des poussières. En explorant ces domaines avec une approche holistique, la recherche du Groupe vise à contribuer au développement d'une feuille de route adaptative de la technologie d'exploration lunaire (L.E.T.A.R.).

In ultima analisi, l'obiettivo principale dell'iniziativa è quello di supportare la costituzione di un ecosistema lunare circolare, un ambiente in cui competizione e cooperazione possano fiorire fianco a fianco. Il TURTLE Group conta attualmente 21 giovani ricercatori di talento e si appresta a presentare dei risultati preliminari nella tarda primavera del 2021. Il Gruppo è gestito dal Co-Lead del SEPG, Antonino Salmeri, con la coordinazione scientifica affidata a Paolo Pino. Questo articolo evidenzia gli aspetti principali delle varie ricerche condotte dal Gruppo nelle cinque aree menzionate sopra, insieme ad alcune considerazioni generali sullo sviluppo sostenibile di un fiorente ecosistema lunare.

Cominciando con il primo settore di ricerca, la disponibilità di siti per allunaggi e partenze ricorrenti è evidentemente fondamentale allo scopo di stabilire un insediamento lunare. La scelta di questi siti è dettata da fattori come la prossimità ad aree di interesse o la presenza di caratteristiche selenomorfologiche vantaggiose, come rilievi che schermano dai materiali espulsi dagli allunaggi o tragitti percorribili da veicoli di superficie. Queste località dovranno inoltre essere in grado di ospitare servizi per veicoli spaziali in arrivo ed in partenza, come rifornimento di carburante, manutenzione ed ispezione dei veicoli, nonché controllo del traffico orbitale. Il Landing Team di TURTLE lavora sull'identificazione di questi siti e dei relativi servizi essenziali, per formulare delle raccomandazioni di base su regole operative di comportamento. Tali regole sono pensate per rispondere a problematiche normative che saranno vitali nell'assicurare l'accesso continuo e sostenibile alla Luna. In tal senso, la ricerca del team mostra che sicurezza ed efficienza nell'uso della Luna verrebbero massimizzate se più attori nella stessa area si coordinassero per usare regolarmente lo stesso sito di allunaggio. Questo permetterebbe infatti di sviluppare ed utilizzare strutture e servizi condivisi ed una pianificazione più efficiente e sicura delle operazioni nelle vicinanze.

Earth Rise



The T.U.R.T.L.E. Group currently counts 21 young talented researchers and aims at presenting its preliminary results over the course of the spring of 2021. The Group is managed by SEPG Co-Lead Antonino Salmeri, while the scientific coordination is provided by Paolo Pino. This paper highlights the main aspects of the various researches currently conducted within the Group in the five areas mentioned above, together with some overarching considerations on the sustainable development of a thriving lunar ecosystem.

To begin with the first area of research, the availability of sites for repeated landings and lift-offs is paramount when it comes to settling on the Moon. Primarily, the choice of these sites will be driven by factors such as proximity to areas of interest or the presence of advantageous selenomorphological features, such as high grounds to shield landing ejecta or viable paths for ground mobility. These sites shall then be suitable to host multiple services for arriving and departing spacecraft, such as refurbishment, maintenance and inspections, and traffic control. The TURTLE Landing Team focuses on the identification of these sites, shortlisting essential services and formulating baseline recommendations on key operational norms of behavior. These norms are meant to address fundamental regulatory challenges that will be vital in ensuring sustained and sustainable access to the Moon. Among those, the research conducted within the landing team shows that safety and efficiency in the use of the Moon could be maximized if multiple actors in the same area would coordinate to use the same landing site. This would allow for the shared development and use of landing facilities and services, as well as for a more efficient planning of operations nearby. These aspects are specifically addressed by the TURTLE Logistic Team, which focuses on the coordinated management of lunar infrastructure and logistics to identify potential conflicts and develop mitigation strategies.

En fin de compte, l'objectif principal de l'initiative est de soutenir la mise en place d'un écosystème lunaire circulaire, un environnement dans lequel la concurrence et la coopération peuvent s'épanouir côte à côte. Le groupe TURTLE compte actuellement 21 jeunes chercheurs talentueux et s'apprête à présenter des résultats préliminaires à la fin du printemps 2021. Le Groupe est dirigé par le co-responsable du SEPG, Antonino Salmeri, avec la coordination scientifique confiée à Paolo Pino. Cet article met en lumière les principaux aspects des différentes recherches menées par le Groupe dans les cinq domaines mentionnés ci-dessus, ainsi que quelques considérations générales sur le développement durable d'un écosystème lunaire en plein essor.

À partir du premier secteur de recherche, la disponibilité de sites pour les atterrissages et départs lunaires récurrents est évidemment essentielle pour établir un règlement lunaire. Le choix de ces sites est dicté par des facteurs tels que la proximité de zones d'intérêt ou la présence de caractéristiques sélénomorphologiques avantageuses, telles que des reliefs qui protègent des matériaux éjectés des atterrissages ou des itinéraires pouvant être parcourus par des véhicules de surface. Ces emplacements devront également pouvoir accueillir des services pour les engins spatiaux entrants et sortants, tels que le ravitaillement en carburant, l'entretien et l'inspection des véhicules, ainsi que le contrôle du trafic orbital.

L'équipe TURTLE Landing travaille sur l'identification de ces sites et de leurs services essentiels, pour formuler des recommandations de base sur les règles de conduite opérationnelles. Ces règles sont conçues pour répondre aux enjeux réglementaires qui seront vitaux pour garantir un accès continu et durable à la Lune. En ce sens, les recherches de l'équipe montrent que la sécurité et l'efficacité dans l'utilisation de la Lune seraient maximisées si plusieurs acteurs de la même zone se coordonnaient pour utiliser régulièrement le même site d'atterrissage.

Questi aspetti in particolare sono attualmente allo studio del TURTLE Logistic team, che si concentra sulla gestione coordinata di infrastrutture e logistiche lunari per identificare potenziali punti di conflitto e sviluppare idonee strategie di contenimento. A tal proposito, il Team sta progettando una serie di verosimili scenari per confrontare vantaggi e svantaggi dell'uso condiviso o competitivo di aree e risorse strategiche.

Questa costruzione di scenari si basa su interviste ed indagini che hanno coinvolto una varietà di stakeholders dalla comunità spaziale. Tale analisi sarà infine completata da un workshop collaborativo da tenersi auspicabilmente più tardi nel 2021 all'International Astronautical Congress, per simulare e valutare le conseguenze di alcuni di questi scenari.

In quanto risorsa vitale per la crescita di civiltà e comunità - siano queste sulla Terra o sulla Luna - l'energia sarà un altro requisito essenziale per lo sviluppo di un insediamento lunare. La disponibilità, robustezza e facilità di accesso a fonti energetiche contribuirà a plasmare in maniera decisiva il futuro di questi programmi. Sul punto, il TURTLE Power Team sta passando in rassegna le principali strategie per la generazione, la distribuzione e la conservazione dell'energia nel contesto di uno scenario multi-attoriale con attività di larga scala in corso in aree altamente strategiche, come l'estrazione di materiali volatili nei poli della Luna, o la ricerca scientifica nell'emisfero lontano. Sulla base dei primi risultati di questa ricerca, il Team valuta che caratteristiche dei sistemi energetici come interoperabilità e scalabilità possono giocare un ruolo chiave nel promuovere la cooperazione internazionale e nell'assicurare uno sviluppo più sicuro ed inclusivo.

Con accessi, infrastrutture ed energia disponibili, l'umanità avrà quindi bisogno di habitat in cui espandersi e prosperare. Stabilire una presenza permanente e sostenibile sulla Luna necessita un certo grado di indipendenza dal supporto terrestre. Sistemi per il controllo ambientale e supporto vitale a carattere biorigenerativo sono la chiave per ridurre la generazione di rifiuti e ottimizzare l'utilizzo di risorse cruciali come l'acqua o l'ossigeno.

To this end, the Team is currently developing a series of realistic scenarios comparing the advantages and drawbacks of the shared or competing use of strategic areas and resources. This scenarization is based on interviews and insights involving a variety of stakeholders from the space community, and will be completed by a collaborative workshop to be potentially held later this year at the 2021 International Astronautical Congress, to simulate and evaluate the consequences of some of the developed scenarios.

As a vital resource in the growth of civilizations and communities - be they on Earth or on the Moon - energy will be another overarching need for lunar development.

The availability, robustness, and ease of access to power sources will contribute to shaping the future of these endeavors. To this end, the TURTLE Power Team is surveying current strategies for power generation, distribution and storage in the context of multi-actor scenarios and large-scale surface activities in highly strategic locations, such as volatiles mining in the Moon poles, or scientific research in the permanently shadowed regions.

From the research conducted so far, the Team found that key features of power systems such as interoperability and scalability can play a key role in promoting international cooperation, and their optimal configuration can ensure more safe and inclusive development.

With lunar ports, infrastructures and energy in place, humanity will need shelters to expand and thrive into. Establishing a permanent and sustainable human presence on the Moon requires high independence from earthbound support. Bioregenerative environmental control and life support systems are key for reducing waste generation and optimizing the utilization of vital resources. For these reasons, the TURTLE Biosphere Team investigates the intersections between biospherics and resource utilization.

Cela permettrait en fait le développement et l'utilisation d'installations et de services partagés et une planification plus efficace et plus sûre des opérations à proximité. Ces aspects en particulier sont actuellement étudiés par l'équipe TURTLE Logistic, qui se concentre sur la gestion coordonnée des infrastructures lunaires et de la logistique pour identifier les points de conflit potentiels et développer des stratégies de confinement adaptées.

À cet égard, l'équipe conçoit une série de scénarios probables pour comparer les avantages et les inconvénients de l'utilisation partagée ou concurrentielle des domaines et des ressources stratégiques. Cette construction de scénario est fondée sur des entretiens et des enquêtes impliquant une variété de parties prenantes de la communauté spatiale. Cette analyse sera enfin complétée par un atelier collaboratif qui se tiendra, espérons-le au plus tard en 2021, au Congrès international d'astronautique, pour simuler et évaluer les conséquences de certains de ces scénarios.

Avec l'accès, les infrastructures et l'énergie disponibles, l'humanité aura donc besoin d'habitats dans lesquels se développer et prospérer. L'établissement d'une présence permanente et durable sur la Lune nécessite un certain degré d'indépendance par rapport au support terrestre. Les systèmes de contrôle environnemental et le maintien de la vie bio-régénérative sont la clé pour réduire la production de déchets et optimiser l'utilisation de ressources cruciales telles que l'eau ou l'oxygène. Pour ces raisons, l'équipe de biosphère TURTLE analyse les intersections entre la biosphère et l'utilisation des ressources lunaires. À cette fin, l'équipe évalue comment utiliser les modèles d'éclairage locaux et le régolithe comme sol de culture, comparant quantitativement différentes alternatives en termes de masse équivalente du système et identifiant les technologies critiques pour atteindre le degré maximum d'autonomie possible.



Per queste ragioni, il TURTLE Biosphere Team analizza le intersezioni tra la biosfera e l'utilizzo delle risorse lunari. A tale scopo, il Team sta valutando come utilizzare i pattern di illuminazione locali e la regolite come suolo di coltura, confrontando quantitativamente diverse alternative in termini di massa equivalente di sistema, ed identificando tecnologie critiche per il raggiungimento del massimo grado di autonomia possibile.

Per finire, a prescindere dal settore tecnologico o dallo scopo di tutti questi progetti, i coloni e le città lunari dovranno affrontare un problema ubiquo ed onnipresente: la polvere lunare. Le soluzioni per la relativa mitigazione dovranno essere ampiamente e prontamente applicabili e avranno profonde implicazioni sulla sicurezza, le operazioni ed i costi di manutenzione. Per affrontare al meglio queste sfide cruciali, il TURTLE Group ha recentemente accolto un nuovo team di ricercatori dedicati specificamente al contenimento delle problematiche causate dalla polvere lunare. Dopo una prima fase di studio preliminare, il Dust Mitigation Team sta attualmente esplorando le prospettive relative all'utilizzo di robotica specializzata.

Questa pletora di tecnologie e capacità è abbastanza matura da assicurare l'esplorazione sostenibile e collettiva della Luna? Può la distribuzione organizzata di spatioporti, fonti energetiche e biosfere mitigare possibili conflitti e conseguentemente velocizzare lo sviluppo dell'ecosistema lunare? In che modo il livello di autonomia degli habitat umani influenzerà la logistica e la condivisione delle infrastrutture? Che pietre miliari bisogna raggiungere nello sviluppo tecnologico per incrementare le chances di successo? Molti ricercatori nel mondo si stanno ponendo queste domande nel corso della progettazione ed implementazione delle loro missioni. Muovendo dalla consapevolezza che il futuro dell'esplorazione lunare dipende dalle sinergie che saremo capaci di stabilire nel presente.

To this end, the Team is studying local illumination patterns and regolith usage as living soil, quantitatively comparing different alternatives using the equivalent system mass framework, and identifying critical technologies needed to achieve a maximum degree of autonomy.

Finally, regardless of the technical domain or purpose of all these efforts, lunar settlers and cities will have to face a ubiquitous and all-pervasive issue: lunar dust. Strategies for mitigation will need to be widely and readily applicable and will have profound implications on safety, operations, and maintenance costs. To further investigate the issues related to lunar dust, the TURTLE Group has recently welcomed a new team of researchers tackling this topic by exploring uses for specialized robotic assets.

Is this cohort of technologies and capabilities mature enough to ensure the sustainable and multi-actor exploration of the Moon? Can the organized distribution and use of spaceports, power supplies and biospheres mitigate potential conflicts, ultimately streamlining the development of a Lunar ecosystem? How is the degree of autonomy of human habitats going to shape logistics and sharing of infrastructure? Which specific technical milestones do we need to achieve to increase the odds of success? These questions are currently examined worldwide by various researchers as part of the design and implementation of their missions. As part of this global endeavour, the TURTLE Group aims to connect the dots of a bigger picture which is currently being drawn by many hands in an uncoordinated fashion. Therefore, our ultimate goal is to craft a globally shared and evolvable roadmap - the LETAR - as a baseline framework that can grow hand in hand with the actual development of the Moon.

Together with global partners, we are designing the LETAR to gather and nurture diverse and multidisciplinary instances, building a roadmap that is constantly up to date and optimized for interoperability and cooperation.

Enfin, quel que soit le secteur technologique ou la finalité de tous ces projets, les colons et les villes lunaires devront faire face à un problème récurrent et omniprésent : la poussière de lune. Les solutions d'atténuation connexes devront être largement et facilement applicables et auront de profondes implications sur la sécurité, les coûts d'exploitation et d'entretien. Pour mieux répondre à ces défis cruciaux, le groupe TURTLE a récemment accueilli une nouvelle équipe de chercheurs affectée spécifiquement à circonscrire les problèmes causés par la poussière de lune.

Après une première phase d'étude préliminaire, l'équipe d'atténuation des poussières explore actuellement les perspectives liées à l'utilisation de la robotique spécialisée.

Cette pléthore de technologies et de capacités est-elle suffisamment mature pour assurer une exploration durable et collective de la Lune? La distribution organisée des ports spatiaux, des sources d'énergie et des biosphères peut-elle atténuer d'éventuels conflits et par conséquent accélérer le développement de l'écosystème lunaire? Comment le niveau d'autonomie des habitats humains affectera-t-il la logistique et le partage des infrastructures? Quels jalons doivent être franchis dans le développement technologique pour augmenter les chances de succès?

De nombreux chercheurs du monde entier se posent ces questions lorsqu'ils planifient et mettent en œuvre leurs missions. Partant de la prise de conscience que l'avenir de l'exploration lunaire dépend des synergies que nous pourrons établir dans le présent. Le groupe TURTLE vise à relier les points de ce schéma plus large, qui à ce jour est tiré par plusieurs mains sans concert.

Pour ces raisons, notre ambition est de promouvoir la création d'une feuille de route technologique partagée à l'échelle mondiale et évoluant en parallèle avec le développement lunaire - le LETAR.



NASA credit

Il TURTLE Group mira a connettere i punti di questo schema più grande, che ad oggi viene disegnato a più mani prive di concerto. Per questi motivi, la nostra ambizione è quella di promuovere la creazione di una technology roadmap che sia condivisa a livello globale e si evolva di pari passo con lo sviluppo lunare - la LETAR. Insieme a partner internazionali, stiamo progettando la LETAR per raccogliere e nutrire in maniera multidisciplinare le diverse anime dell'esplorazione lunare, costruendo un percorso appositamente ottimizzato per l'interoperabilità e la cooperazione. Più di ogni altra cosa, ci auguriamo che il progetto LETAR possa essere un'opportunità per corroborare i rapporti internazionali esistenti e costituire di nuovi, forgiati dal duplice scopo comune di prevenire l'insorgere di conflitti e promuovere lo sviluppo di possibilità.

In armonia con lo spirito globale di SGAC, la nostra visione è quella di liberare ed incanalare l'immenso potenziale della collaborazione internazionale e dell'open innovation per lo sviluppo prospero, sicuro e sostenibile della Luna. Desideriamo costruire un futuro in cui un ecosistema lunare possa essere la prova vivente degli incredibili traguardi che l'umanità può conseguire mettendo in comune risorse e capacità.

Come giovani scienziati provenienti da diverse parti del mondo che lavorano insieme in armonia, consideriamo tale sviluppo sostenibile e pacifico, la nostra massima priorità. Siamo consapevoli che si tratti di una sfida difficile, ma è certamente una che intendiamo vincere.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare sinceramente i membri di T.U.R.T.L.E., Adam Hugo, Adam Marcinkowski, Aleksandra Kozawska, Ankita Vashishtha, Davide Carabellese, David Gomez, Ekaterina Seltikova, Floriana Scarpisi, Lorenzo Rabagliati, Hussain Bokhari, Mohammed Milhim, Pablo Bedialauneta, Paolo Guardabasso, Romain Fonteyne, Shayna Hume, Simone Paternostro, Silvia Pannetta, Valentina Sumini and Vatasta Koul per il loro impegno ed entusiasmo per l'iniziativa.

Consistently with SGAC's international mission, we hope that the LETAR project can be an opportunity to corroborate and create new international relationships and to constructively anticipate and avoid future conflicts.

Our vision is to unlock and channel the immense potential of international collaboration and open innovation for the prosperous, safe and sustainable development of the Moon. We want to build a future where a lunar ecosystem can be a living testimony to the astonishing results that humankind can achieve by pooling together its resources and capabilities. As young scientists working together from all over the world, we consider the peaceful and sustainable development of the Moon as our highest priority. We know it is a tough challenge, but it is one that we certainly intend to win.

Acknowledgments

The authors would like to express their deepest gratitude to the T.U.R.T.L.E. members Adam Hugo, Adam Marcinkowski, Aleksandra Kozawska, Ankita Vashishtha, Davide Carabellese, David Gomez, Ekaterina Seltikova, Floriana Scarpisi, Lorenzo Rabagliati, Hussain Bokhari, Mohammed Milhim, Pablo Bedialauneta, Paolo Guardabasso, Romain Fonteyne, Shayna Hume, Simone Paternostro, Silvia Pannetta, Valentina Sumini and Vatasta Koul for their dedication and commitment to the T.U.R.T.L.E. initiative.

En collaboration avec des partenaires internationaux, nous concevons LETAR pour collecter et nourrir les différentes âmes de l'exploration lunaire de manière multidisciplinaire, en construisant un chemin spécifiquement optimisé pour l'interopérabilité et la coopération. Plus que toute autre chose, nous espérons que le projet LETAR pourra être l'occasion de corroborer les relations internationales existantes et d'en construire de nouvelles, forgées par le double objectif commun de prévenir l'éclatement des conflits et de promouvoir le développement des possibilités.

En harmonie avec l'esprit global de SGAC, notre vision est de libérer et de canaliser l'immense potentiel de collaboration internationale et d'innovation ouverte pour le développement prospère, sûr et durable de la Lune. Nous voulons construire un avenir dans lequel un écosystème lunaire peut être la preuve vivante des réalisations incroyables que l'humanité peut accomplir en mettant en commun ses ressources et ses capacités. En tant que jeunes scientifiques de différentes régions du monde travaillant ensemble en harmonie, nous considérons que ce développement durable et pacifique est notre priorité absolue. Nous sommes conscients qu'il s'agit d'un défi difficile, mais c'est certainement un défi que nous avons l'intention de remporter.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier sincèrement les membres de T.U.R.T.L.E., Adam Hugo, Adam Marcinkowski, Aleksandra Kozawska, Ankita Vashishtha, Davide Carabellese, David Gomez, Ekaterina Seltikova, Floriana Scarpisi, Lorenzo Rabagliati, Hussain Bokhari, Mohammed Milhim, Pablo Bedialauneta, Paolo Guardabasso, Romain Fonteyne, Shayna Hume, Simone Paternostro, Silvia Pannetta, Valentina Sumini and Vatasta Koul pour leur engagement et enthousiasme dans cette initiative.

de la Station spatiale internationale au Gateway lunaire : solutions d'architecture et de logement

Maria Antonietta Perino et Franco Fenoglio
Thales Alenia Space - Turin

Dall'International Space Station al Gateway Lunare: Architettura e Soluzioni Abitative

L'esplorazione umana oltre l'orbita bassa terrestre richiederà nuovi sistemi in grado di sopravvivere e sostenere la vita umana nel duro ambiente dello spazio profondo. Gli esseri umani hanno già vissuto e lavorato in prossimità della Luna durante l'era Apollo, ma per brevi periodi: le durate di missione dell'esplorazione spaziale nelle prossime decadi saranno significativamente più lunghe e nuove sfide dovranno essere affrontate.

I diversi studi effettuati dalle agenzie spaziali internazionali, con il supporto dell'industria, hanno portato nelle varie edizioni della Global Exploration Roadmap alla definizione di un approccio incrementale dall'Orbita Bassa Terrestre al Deep Space (lo 'spazio profondo') con l'obiettivo finale di una missione umana su Marte.

La comprensione comune odierna è che la prima destinazione intermedia dell'esplorazione umana sia l'orbita lunare, in particolare il suo cosiddetto spazio cislunare, dove costruire un 'avamposto' di supporto alle missioni prima sulla superficie della Luna e poi verso lo spazio profondo e Marte. Gli elementi chiave di questo avamposto saranno un modulo propulsivo, di generazione di potenza elettrica e di comunicazioni (PPE, Power & Propulsion Element), abbinato a più moduli logistici e abitativi (Habitats) in grado di supportare diverse potenziali missioni di esplorazione.

From the International Space Station to the Lunar Gateway: Architecture and Habitability

Human exploration beyond Low Earth Orbit will require new systems capable of surviving and sustaining human life in the harsh environment of deep space. Humans have already lived and worked on the Moon during the Apollo missions, but for short periods: space exploration mission durations in the coming decades will be significantly longer and new challenges will have to be addressed.

Different studies carried out by the international space agencies, with the industry support, have led in the various editions of the Global Exploration Roadmap to the definition of an incremental approach from Low Earth Orbit to Deep Space with the final objective of a human mission to Mars.

The common understanding today is that the first intermediate destination of human exploration will be the lunar orbit, in particular the so-called cislunar space, where to build an 'outpost' supporting first the missions on the Moon surface and then towards deep space and Mars. The key elements of this outpost will be a propulsion module for power generation and communications (PPE, Power & Propulsion Element), combined with multiple logistics and housing modules (Habitats) capable of supporting various potential exploration missions.

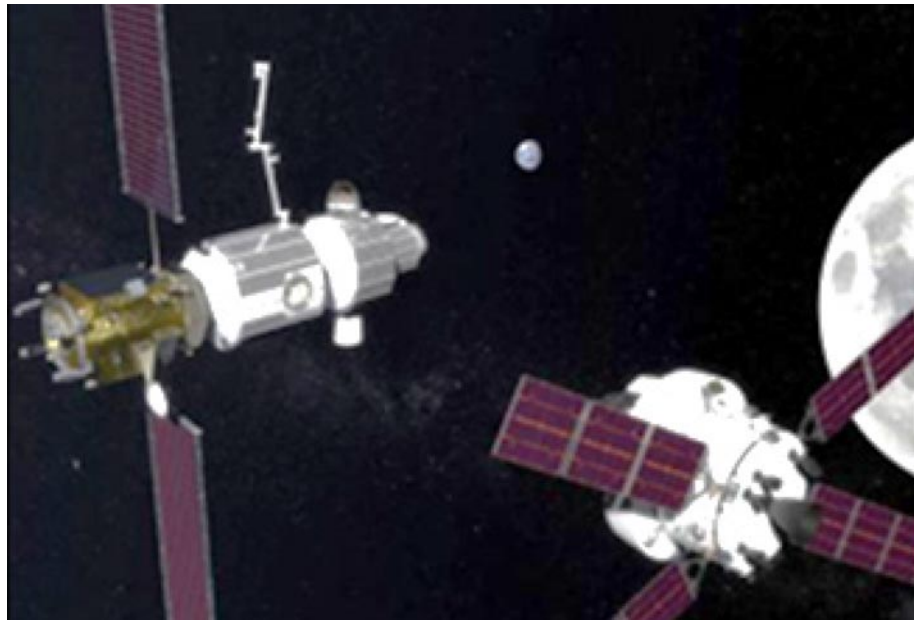
L'exploration humaine au-delà de l'orbite terrestre basse nécessitera de nouveaux systèmes capables de survivre et de maintenir la vie humaine dans l'environnement difficile de l'espace lointain. Les humains ont déjà vécu et travaillé à proximité de la Lune pendant l'ère Apollo, mais pendant de courtes périodes : la durée des missions d'exploration spatiale dans les décennies à venir sera considérablement plus longue et de nouveaux défis devront être relevés.

Les différentes études menées par les agences spatiales internationales, avec le soutien de l'industrie, ont conduit dans les différentes éditions de la Global Exploration Roadmap à la définition d'une approche incrémentale de l'orbite terrestre basse à l'espace lointain (l'espace lointain) avec le but de la fin d'une mission humaine sur Mars.

La compréhension commune aujourd'hui est que la première destination intermédiaire de l'exploration humaine est l'orbite lunaire, en particulier son espace dit cislunaire, où construire un avant-poste pour soutenir les missions d'abord à la surface de la Lune, puis vers l'espace lointain et Mars. Les éléments clés de cet avant-poste seront un module de propulsion, de production d'électricité et de communication (PPE, Power & Propulsion Element), combiné à de multiples modules de logistique et de logement (Habitats) capables de supporter diverses missions d'exploration potentielles.

Una volta raggiunti gli obiettivi nel cislunare, l'habitat potrà essere incrementato nelle prestazioni e riconfigurato per sostenere missioni di più lunga durata, come l'avvicinamento e rendez-vous con un asteroide o il viaggio nelle prossimità di Marte, sfruttando la capacità di evoluzione del design già incorporate nell'avamposto iniziale.

L'evoluzione alle missioni nello spazio profondo porterà poi l'habitat a diventare un veicolo da trasporto più sofisticato e confortevole in cui l'equipaggio dovrà poter svolgere le proprie attività quotidiane, e dovrà avere a disposizione le risorse vitali, in quanto, a differenza della fase iniziale in cislunare, per i viaggi verso le destinazioni più lontane, che dureranno da alcuni mesi a più di un anno, l'habitat non potrà avvalersi di rifornimenti logistici dalla terra; inoltre, dovrà essere dotato di maggiore affidabilità ed autonomia per poter rispondere sia a malfunzionamenti del sistema che a eventuali emergenze, comprese quelle che potrebbero colpire la salute degli astronauti.



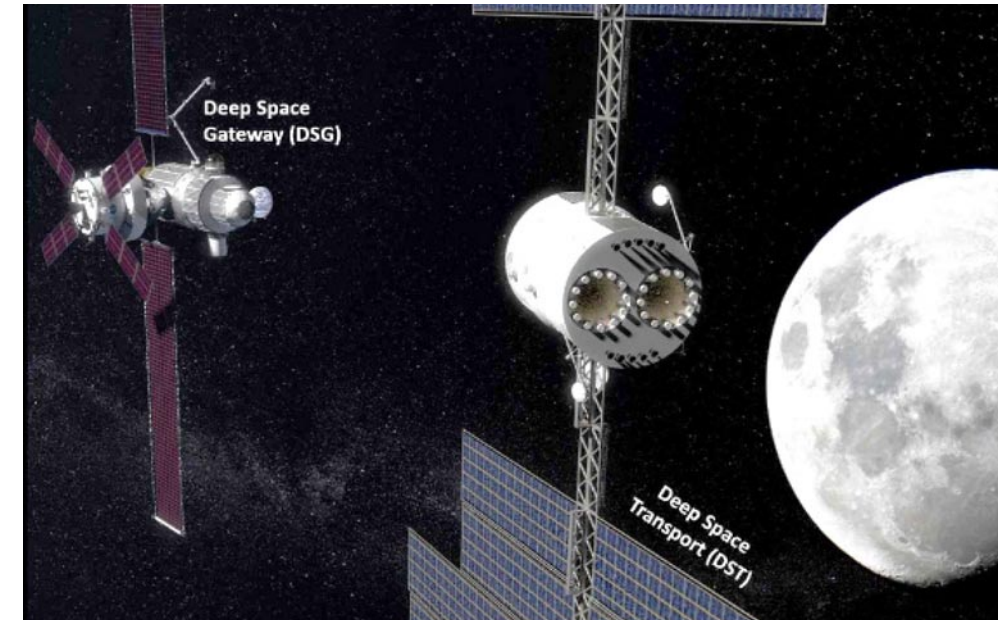
NASA credit

Once the cislunar objectives have been achieved, the habitat will be incremented in performance and reconfigured to support longer-duration missions, such as the approach and rendezvous with an asteroid or the journey to Mars, exploiting the capacity for evolution already incorporated in the design of the initial outpost.

The evolution to deep space missions will then lead the habitat to become a more sophisticated and comfortable transport vehicle in which the crew will have to be able to carry out their daily activities, and will have to have vital resources available as, unlikely of the initial phase in cislunar, for journeys to more distant destinations, which will last from a few months to more than a year, the habitat will not be able to benefit of logistical supplies from Earth; moreover, it will have to be equipped with greater reliability and autonomy in order to respond both to system malfunctions and to any emergencies, including those that could affect the astronauts' health.

Une fois les objectifs cislunaires atteints, l'habitat peut être augmenté en performances et reconfiguré pour supporter des missions de plus longue durée, comme l'approche et le rendez-vous avec un astéroïde ou le voyage au voisinage de Mars, en exploitant déjà la capacité d'évolution de la conception incorporée dans l'avant-poste initial.

L'évolution vers les missions spatiales lointaines conduira alors l'habitat à devenir un véhicule de transport plus sophistiqué et confortable dans lequel l'équipage devra être en mesure de mener à bien ses activités quotidiennes, et devra disposer de ressources vitales, car contrairement à la phase initiale de la révélation lunaire, pour les voyages vers des destinations plus lointaines, qui dureront de quelques mois à plus d'un an, l'habitat ne pourra pas utiliser les approvisionnements logistiques de la terre; de plus, il devra être doté d'une fiabilité et d'une autonomie accrues afin de répondre à la fois aux dysfonctionnements du système et aux éventuelles urgences, y compris celles qui pourraient affecter la santé des astronautes.



NASA credit

Il Gateway Cislunare

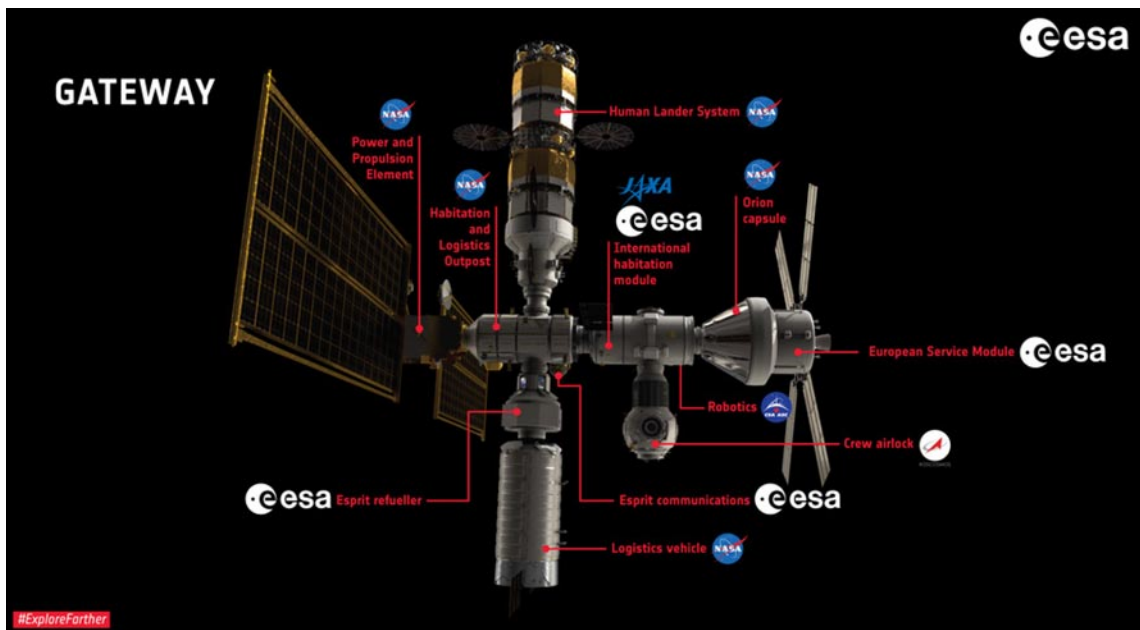
L'attuale LOP-G, Lunar Orbital Platform (Piattaforma Orbitale Lunare) - Gateway, più semplicemente chiamato Gateway, nasce originariamente qualche anno fa come Deep Space Gateway (DSG), dall'idea della NASA, poi raggiunta nello studio dalle altre quattro Agenzie fondatrici dell'International Space Station (l'ESA europea, la Roscosmos russa, la CSA canadese e la JAXA giapponese) di creare una infrastruttura spaziale cislunare 'human-tended' (ossia non permanentemente abitata ma visitata per periodi di breve durata dall'equipaggio della navicella Orion, lo spaziplano della NASA delegato al trasporto degli astronauti).

Negli anni vengono elaborate e discusse architetture diverse costituite da moduli preposti a fornire propulsione e potenza, comunicazioni con terra, funzioni abitative e logistiche, che evolvono sempre di più verso un'architettura con carattere di avamposto a supporto delle missioni sulla Luna, che nel frattempo è diventata obiettivo strategico delle principali Agenzie Spaziali a livello internazionale.

Oggi i primi elementi del Gateway sono già in fase di progettazione avanzata e di iniziale realizzazione, con l'obiettivo di realizzare l'infrastruttura orbitale entro la fine di questa decade.

La stazione spaziale Gateway nella sua configurazione assemblata finale (illustrata nella figura sotto), di dimensioni decisamente inferiori all'International Space Station e che arriverà a circa 125 m³ di spazio abitabile, sarà costituita da 5 moduli fissi (PPE, HALO, I-HAB, ESPRIT, AIRLOCK) più il braccio robotico fornito dai Canadesi, complementati da "visiting vehicles" che la raggiungeranno periodicamente quali i Moduli Logistici, lo Human Lunar Lander e, ovviamente, la capsula Orion che vi porterà gli astronauti.

Architecture et éléments de composition du Gateway (crédit NASA / ESA)



The Cislunar Gateway

The current LOP-G, Lunar Orbital Platform - Gateway, simply called Gateway, was originally conceived a few years ago as a Deep Space Gateway (DSG) by NASA, then joined in the study by the other four Agencies founders of the International Space Station (the European ESA, the Russian Roscosmos, the Canadian CSA and the Japanese JAXA) to create a 'human-tended' cislunar space infrastructure (i.e., not permanently inhabited but visited for short periods by the crew of the Orion spacecraft, the NASA space plane delegated to transport astronauts).

Over the years, different architectures are conceived and discussed consisting of modules designed to provide propulsion and power, communications with ground, housing and logistics functions, which increasingly evolve towards an architecture of an outpost to support missions to the Moon which, in the meantime, has become the strategic objective of the main Space Agencies at international level.

Today the first elements of the Gateway are already in the advanced design and initial construction phase, with the aim of developing the orbital infrastructure by the end of this decade.

The Gateway space station in its final assembled configuration (shown in the figure below), significantly smaller than the International Space Station and which will reach approximately 125 m³ of living space, will consist of 5 fixed modules (PPE, HALO, I-HAB, ESPRIT, AIRLOCK) and the robotic arm supplied by the Canadians, complemented by "visiting vehicles" that will periodically reach it such as the Logistics Modules, the Human Lunar Lander and, of course, the Orion capsule that will transport the astronauts.

La porte d'entrée de Cislunare

L'attuale LOP-G, Lunar Orbital Platform - Gateway, plus simplement appelée Gateway, est née il y a quelques années sous le nom de Deep Space Gateway (DSG), de l'idée de la NASA, puis rejointe dans l'étude par les quatre autres agences fondateurs de la Station spatiale internationale (l'ESA européenne, le Roscosmos russe, l'ASC canadienne et la JAXA japonaise) pour créer une infrastructure spatiale cislunaire « à gestion humaine » (c'est-à-dire non habitée en permanence mais visitée pendant de courtes périodes par l'équipage de l'Orion vaisseau spatial, le vaisseau spatial de la NASA délégué au transport des astronautes).

Au fil des années, différentes architectures sont développées et discutées composées de modules destinés à assurer la propulsion et la puissance, les communications avec le sol, le logement et les fonctions logistiques, qui évoluent de plus en plus vers une architecture à caractère d'avant-poste pour soutenir les missions sur la Lune, qui entre-temps, sont devenues un objectif stratégique des principales agences spatiales au niveau international.

Aujourd'hui, les premiers éléments du Gateway sont déjà en phase de conception avancée et début de construction, dans le but de construire l'infrastructure orbitale d'ici la fin de cette décennie.

La station spatiale Gateway dans sa configuration finale assemblée (illustrée dans la figure ci-dessous), nettement plus petite que la Station spatiale internationale et qui atteindra environ 125m³ de surface habitable, sera composée de 5 modules fixes (PPE, HALO, I-HAB, ESPRIT, AIRLOCK) plus le bras robotique fourni par les Canadiens, complété par des véhicules de visite qui l'atteindront périodiquement tels que les modules logistiques, le Human Lunar Lander et, bien sûr, la capsule Orion qui y emmènera les astronautes.

I cinque elementi chiave saranno:

I) *Il Power and Propulsion Element (PPE)*: di fornitura americana, è un modulo progettato per produrre energia elettrica tramite pannelli fotovoltaici e fornire propulsione ionica; inoltre, incorpora il sistema di comunicazioni primario cislunare–Terra. E' previsto essere portato in orbita cislunare da un lanciatore commerciale non riutilizzabile.

II) *L' Habitation And Logistic Outpost (HALO)*: di produzione statunitense da parte della Northrop Grumman e di derivazione dal concetto iniziale del cargo Cygnus, evoluto per le missioni di esplorazione, è concepito con una configurazione e funzionalità di cargo logistico al lancio ma una volta in orbita offrirà anche l'iniziale spazio abitabile aggiuntivo a quello di Orion. La struttura del modulo, fornita come per i Cygnus dalla Thales Alenia Space di Torino, presenta, oltre a quelle assiali, due porte di attracco radiali, una per moduli logistici e/o ESPRIT, e l'altra per il lander lunare. HALO verrà assemblato a terra col PPE per un lancio congiunto.

III) *L'International Habitation Module (I-HAB)*: chiamato 'International' in quanto previsto come elemento di fornitura ESA ma con contributi su sottosistemi ed equipaggiamenti da parte sia della NASA che della JAXA e della CSA. Assegnato alla Thales Alenia Space di Torino, esternamente richiama forma e dimensioni di HALO, ma con un arredamento interno più sofisticato e maggiori sistemi funzionali. Ad oggi dovrebbe essere il primo elemento del Gateway a volare in 'co-manifest' con Orion su Space Launch System, anche se rimane aperta la richiesta di compatibilità di lancio con vettori commerciali.

The key elements will be:

I) *the Power and Propulsion Element (PPE)*: supplied by the United States, is a module designed to produce electricity via photovoltaic panels and provide ion propulsion; in addition, it incorporates the Cislunar-Earth primary communication system. It is expected to be transported into cislunar orbit by a commercial expendable launcher.

II) *the Habitation And Logistic Outpost (HALO)*: produced by the American Northrop Grumman and derived from the initial concept of the Cygnus cargo, evolved for exploration missions, is conceived with a logistic cargo configuration and functionality at launch but, once in orbit, it will also provide the initial habitable volume to complement the Orion's one. The structure of the module, supplied as for the Cygnus spacecraft by Thales Alenia Space in Turin, has two axial and two radial docking ports, one for logistic modules and / or ESPRIT, and the other for the lunar lander. HALO will be assembled with the PPE on ground for a joint launch.

III) *the International Habitation Module (I-HAB)*: called "International" as it is envisaged as an ESA supply element but with contributions for subsystems and equipment by NASA, JAXA and CSA. Assigned to Thales Alenia Space in Turin, externally it recalls the HALO shape and dimensions, but with a more sophisticated interior design and more functional systems. To date, it should be the first Gateway element to fly in 'co-manifest' with Orion on Space Launch System, although the request for launch compatibility with commercial carriers remains open.

Les cinq éléments clés seront :

I) *L'élément de puissance et de propulsion (PPE)* : de fourniture américaine, est un module conçu pour produire de l'électricité grâce à des panneaux photovoltaïques et assurer une propulsion ionique ; de plus, il incorpore le système de communication primaire Cislunar - Terre.

Il devrait être mis en orbite cislunaire par un lanceur commercial non réutilisable.

II) *The Habitation And Logistic Outpost (HALO)* : de production américaine de Northrop Grumman et dérivée du concept initial de la cargaison Cygnus, évoluée pour des missions d'exploration, est conçue avec une configuration et une fonctionnalité de cargaison logistique au lancement mais une fois en orbite offrira également l'espace habitable supplémentaire initial à celui d'Orion.

La structure du module, fournie comme pour le Cygnus par Thales Alenia Space de Turin, comporte, en plus des axiales, deux portes d'accostage radiales, l'une pour les modules logistiques et / ou ESPRIT, et l'autre pour l'atterrisseur lunaire. HALO sera assemblé au sol avec l'EPP pour un lancement conjoint.

III) *Le module d'habitation internationale (I-HAB)* : appelé « international » car il est envisagé comme un élément d'approvisionnement de l'ESA mais avec des contributions sur les sous-systèmes et les équipements de la NASA, de la JAXA et du CSA.

Attribué à Thales Alenia Space à Turin, il rappelle la forme extérieure et les dimensions de HALO, mais avec un intérieur plus sophistiqué et des systèmes plus fonctionnels.

À ce jour, il devrait être le premier élément de Gateway à voler en « co-manifeste » avec Orion sur le système de lancement spatial, bien que la demande de compatibilité de lancement avec les transporteurs commerciaux reste ouverte.

IV) Lo European System Providing Refuelling, Infrastructure and Telecommunications (ESPRIT): sarà costituito da due segmenti principali: un kit iniziale di antenne e trasponditori per le comunicazioni Gateway–Luna, che verrà installato su HALO prima del lancio; un modulo costituito a sua volta da due sezioni, una non pressurizzata per l'immagazzinamento di xenon ed idrazina che serviranno al refuelling del PPE in orbita, e una sezione pressurizzata con vetrate per fornire agli astronauti una piattaforma di osservazione dello spazio (una sorta di Cupola cilindrica portata in orbita lunare). ESPRIT è il secondo elemento di fornitura ESA, anch'esso assegnato a Thales Alenia Space (Francia) come responsabile industriale; la parte del tunnel vetrato è in carico alla Thales Alenia Space di Torino.

V) Crew Airlock Module: fungerà da camera di compensazione per gli astronauti in preparazione alle passeggiate spaziali; la sua fornitura, ancora in discussione, potrebbe venire dall'Agenzia Spaziale Russa.

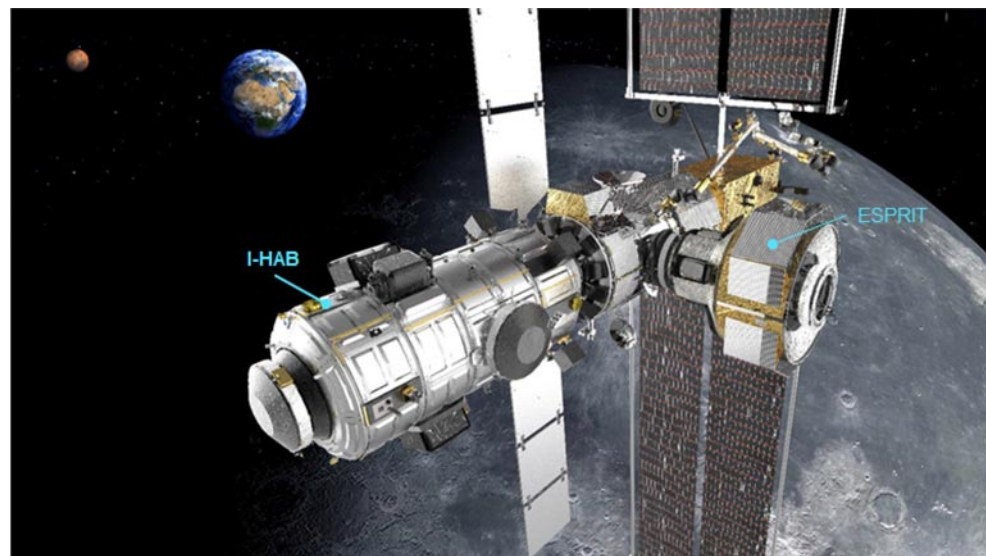
I Logistics Modules (LMs) saranno usati come moduli di rifornimento per il Gateway, da lanciare su base regolare tramite lanciatori commerciali. Verranno agganciati all'infrastruttura per permettere lo scarico dei rifornimenti per poi sganciarsi e rientrare. In futuro potrebbero diventare ulteriori moduli permanenti del Gateway offrendo così altro volume sfruttabile per l'infrastruttura.

La figura successiva mostra una vista focalizzata sui due moduli assegnati alla Thales Alenia Space, I-HAB ed ESPRIT:

In parallelo alla costruzione del Gateway, la NASA ha accelerato recentemente i piani per le missioni di superficie lunare.

E' notizia di questi giorni l'assegnazione a Space-X del lander lunare che dovrà portare 2 astronauti (tra cui la prima donna) sulla Luna. La missione, originariamente prevista per il 2024, probabilmente avverrà con un certo ritardo, ma comunque entro la metà di questo decennio.

Gateway: I-HAB e ESPRIT (Thales Alenia Space credit)



IV) the European System Providing Refuelling, Infrastructure and Telecommunications (ESPRIT): it will consist of two main segments: an initial kit of antennas and transponders for the Gateway-Moon communications, installed on HALO before launch; a module consisting of two sections, one non-pressurized for the storage of xenon and hydrazine that will be used for the refuelling of the PPE in orbit, and a pressurized section with windows to provide astronauts with a space observation platform (a sort of cylindrical Cupola carried into lunar orbit). ESPRIT is the second ESA supplied element, also assigned to Thales Alenia Space in France as industrial contractor; the window tunnel is in charge of Thales Alenia Space in Turin.

V) the Crew Airlock Module: will act as an airlock for astronauts in preparation for Extra Vehicular Activities; its supply, still under discussion, could come from the Russian Space Agency.

The Logistics Modules (LMs) will be used as refuelling modules for the Gateway, to be launched on a regular basis by commercial launchers. They will be docked to the infrastructure to allow the unloading of supplies and then undocked for re-enter. In the future they might become additional permanent modules of the Gateway, thus offering more usable volume for the infrastructure.

The following figure shows a focused view on the two modules assigned to Thales Alenia Space, I-HAB and ESPRIT:

In parallel to the Gateway development, NASA has recently accelerated the schedule for the lunar surface missions. It has been recently announced that the lunar lander that will bring two astronauts (including the first woman) to the Moon has been assigned to Space-X.

The mission, originally planned for 2024, will probably occur with some delay but anyhow within the middle of this decade.

IV) Le système européen de ravitaillement, d'infrastructure et de télécommunications (ESPRIT) :

il se composera de deux segments principaux : un kit initial d'antennes et de transpondeurs pour les communications Gateway - Luna, qui sera installé sur HALO avant le lancement; un module composé à son tour de deux sections, une non pressurisée pour le stockage du xénon et de l'hydrazine qui servira au ravitaillement de l'EPI en orbite, et une section pressurisée avec fenêtres pour fournir aux astronautes une plateforme d'observation spatiale (une sorte de dôme cylindrique porté en orbite lunaire).

ESPRIT est le deuxième élément de l'approvisionnement de l'ESA, également confié à Thales Alenia Space (France) en tant que directeur industriel ; la partie du tunnel vitré est en charge de Thales Alenia Space à Turin.

V) Module de sas de l'équipage : servira de sas pour les astronautes en préparation des sorties dans l'espace ; son approvisionnement, toujours en discussion, pourrait provenir de l'Agence spatiale russe.

Les modules logistiques (LM) seront utilisés comme modules de ravitaillement pour le Gateway, qui seront lancés régulièrement via des lanceurs commerciaux. Ils seront accrochés à l'infrastructure pour permettre le déchargement des fournitures, puis se désengager et rentrer. À l'avenir, ils pourraient devenir des modules permanents supplémentaires du Gateway, offrant ainsi plus de volume utilisable pour l'infrastructure.

La figure suivante montre une vue focalisée sur les deux modules affectés à Thales Alenia Space, I-HAB et ESPRIT :

Parallèlement à la construction de la Gateway, la NASA a récemment accéléré les plans de missions de surface lunaire. L'affectation à Space-X de l'atterrisseur lunaire qui devra amener 2 astronautes (dont la première femme) sur la Lune est d'actualité ces jours-ci.

La prima missione potrebbe andare direttamente sulla luna senza passare dal Gateway, mentre per quelle successive il Gateway è previsto fungere da avamposto di attracco del lander prima della sua missione sulla superficie della Luna.

Evoluzione del Design e Innovazione per gli Habitat di Esplorazione

Considerando i diversi profili di missione per il cislunare e le missioni nello spazio profondo, deve essere adottato un approccio progettuale incrementale per l'Habitat, a partire da una configurazione iniziale semplice ma "robusta" che possa evolvere poi verso configurazioni più elaborate.

Secondo questo approccio, l'habitat iniziale dovrebbe sfruttare il background e le conoscenze sviluppate nella progettazione e costruzione dei moduli pressurizzati della Stazione Spaziale Internazionale iniettando, dove fattibile, le nuove tecnologie ad oggi disponibili in termini di materiali, protezioni termiche, ecc. In seguito, per l'evoluzione al Deep Space Habitat o Deep Space Transport (l'habitat per le missioni di lunga durata nello spazio profondo) verranno implementate le modifiche necessarie ai nuovi profili di missione, come ad esempio un'efficace protezione contro le radiazioni cosmiche (senza la quale gli astronauti non sopravvivrebbero), un sistema di supporto alla vita e di controllo ambientale più completo ed autonomo, un maggiore volume abitabile e soprattutto un migliore comfort interno.

Grazie alla decennale esperienza acquisita con la progettazione e la costruzione dei moduli pressurizzati per l'International Space Station, Thales Alenia Space – Italia è riconosciuta leader nel settore a livello internazionale.

Gli studi in corso per i futuri moduli a supporto dell'esplorazione spaziale, a partire dall'Habitat del Gateway, si basano su un bilanciamento opportuno tra quanto progettato e realizzato per i moduli dell'International Space Station e nuove soluzioni che rispondano ai requisiti sfidanti

The first mission might go directly to the Moon without transiting via the Gateway, while for the following ones the Gateway is expected to serve as a docking port for the lander before its mission to the lunar surface.

Design Evolution and Innovation for the Exploration Habitats

Considering the different mission profiles for cislunar and deep space missions, an incremental design approach for the Habitat shall be adopted, starting with a simple but 'robust' initial habitat configuration that may evolve towards more elaborated configurations.

According to this approach, the initial habitat should exploit the background and knowledge developed for the design and construction of the pressurized modules of the International Space Station injecting, where feasible, the new technologies currently available in terms of materials, thermal protections, etc. Subsequently, for the evolution to Deep Space Habitat or Deep Space Transport (the habitat for long-duration missions in deep space) the necessary changes required by the new mission profiles will be implemented, concerning for example an effective protection against cosmic radiation (without which the astronauts would not survive), a more complete and autonomous life support and environmental control system, an increased habitable volume and, above all, a better interior comfort.

Thanks to the tens of year experience acquired with the design and construction of pressurized modules for the International Space Station, Thales Alenia Space in Italy is recognized as a leader in this sector at international level.

The on-going studies for the future modules supporting space exploration, starting from the Gateway Habitat, are based on an appropriate balance between what designed and built for the modules of the International Space Station and the new solutions that meet the challenging requirements

La missione, inizialmente prevista per 2024, si svolgerà probabilmente con un certo ritardo, ma in ogni caso entro la metà di questo decennio. La prima missione potrebbe andare direttamente sulla luna senza passare per la Gateway, mentre per le successive, la Gateway dovrebbe servire da avamposto di attracco del lander prima della sua missione sulla superficie della Luna.

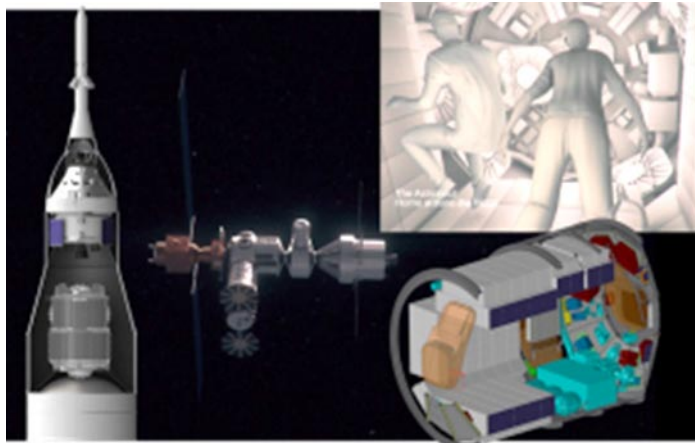
Évolution de la conception et de l'innovation pour les habitats d'exploration

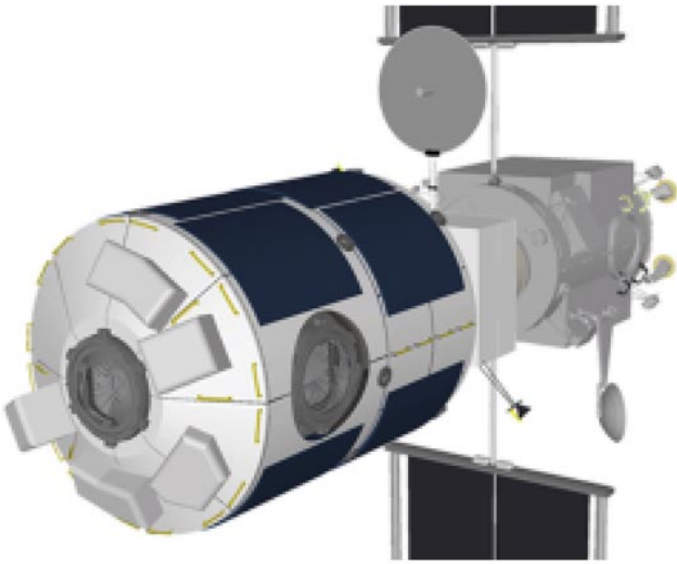
Compte tenu des différents profils de mission pour les missions cislunaires et spatiales, une approche de conception incrémentale pour l'Habitat doit être adoptée, à partir d'une configuration initiale simple mais « robuste » qui peut ensuite évoluer vers des configurations plus élaborées.

Selon cette approche, l'habitat initial devrait exploiter le bagage et les connaissances développés dans la conception et la construction des modules pressurisés de la Station spatiale internationale en injectant, lorsque cela est possible, les nouvelles technologies actuellement disponibles en termes de matériaux, de protections thermiques, etc. Plus tard, pour l'évolution vers Deep Space Habitat ou Deep Space Transport (l'habitat des missions de longue durée dans l'espace lointain), les changements nécessaires aux nouveaux profils de mission seront mis en œuvre (comme une radioprotection efficace, pour survivre), un système de maintien de la vie et de contrôle environnemental plus complet et autonome, un plus grand espace de vie et surtout un meilleur confort intérieur.

Grâce à l'expérience de dix ans acquise dans la conception et la construction de modules pressurisés pour la Station spatiale internationale, Thales Alenia Space - Italie est reconnue comme un leader international du secteur.

Les études en cours pour les futurs modules de soutien à l'exploration spatiale, à partir de Gateway Habitat, sont fondées sur un équilibre approprié entre ce qui a été conçu et construit pour les modules de la Station spatiale internationale





imposti dalle caratteristiche dello spazio profondo e dalle missioni a lunga durata, comprese le esigenze di comfort e le criticità psicologiche che aumenteranno mano a mano che l'equipaggio si allontanerà dall'orbita bassa terrestre inoltrandosi nello spazio profondo verso la Luna e Marte.

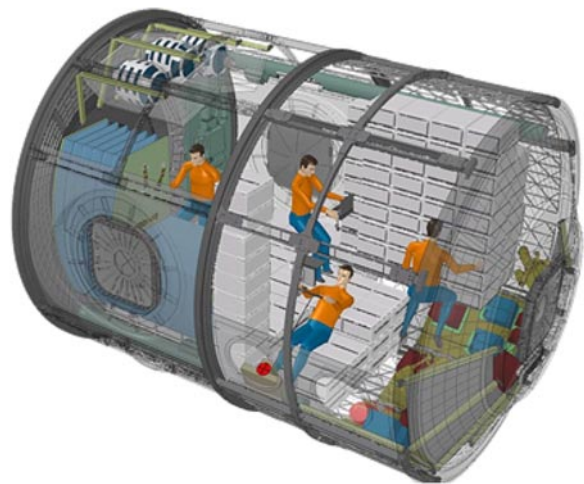
In altre parole, l'esplorazione umana dello spazio imporrà una progettazione dei nuovi moduli abitativi - siano essi orbitanti o, in futuro, per superfici planetarie - basata su un approccio sempre più 'human-centered', con un design sviluppato attorno all'uomo e alle sue esigenze.

Il design Thales Alenia Space dell'I-HAB del Gateway

L'elemento Habitat concepito da Thales Alenia Space, sulla base dei requisiti indirizzati da NASA ed ESA, è una "evoluzione" dei moduli realizzati dall'Azienda per l'International Space Station, con l'adozione di modifiche, migliorie ed ottimizzazioni per far fronte a:

- i vincoli della missione, in particolare quello molto severo della limitazione del peso al lancio (massimo 8-9 tonnellate) indotta da uno scenario in "co-manifest" con Orion nel nuovo lanciatore americano Space Launch System (lancio di Orion e Habitat con lo stesso vettore). Da notare che le recenti richieste di compatibilità di lancio con un lanciatore commerciale alternativo allo Space Launch System alleviano di poco il vincolo sul peso ma inducono qualche ulteriore limitazione al diametro massimo dell'Habitat. Infatti, per garantire la compatibilità con entrambe le tipologie di lanciatori, si è dovuta adottare una configurazione con diametro ridotto a 3 m (derivato da Cygnus) rispetto al diametro di 4.4 m dei moduli della Stazione Spaziale Internazionale;

- un efficace sfruttamento del volume pressurizzato per le attività in orbita attraverso concetti innovativi di accomodamento degli interni del modulo (ancora più essenziale alla luce della riduzione del diametro del modulo), che è una delle caratteristiche principali di differenziazione



imposed by the characteristics of deep space and long-duration missions, including the need for comfort and psychological criticalities that will increase as the crew moves away from low Earth orbit into deep space towards the Moon and Mars. In other words, human exploration of space will impose a design of the new habitable modules - whether they are orbiting or, in the future, for planetary surfaces - based on an increasingly 'human-centered' approach, with a design developed around the crew and its needs.

Gateway I-HAB Design by Thales Alenia Space

The Habitat element conceived by Thales Alenia Space, based on the requirements addressed by NASA and ESA, is an "evolution" of the modules designed by the Company for the International Space Station, with the adoption of modifications, improvements and optimizations to cope with:

- the mission constraints, in particular the very severe limitation of the launch weight (maximum 8-9 tons) induced by a "co-manifest" scenario with Orion in the new American Space Launch System (Orion and Habitat launched with the same vector). To be noted that the recent requests for launch compatibility with a commercial launcher as alternative to the Space Launch System slightly mitigate the constraint on weight while inducing some further limitations to the maximum diameter of the Habitat. In fact, to ensure compatibility with both types of launchers, a configuration with a reduced diameter of 3 m (derived from Cygnus) has been adopted compared to the 4.4 m diameter of the modules of the International Space Station;

- an effective exploitation of the pressurized volume for activities in orbit through innovative concepts for the module interior accommodation (even more essential for the reduction in module diameter), which is one of the main characteristics of differentiation and innovation of the Habitat with respect to the modules of the International Space Station;

et de nouvelles solutions qui répondent aux exigences exigeantes imposées par les caractéristiques de l'espace lointain et les missions de longue durée, y compris le besoin de confort et de criticité psychologique qui augmenteront à mesure que l'équipage s'éloignera de l'orbite terrestre basse et se dirigera vers l'espace lointain vers la Lune et Mars.

En d'autres termes, l'exploration humaine de l'espace imposera une conception de nouveaux modules vivants - qu'ils soient en orbite ou, à l'avenir, pour des surfaces planétaires - fondés sur une approche de plus en plus « centrée sur l'humain », avec une conception développée autour de l'homme et ses besoins.

Conception Thales Alenia Space de l'I-HAB de la Gateway

L'élément Habitat conçu par Thales Alenia Space, sur les bases des exigences adressées par la NASA et l'ESA, est une « évolution » des modules créés par la Société pour la Station Spatiale Internationale, avec l'adoption de modifications, améliorations et optimisations pour faire face :

- Les contraintes de mission, en particulier la très forte limitation du poids au lancement (maximum 8-9 tonnes) induite par un scénario « co-manifeste » avec Orion dans le nouveau système de lancement spatial américain (lancement d'Orion et d'Habitat avec le même vecteur) . Il convient de noter que les demandes récentes de compatibilité de lancement avec un lanceur commercial alternatif au système de lancement spatial allègent légèrement la contrainte de poids mais induisent d'autres limitations au diamètre maximum de l'habitat. En effet, pour assurer la compatibilité avec les deux types de lanceurs, une configuration de diamètre réduit de 3m (dérivée de Cygnus) a dû être adoptée par rapport au diamètre de 4,4m des modules de la Station spatiale internationale ;

ed innovazione dell'Habitat dai moduli dell'International Space Station;

- l'ambiente cislunare, dove si sperimenteranno per la prima volta gli effetti delle radiazioni cosmiche durante i 15 anni di vita operativa prevista;
- una maggiore autonomia di prestazione: in particolare, mentre i moduli dell'International Space Station convogliano il calore, tramite un sistema idraulico, verso i radiatori centralizzati della stazione, ogni modulo del Gateway dovrà gestire la sua dissipazione termica, necessitando quindi di un set di radiatori sulla sua superficie esterna. Per I-HAB, causa la relativamente piccola superficie esterna non sufficiente a garantire l'area radiativa necessaria allo smaltimento del calore per irradiazione nello spazio profondo, si sono adottati dei radiatori termici ripiegati al lancio da dispiegare quando il modulo sarà agganciato al Gateway.

Dal punto di vista architettonico esterno, quindi, I-HAB si presenta oggi con una sezione cilindrica centrale e due coni terminali in alluminio per un diametro di 3 metri e una lunghezza di circa 7 metri, con 4 porte di attracco (due assiali e due radiali), ognuna dotata del nuovo standard di sistema di attracco (IDSS, International Docking System Standard) e con portelloni più piccoli che nell'International Space Station.

Sulla sua superficie esterna I-HAB ospiterà le coperte per la protezione termica e le schermature metalliche da micro-meteoriti, e le interfacce per operazioni robotiche ed attività extra-veicolari. Come già menzionato, un altro elemento caratterizzante del suo esterno sarà la presenza di radiatori termici dispiegabili sulla superficie esterna cilindrica, con un'area dissipativa di circa 40 m².

E' soprattutto il layout dell'interno dell'Habitat che comunque sarà progettato a fronte di criteri diversi ed innovativi rispetto a quanto fatto nella ISS, con l'obiettivo di ottimizzare la sistemazione interna e la disposizione dell'hardware necessario, in modo da mantenere il volume abitabile il più grande possibile per le attività dell'equipaggio:

- the cislunar environment, where the effects of cosmic radiations will be experienced for the first time during the 15 years of expected operational life;
- a greater performance autonomy: in particular, while the modules of the International Space Station convey the heat, through an hydraulic system, to the centralized radiators of the station, each module of the Gateway will have to manage its heat dissipation, thus requiring a set of radiators on its outer surface. For I-HAB, due to the relatively small external surface not sufficient to ensure the radiative area necessary for the dissipation of the heat by radiation in deep space, thermal radiators folded at launch to be deployed when the module is docked to the Gateway have been adopted.

From an external architectural point of view, therefore, I-HAB is configured today with a central cylindrical section and two terminal cones in aluminum with a 3 meter diameter and 7 meter length, with 4 docking ports (two axial and two radial), each equipped with the new standard docking system (IDSS, International Docking System Standard) and with smaller ports with respect to the International Space Station ones.

On its external surface I-HAB will host the blankets for thermal protection and the metal shields from micro-meteorites protection, and interfaces for robotic operations and extra-vehicular activities. As already mentioned, another characterizing element of its exterior will be the thermal radiators that will be deployed on the cylindrical external surface, with a dissipative area of about 40 m².

Above all, the Habitat interior layout will be designed according to different and innovative criteria with respect to what done for the modules of the International Space Station, with the aim to optimize the internal accommodation and the arrangement of the necessary hardware, to free the largest possible habitable space for crew activities:

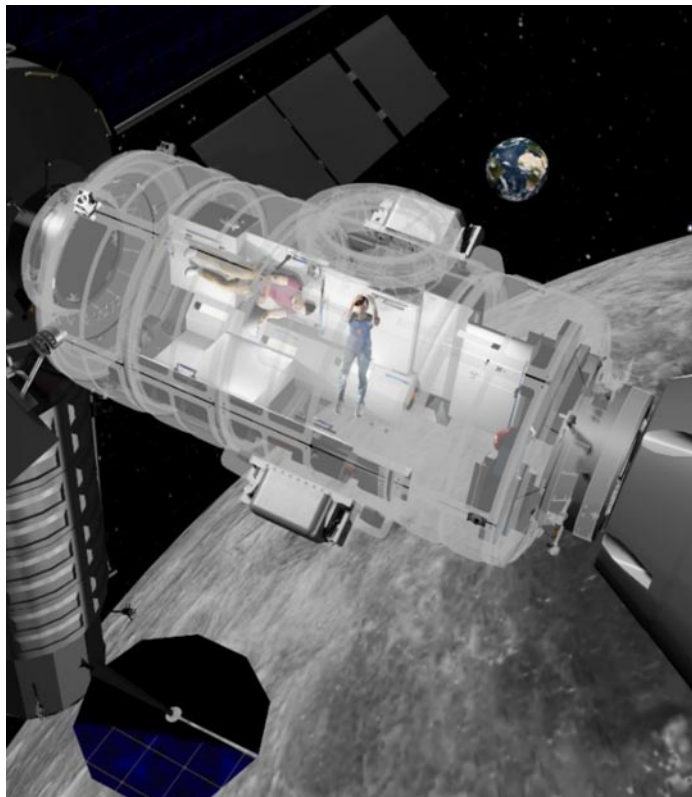
- Une exploitation efficace du volume pressurisé pour les activités en orbite à travers des concepts innovants pour accueillir l'intérieur du module (encore plus indispensable compte tenu de la réduction du diamètre du module), qui est l'une des principales caractéristiques de la différenciation et de l'innovation de l'habitat à partir des modules de la Station spatiale internationale ;

• L'environnement Cislunar, où les effets du rayonnement cosmique seront ressentis pour la première fois au cours des 15 années de vie opérationnelle prévue ;

- Une plus grande autonomie de performance : en particulier, alors que les modules de la Station Spatiale Internationale acheminent de la chaleur, à travers un système hydraulique, vers les radiateurs centralisés de la station, chaque module de la Gateway devra gérer sa dissipation thermique, nécessitant ainsi un ensemble de radiateurs sur sa surface extérieure. Pour I-HAB, en raison de la surface externe relativement petite non suffisante pour assurer la zone radiative nécessaire à la dissipation de la chaleur par rayonnement dans l'espace lointain, des radiateurs thermiques pliés au lancement ont été adoptés pour être déployés lorsque le module sera accroché à la Gateway.

Du point de vue architectural extérieur, I-HAB se présente donc aujourd'hui avec une section cylindrique centrale et deux cônes terminaux en aluminium pour un diamètre de 3 mètres et une longueur d'environ 7 mètres, avec 4 portes d'accostage (deux axiales et deux radial), chacun équipé du nouveau standard de système d'amarrage (IDSS, International Docking System Standard) et de trappes plus petites que dans la Station spatiale internationale.

Sur sa surface externe, I-HAB abritera des couvertures de protection thermique et des boucliers métalliques contre les micrométéorites, ainsi que des interfaces pour les opérations robotiques et les activités extravéhiculaires.



- inizialmente sarà ospitato un equipaggio nominale di 4 membri per un massimo di 30 giorni di permanenza, per evitare l'utilizzo di sistemi di protezione dalle radiazioni cosmiche, ancora oggetto di indagine, richiesti da missioni di maggiore durata.

La privacy, l'esercizio fisico per combattere il degrado osseo e muscolare dovuto alla mancanza di gravità, la necessità di svolgere alcune attività scientifiche e ricreative concorreranno a definire i criteri di realizzazione dei vari volumi interni. Comunque, poiché lo spazio abitabile è relativamente angusto, sarà importante adottare soluzioni di design leggere e modulari (reconfigurabili) per gli interni in modo da poter eventualmente partizionare gli spazi a seconda delle esigenze operative ed abitative;

- lo stivaggio di materiali di consumo, rifiuti, strumenti, carichi utili può diventare un driver nell'occupazione dei volumi, così come le zone non utilizzabili ("stay-out areas") in quanto adibite ai portelli delle porte di attracco.

Le soluzioni di design attualmente in studio andranno implementate nell'Habitat e sperimentate in previsione delle future missioni interplanetarie, dove la presenza costante di un equipaggio di 4-6 persone nello stesso ambiente chiuso per missioni di lunga durata (fino a 3 anni per una missione a Marte) renderà l'aspetto del fattore umano e del comfort ambientale e psicologico un driver della progettazione. Da ricordare a questo proposito che per quelle missioni la comunità degli astronauti richiede insistentemente la presenza di una superficie finestrata nel modulo, per limitare il senso di confinamento e claustrofobia. Le nuove soluzioni di progettazione degli interni dell'Habitat tenderanno quindi a:

- deviare parzialmente dal classico concetto di "corridoio centrale" dei moduli dell'International Space Station e a compattare i sottosistemi funzionali e le relative strutture di supporto verso la superficie esterna cilindrica al fine di liberare uno spazio abitativo centrale più ampio.

- initially a nominal crew of 4 members will be hosted for a maximum of 30 days of stay, to avoid the use of protection systems against cosmic radiations, still under investigation, required by longer duration missions.

Privacy, physical exercise to mitigate bone and muscle degradation due to the lack of gravity, the need to carry out some scientific and recreational activities will concur to define the criteria for defining the various internal volumes. However, since the living space is relatively small, it will be important to adopt light and modular (reconfigurable) design solutions for the interiors in order to possibly partition the spaces according to operational and living needs;

- the stowage of consumables, waste, tools, payloads can become a driver for the volume occupation, as well as the non-usable areas ("stay-out areas") as they are used for the hatches of the docking ports.

The design solutions currently under study will be implemented in the Habitat and tested in view of future interplanetary missions, where the permanent presence of a 4-6 people crew in the same closed environment for very long duration missions (up to 3 years for a mission to Mars) will make the requirements related to human factors and environmental and psychological comfort a design driver. To be noted in this regard that for those missions the community of astronauts insistently requires the presence of a windowed surface in the module, to limit the sense of confinement and claustrophobia. The new interior design solutions of the Habitats will therefore tend to:

- partially deviate from the classic concept of "central corridor" of the International Space Station modules and compact the functional subsystems and their supporting structures towards the cylindrical outer surface in order to free a larger central living space. This will be done taking also into account the reliability aspects and the accessibility needs (for maintenance, operations, improvements) of the various equipment: the logic is to arrange

Comme déjà mentionné, un autre élément caractérisant de son extérieur sera la présence de radiateurs thermiques déployables sur la surface externe cylindrique, une surface dissipative d'environ 40m².

C'est avant tout l'aménagement de l'intérieur de l'Habitat qui, dans tous les cas, sera conçu selon des critères différents et innovants par rapport à ce qui a été fait dans l'ISS, dans le but d'optimiser l'aménagement intérieur et l'agencement du matériel nécessaire, afin d'obtenir le plus grand volume habitable possible pour les activités de l'équipage :

- Dans un premier temps, un équipage nominal de 4 personnes sera hébergé pour un séjour maximum de 30 jours, afin d'éviter l'utilisation de systèmes de radioprotection cosmique, encore en cours d'investigation, nécessaires à des missions de plus longue durée. Intimité, exercice physique pour lutter contre la dégradation osseuse et musculaire due au manque de gravité, la nécessité de réaliser certaines activités scientifiques et récréatives contribueront à définir les critères de création des différents volumes internes. Cependant, comme l'espace de vie est relativement petit, il sera important d'adopter des solutions de conception légères et modulables (reconfigurables) pour les intérieurs afin de diviser éventuellement les espaces en fonction des besoins opérationnels et de vie ;

- L'arrimage des consommables, des déchets, des outils, des charges utiles peut devenir un moteur dans l'occupation des volumes, ainsi que des zones non utilisables (« zones de repos ») car elles servent de trappes aux portes d'accostage.

Les solutions de conception actuellement à l'étude seront mises en œuvre dans l'Habitat et testées en prévision de futures missions interplanétaires, où la présence constante d'un équipage de 4 à 6 personnes dans le même environnement fermé pour des missions de longue durée (jusqu'à 3 ans pour une mission vers Mars) fera de l'aspect du facteur humain et du confort environnemental et psychologique un moteur de conception.

Questo sarà fatto valutando anche i valori di affidabilità e le necessità di accessibilità (per manutenzione, operazioni, miglioramenti) dei vari equipaggiamenti: la logica è quella di disporre le attrezzature e i componenti in strati dalla parete cilindrica verso l'interno, in modo tale che quelli che richiedono maggiore accessibilità / portabilità o manutenzione siano montati di fronte a quelli più affidabili;

- sfruttare il più possibile il volume davanti ai portelli radiali, quando non necessiti avere il portellone aperto ed il corridoio di accesso al modulo libero, ad esempio con un sistema di cinghie / reti per sistemazione in orbita di materiale di stivaggio/attrezzature, all'occorrenza però rimuovibile;
- utilizzare schermature 'locali' dalle radiazioni nelle zone del modulo dove l'equipaggio trascorrerà più tempo, ad esempio attraverso l'uso di borse ripiene di acqua (materiali ad alto contenuto d'idrogeno forniscono una migliore protezione dalle radiazioni cosmiche rispetto ai materiali metallici) montate sulla struttura primaria o secondaria con soluzioni di bloccaggio rapido;
- creare dei volumi dedicati dove gli astronauti possano beneficiare di un minimo di privacy in caso di comunicazioni con i familiari o per consulti medici da Terra;
- inserire capacità di 'modulazione' dell'illuminazione interna in modo da creare zone 'notte' separate dalle zone 'giorno', oppure per far sì che la stessa area possa essere riconfigurata da attività lavorativa di bordo ad area di relax o riposo o privacy.

Funzionalmente, è da rimarcare che anche l'architettura avionica e la gestione del software e delle comunicazioni di bordo sta subendo modifiche significative rispetto a quanto adottato per l'International Space Station. L'avionica tende ad andare verso un concetto di "plug & play", e il software sta evolvendo da un'architettura molto 'strutturata' e 'gerarchizzata', ma pesante come gestione, dell'International Space Station ad un'architettura più snella e moderna, basato

the equipment and components in layers from the cylindrical wall inwards, in such a way that those that require greater accessibility / portability or maintenance are mounted in front of the more reliable ones;

- exploit the maximum possible volume in front of the radial hatches, when it is not necessary to have the hatch open and the access corridor to the module free, for example with a system of belts / nets for arranging stowage material / equipment in orbit, that can be however removed when needed;
- use 'local' radiation shielding in the areas of the module where the crew will spend more time, for example by using bags filled with water (materials with a high hydrogen content provide a better protection against cosmic radiations with respect to metallic materials) mounted on the primary or secondary structure with quick locking solutions;
- create dedicated volumes where the astronauts can benefit of a minimum privacy in case of communications with family members or for medical consultations with Earth;
- insert 'modulation' capabilities for the internal lighting in order to create 'night' areas separated from the 'day' areas, or to ensure that the same area can be reconfigured from on-board work to a relaxation or rest or privacy area.

Functionally, it should be noted that the avionics architecture and the management of the on-board software and communications are also undergoing significant changes with respect to those adopted for the International Space Station. The avionics tends to move towards a "plug & play" concept, and the software is evolving from a very 'structured' and 'hierarchical' architecture, but heavy in management, of the International Space Station to a leaner and modern architecture, based on Ethernet, in which the various functions of the software can be available in a simpler way, a bit like downloading and installing the latest generation mobile 'apps'.

Il convient de rappeler à cet égard que pour ces missions, la communauté des astronautes exige avec insistance la présence d'une surface vitrée dans le module, pour limiter la sensation d'enfermement et de claustrophobie. Les nouvelles solutions d'aménagement intérieur des Habitats auront donc tendance à :

- S'écarter partiellement du concept classique de « couloir central » des modules de la Station spatiale internationale et compacter les sous-systèmes fonctionnels et leurs structures de support vers la surface extérieure cylindrique afin de libérer un espace de vie central plus grand.

Cela se fera en évaluant également les valeurs de fiabilité et les besoins d'accessibilité (pour la maintenance, les opérations, les améliorations) des différents équipements : la logique est de disposer les équipements et les composants en couches de la paroi cylindrique vers l'intérieur, de sorte que ceux qui nécessitent une plus grande accessibilité / portabilité ou entretien sont montés en face des plus fiables ;

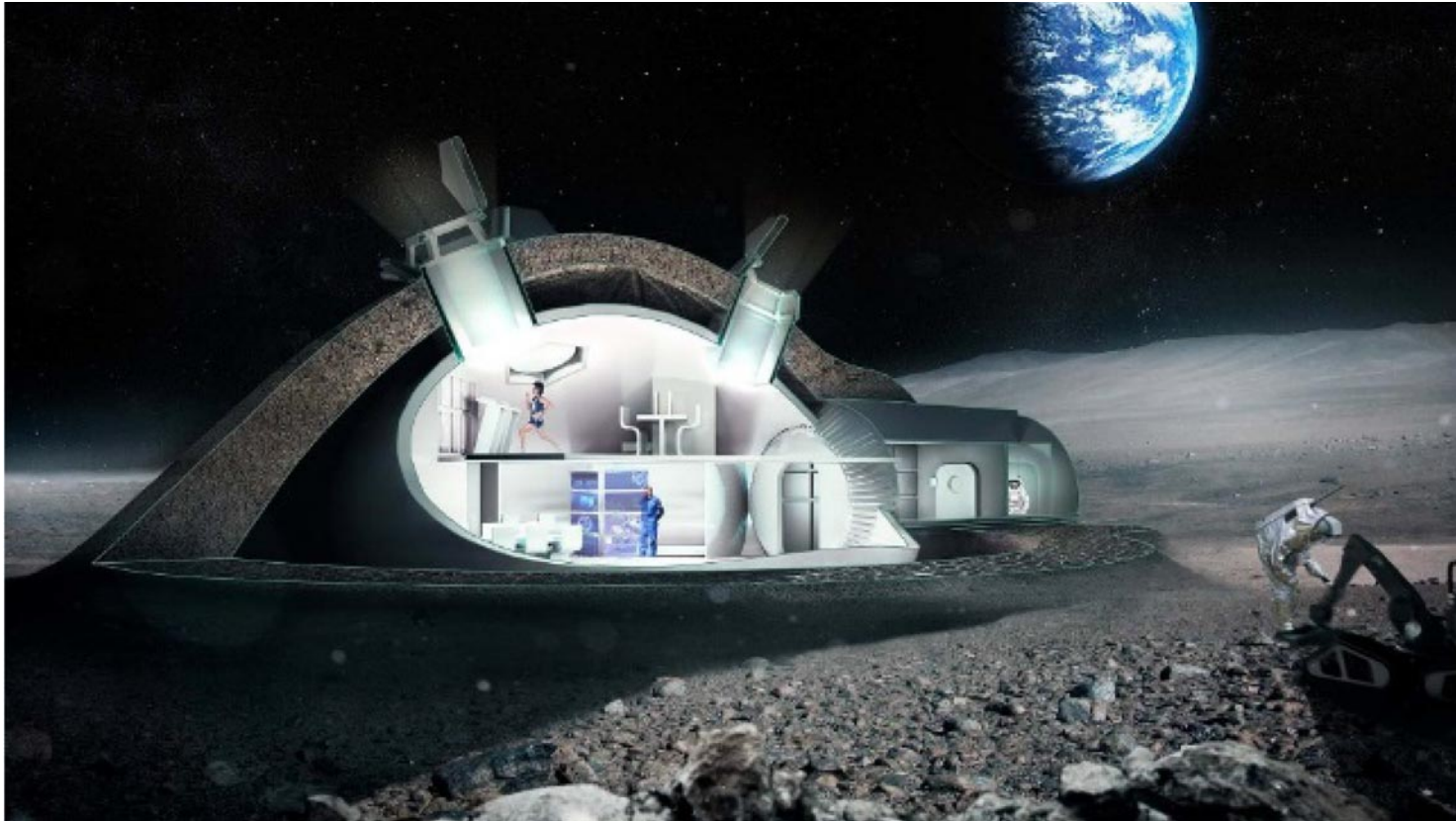
- Tirer le meilleur parti du volume devant les trappes radiales, lorsqu'il n'est pas nécessaire d'avoir la trappe ouverte et le couloir d'accès au module libre, par exemple avec un système de ceintures / filets pour la mise en orbite du matériel / équipement de rangement, en l'occurrence cependant amovible ;
- Utiliser un blindage anti-rayonnement « local » dans les zones du module où l'équipage passera plus de temps, par exemple en utilisant des sacs remplis d'eau (les matériaux à forte teneur en hydrogène offrent une meilleure protection contre les rayonnements cosmiques que les matériaux métalliques) montés sur la structure primaire ou secondaire avec des solutions de verrouillage rapide ;
- Créer des volumes dédiés où les astronautes peuvent bénéficier d'un minimum d'intimité en cas de communication avec les membres de leur famille ou pour des consultations médicales depuis la Terre;

su Ethernet, in cui le varie funzionalità del software possano essere disponibili in modo più semplice, un po' come si fa scaricando ed installando le 'app' dei cellulari di ultima generazione.

Nella proiezione dei moduli futuri per i viaggi interplanetari, questa evoluzione si espanderà all'utilizzo di nuove tecnologie come l'Internet of Things o la realtà aumentata e virtuale, di cui si stanno già valutando possibili applicazioni di prova nei moduli del Gateway.

In conclusione, gli Habitat del Gateway rappresentano un importante banco di prova per la validazione dei nuovi criteri di progettazione, che dovranno progressivamente essere applicati e implementati per realizzare i moduli del futuro, costruiti sempre più attorno all'essere umano, siano tali moduli previsti per i lunghi viaggi interplanetari o per le missioni di superficie su Luna e, un giorno, Marte.

Foster + Partners credit



In the projection of future modules for interplanetary travel, this evolution will expand to the use of new technologies such as the Internet of Things or the augmented and virtual reality, of which possible test applications are already under evaluation for the Gateway modules.

In conclusion, the Habitats for the Gateway represent an important test bed for the validation of the new design criteria, which will have to be progressively applied and implemented in the modules of the future, designed more and more around the human being, whether these modules are foreseen for long interplanetary journeys or for surface missions on the Moon and, one day, Mars.

- Insérer des capacités de « modulation » de l'éclairage intérieur afin de créer des zones « nuit » séparées des zones « jour », ou pour garantir que la même zone puisse être reconfigurée du travail à bord en une zone de détente ou de repos ou d'intimité.

Sur le plan fonctionnel, il convient de noter que l'architecture avionique et la gestion des logiciels embarqués et des communications subissent également des changements importants par rapport à ceux adoptés pour la Station spatiale internationale. L'avionique a tendance à évoluer vers un concept « *plug & play* », et le logiciel évolue d'une architecture très « structurée » et « hiérarchique », mais lourde en gestion, de la Station Spatiale Internationale à une architecture allégée et moderne, fondée sur Ethernet, dans lequel les différentes fonctions du logiciel peuvent être disponibles de manière plus simple, un peu comme le téléchargement et l'installation des « applications » mobiles de dernière génération. Dans la projection de futurs modules de voyages interplanétaires, cette évolution s'étendra à l'utilisation de nouvelles technologies telles que l'Internet des objets ou la réalité augmentée et virtuelle, dont d'éventuelles applications de test sont déjà en cours d'évaluation dans les modules Gateway.

En conclusion, les Habitats de la Gateway représentent un banc d'essai important pour la validation des nouveaux critères de conception, qui devront être progressivement appliqués et mis en œuvre pour créer les modules du futur, construits de plus en plus autour de l'être humain, que ceux-ci soient des modules prévus pour de longs voyages interplanétaires ou pour des missions de surface vers la Lune et, un jour, vers Mars.

Architectures de Référence pour le Village Lunaire

John Mankins, MVA Moon Village Association, Austria

Architetture di Riferimento per il Villaggio Lunare

1. Introduzione

L'umanità sta espandendo le sue attività sulla Luna, inclusa l'esplorazione, la ricerca scientifica, la presenza umana e la scoperta e il potenziale sviluppo di risorse chiave, come il ghiaccio polare lunare. Le metodologie di pianificazione che tengono conto dell'incertezza in modo strutturato forniscono informazioni che consentono preparativi ponderati per questa inevitabile ignoranza. Il "Moon Village" rappresenta un concetto complessivo di un assortimento di attività future su e intorno alla Luna; non è limitato specificamente a un progetto, un luogo o un'organizzazione. Negli ultimi tre anni, i potenziali passi che potrebbero essere intrapresi verso un'espansione umana permanente sulla Luna terrestre si sono evoluti rapidamente, grazie in larga misura dell'evoluzione dei piani governativi relativi alla Luna, nonché delle attività commerciali. Una "Architettura di Riferimento Internazionale del Villaggio Lunare" (analoga a quelle che a volte vengono chiamate "Missioni di riferimento del progetto") è stata sviluppata dal Architectural Concepts and Considerations Working Group della "Moon Village Association" (MVA).

Questa architettura di riferimento comprende attività in diverse "zone", tra cui la regione polare sud della Luna, l'orbita lunare bassa, lo spazio cis-lunare e l'orbita terrestre.

I sistemi e le attività associati a queste aree sono stati rivisti in tre intervalli di tempo: 2025 (immediatamente dopo gli attuali piani per un ritorno umano sulla luna), 2035 (quando saranno disponibili sistemi di trasporto lunare a basso costo e 2045 (quando potrebbero essere possibili estese attività sulla superficie lunare).

Moon Village Reference Architectures

1. Introduction

Humanity is now extending its activities to the Moon, including exploration, scientific research, human presence and discovery and potential development of key resources, such as lunar polar ice.

Planning methodologies that take uncertainty into account in a structured fashion provide insights that allow thoughtful preparations in the face of that inevitable ignorance. The "Moon Village" represents an overarching concept for an assortment of prospective activities on and near Earth's Moon. It is not limited to a specific project, location or organization.

During the past three years, the potential steps that might be taken toward a permanent human expansion to Earth's Moon have been changing rapidly – driven in significant measure by evolving government plans related to the Moon, and also by commercial activities.

An "International Moon Village Reference Architecture" analogous to what are sometimes called "Design Reference Missions") has been developed by the Moon Village Association (MVA) Architecture Concepts and Considerations Working Group. This Reference Architecture encompasses activities in several "zones", including the South Polar Region of the Moon, low lunar orbit, cis-lunar space and Earth orbit.

The systems and activities associated with these zones have been examined in three timeframes: 2025 (just following current plans for a human lunar return), 2035 (following the availability of low-cost lunar transportation systems and 2045 (when extensive lunar surface operations may have emerged).

1. L'Introduction

L'humanité étend maintenant ses activités à la Lune, y compris l'exploration, la recherche scientifique, la présence humaine et la découverte et le développement potentiel de ressources clés, telles que la glace polaire lunaire. Les méthodologies de planification qui prennent en compte l'incertitude de manière structurée fournissent des informations qui permettent des préparatifs réfléchis face à cette inévitable ignorance. Le « Village Lunaire » représente un concept global pour un assortiment d'activités prospectives sur la Lune et à proximité. Il ne se limite pas à un projet, un lieu ou une organisation spécifique.

Au cours des trois dernières années, les mesures potentielles qui pourraient être prises vers une expansion humaine permanente vers la Lune de la Terre ont évolué rapidement - en raison dans une large mesure par l'évolution des plans gouvernementaux liés à la Lune, ainsi que par les activités commerciales. Une « Architecture de Référence Internationale du Village Lunaire » analogue à ce que l'on appelle parfois les « Missions de Référence de Conception ») a été développée par le Groupe de Travail sur les Concepts et Considérations d'Architecture de la « Moon Village Association (MVA) ». Cette Architecture de Référence englobe des activités dans plusieurs « zones », y compris la région polaire sud de la Lune, l'orbite lunaire basse, l'espace cis-lunaire et l'orbite terrestre. Les systèmes et activités associés à ces zones ont été examinés dans trois délais: 2025 (juste après les plans actuels pour un retour lunaire humain), 2035 (suite à la disponibilité de systèmes de transport lunaires à faible coût et 2045 (lorsque des opérations de surface lunaires étendues peuvent avoir émergé).

2. Antefatto

La Moon Village Association (MVA) è un'organizzazione non governativa (ONG) dedicata a sostenere l'espansione dell'umanità sulla Luna negli anni a venire. Comprende membri sia individuali che istituzionali provenienti da oltre 30 paesi e organizza attività tematiche attraverso un insieme di gruppi di lavoro distinti.

Durante il periodo 2020-21, il MVA Architectural Concepts and Concerns Working Group ("The Architecture Working Group") esamina gli aspetti tecnici dell'espansione "umana" nello spazio cislunare e sulla superficie lunare nei prossimi decenni, concentrandosi su un'architettura di riferimento per un "insediamento lunare 2045".

La base degli studi del Gruppo di lavoro sull'architettura è stata la definizione e il mantenimento di una serie di potenziali scenari di come potrebbero svolgersi le attività dell'umanità sulla e vicino alla Luna, concentrandosi sul "perché", ovvero gli obiettivi delle attività lunari. La sezione seguente riassume la versione 2020 degli "Scenari del villaggio lunare".

3. 2020 Scenari del villaggio lunare

È impossibile conoscere il futuro; tuttavia, varie tecniche possono essere utilizzate per anticipare meglio i potenziali percorsi lungo i quali potrebbero svolgersi eventi futuri. Nel 2020, l'Architecture Working Group ha aggiornato una serie di scenari di alto livello - definiti per la prima volta nel 2018 - su come potrebbero evolversi l'esplorazione lunare, lo sviluppo e l'eventuale colonia.

Sono stati definiti tre scenari (che riguardano attività sulla superficie lunare, in orbita lunare, ecc.)

- Scenario **Alpha** - attività lunari focalizzate sugli obiettivi di esplorazione (inclusa l'esplorazione robotica e umana)
- Scenario **Beta** - attività lunari guidate da obiettivi scientifici
- Scenario **Gamma** - attività guidate da opportunità di sviluppo (inclusi impegni sia commerciali che governativi).

2. Background

The Moon Village Association (MVA) is a non-governmental organization (NGO) focused on advancing humanity's expansion to the Moon over the coming years. The MVA comprises both individual and institutional members from more than 30 countries, and organizes thematic activities through an assortment of distinct working groups.

During 2020-2021, the MVA Architectural Concepts and Concerns Working Group (aka, the "Architecture WG") is examining the technical aspects of humanities expansion into cis-lunar space and to the lunar surface over the coming decades – focusing on a Reference Architecture for a 'Lunar Settlement 2045'.

The foundation for Architecture WG studies has been definition and maintenance of a set of potential scenarios for the how humanity's activities on and near the Moon might unfold – focusing on 'why', i.e., the purposes of lunar activities. The following section summarizes the 2020 version of 'Moon Village Scenarios'.

3. 2020 Moon Village Scenarios

It is impossible to know the future; however, a variety of techniques may be employed to better anticipate the potential pathways along which future events could unfold.

During 2020, the Architecture WG, updated a set of high-level scenarios – first defined in 2018 – for how lunar exploration, development and eventual settlement might proceed. Three scenarios (which span activities on the lunar surface, in lunar orbit, etc.) were defined as follows:

- Scenario **Alpha** – exploration goal-driven lunar activities (including both robotic and human exploration);
- Scenario **Beta** – scientific goal-driven lunar activities; and,
- Scenario **Gamma** – development opportunity driven activities (including both commercial and government development efforts).

2. Arrière-plan

L'Association du village lunaire (« Moon Village Association » (MVA)) est une organisation non gouvernementale (ONG) dont l'objectif est de faire progresser l'expansion de l'humanité vers la Lune au cours des années à venir. La MVA comprend à la fois des membres individuels et institutionnels de plus de 30 pays et organise des activités thématiques à travers un assortiment de groupes de travail distincts.

Au cours de 2020-2021, le Groupe de Travail sur les Concepts et les Préoccupations Architecturales de la MVA (alias, « Le Groupe de Travail sur l'Architecture ») examine les aspects techniques de l'expansion des sciences humaines dans l'espace cis-lunaire et à la surface lunaire au cours des prochaines décennies - en se concentrant sur une Architecture de Référence pour un « Règlement Lunaire 2045 ».

La base des études du Groupe de Travail sur l'Architecture a été la définition et la maintenance d'un ensemble de scénarios potentiels sur la façon dont les activités de l'humanité sur et près de la Lune pourraient se dérouler - en se concentrant sur le «pourquoi», c'est-à-dire les objectifs des activités lunaires. La section suivante résume la version 2020 des «Scénarios du Village Lunaire».

3. 2020 Scénarios du Village Lunaire

Il est impossible de connaître l'avenir; cependant, diverses techniques peuvent être utilisées pour mieux anticiper les voies potentielles le long desquelles les événements futurs pourraient se dérouler.

En 2020, le Groupe de Travail sur l'Architecture a mis à jour un ensemble de scénarios de haut niveau - définis pour la première fois en 2018 - sur la manière dont l'exploration lunaire, le développement et la colonie éventuelle pourraient se dérouler.

3.1. Scenario Alfa

Nello scenario ALPHA, si presume che gli interessi geopolitici siano la forza determinante per le attività sulla superficie lunare e quelle associate nei prossimi 20 anni.

Tuttavia, si presume che i livelli di finanziamento governativo siano approssimativamente stimabili come evoluzione dell'attuale livello. Inoltre, in questo scenario, non ci sono rivoluzioni nelle infrastrutture, sistemi o tecnologie per i prossimi 20 anni; gli unici sistemi utilizzati sono estrapolazioni lineari di quelli in uso o chiaramente disponibili nel 2020. Infine, sebbene ci siano opportunità per le imprese commerciali di supportare l'esplorazione governativa e i relativi programmi spaziali, durante il periodo l'attività economico-commerciale è minimale.

3.2 Scenario Beta

In questo scenario, si presume che la scienza e gli obiettivi delle relative missioni di esplorazione siano le motivazioni principali per le attività sulla superficie lunare e associate nei prossimi 20 anni. Si presume che i livelli di finanziamento del Governo diminuiscano leggermente rispetto ad oggi. Inoltre, nello scenario BETA, non ci sono rivoluzioni nelle infrastrutture, sistemi o tecnologie per i prossimi 20 anni, con l'eccezione delle nuove importanti capacità nella scienza lunare, gli unici sistemi utilizzati sono estrapolazioni lineari di quelli in uso o chiaramente disponibili nel 2020. Infine, mentre ci sono opportunità per le società commerciali di supportare i programmi scientifici sponsorizzati dal governo, c'è attività economica commerciale minima durante il periodo.

3.3 Scenario Gamma.

Nello scenario GAMMA, si presume che le innovazioni perseguite da vari sponsor commerciali e governativi abbiano successo, con lo sviluppo di nuove capacità essenziali (come trasporto a basso costo, volume abitabile in orbita e sulla superficie lunare, ISRU, ecc.).

3.1 Scenario Alpha

In ALPHA, geopolitical interests are presumed to be the driving motivation for lunar surface and associated activities during the next 20 years; however, government funding levels are assumed to be approximately level projected forward from the present. Also, in this scenario, there are no breakthroughs in infrastructure, systems or technology for the coming 20 years; the only systems in use are those that are linear extrapolations of those in use or evidently available in 2020. Finally, although there are opportunities for commercial firms to support government-sponsored exploration and related space programs, there is minimal commercial-to-commercial economic activity during the period.

3.2 Scenario Beta

In this scenario, science and related exploration mission goals are presumed to be the driving motivations for lunar surface and associated activities during the next 20 years. Government funding levels are assumed to decline modestly relative to the present. Also, in scenario BETA there are no breakthroughs in infrastructure, systems or technology for the coming 20 years; with the exception of major new lunar science capabilities, the only systems in use are those that are linear extrapolations of those in use or evidently available in 2020. Finally, although there are opportunities for commercial firms to support government-sponsored science programs, there is minimal commercial-to-commercial economic activity during the period.

3.3 Scenario Gamma

In scenario GAMMA, innovations being pursued by various commercial and government sponsors are presumed to succeed; developing critically-needed new capabilities (such as low-cost transportation, habitable volume in orbit and on the lunar surface, ISRU, etc.). Enabled by these new

Trois scénarios (qui couvrent des activités sur la surface lunaire, en orbite lunaire, etc.) ont été définis comme suit:

- Scénario “**Alpha**” - activités lunaires axées sur les objectifs d'exploration (y compris l'exploration robotique et humaine);
- Scénario “**Beta**” - activités lunaires motivées par des objectifs scientifiques; et,
- Scénario “**Gamma**” - activités motivées par des opportunités de développement (y compris les efforts de développement commercial et gouvernemental).

3.1 Scénario Alpha

Dans le scénario ALPHA, les intérêts géopolitiques sont présumés être la force déterminante pour la surface lunaire et les activités associées au cours des 20 prochaines années; cependant, on suppose que les niveaux de financement du gouvernement sont approximativement au niveau projeté à partir de maintenant.

De plus, dans ce scénario, il n'y a pas de percées dans l'infrastructure, les systèmes ou la technologie pour les 20 prochaines années; les seuls systèmes utilisés sont ceux qui sont des extrapolations linéaires de ceux en usage ou manifestement disponibles en 2020. Enfin, bien qu'il existe des possibilités pour les entreprises commerciales de soutenir l'exploration parrainée par le gouvernement et les programmes spatiaux connexes, il existe activité économique commerciale à commerciale minimale pendant la période.

3.2 Scénario Beta

Dans ce scénario, la science et les objectifs des missions d'exploration connexes sont présumés être les motivations principales de la surface lunaire et des activités associées au cours des 20 prochaines années.

On suppose que les niveaux de financement du gouvernement baissent légèrement par rapport au présent.

Con queste nuove capacità, la motivazione principale per la superficie lunare e le attività associate nei prossimi 20 anni diventa il profitto. Tuttavia si presume che i livelli di finanziamento del Governo siano all'incirca al livello attuale, con voli spaziali con equipaggio e obiettivi scientifici ambiziosi raggiungibili a causa della diminuzione dei costi. In questo caso, ci sono opportunità per le aziende di sostenere il volo spaziale umano finanziato dal governo e i relativi programmi spaziali, e sempre più attività economiche commerciali non governative durante il periodo.

4. Un'architettura di riferimento del villaggio lunare

Gli scenari definiti coprono un'ampia varietà di possibili futuri, ma la risoluzione di dettagli come gli elementi costitutivi del sistema richiesti, le interfacce, il concetto di operazioni e simili richiede una descrizione più mirata di uno specifico futuro lunare. A tal fine e nel contesto degli scenari sopra delineati, è stata definita un'architettura di riferimento del villaggio lunare, concentrandosi su un potenziale primo insediamento umano entro il 2045.

4.1 Ipotesi

Come già osservato, negli ultimi cinque anni, il ritmo e la portata della pianificazione delle missioni lunari hanno subito un'accelerazione coinvolgendo più di una dozzina di Paesi.

Gli studi sull'architettura di riferimento del villaggio lunare presumono che l'accesso commerciale a basso costo in orbita terrestre bassa (LEO) trasformerà le operazioni spaziali cis-lunari nel prossimo decennio e certamente prima del 2030.

Di conseguenza, ci si può aspettare enormi opportunità governative e imprenditoriali; esempi sono (1) connettività globale basata sullo spazio; (2) sistemi di alimentazione a megawatt a prezzi accessibili (solare, wireless e potenzialmente nucleare); (3) lo sviluppo delle risorse dello spazio fisico - a partire dalla Luna (e inizialmente incentrato

capabilities, the driving motivation for lunar surface and associated activities during the next 20 years become profit oriented. However, government funding levels are assumed to be approximately level projected forward from the present, with both human space flight and ambitious science goals achievable due to lower costs. In this case, there are opportunities for firms to support government-sponsored human space flight and related space programs, and there is increasingly non-government commercial-to-commercial economic activity during the period.

4. A Moon Village Reference Architecture

The scenarios defined span a wide variety of possible futures, however resolving details such as required system building blocks, interfaces, concept of operations and others requires more focused description of a specific lunar future. To that goal and in the context of the scenarios sketched above, a Moon Village Reference Architecture has been defined – focusing on a prospective first human settlement to be established by 2045.

4.1 Assumptions

As indicated above, during the past five years the pace and scope of lunar mission planning has accelerated and broadened to include more than a dozen countries. The MV Reference Architecture studies assume that during the next decade, low-cost commercial access to low Earth orbit (LEO) will transform cis-Lunar space operations during the next decade, and certainly before 2030.

As a result, it can be expected that massive government mission opportunities and commercial market ventures will be the result; examples include (1) space-based global connectivity; (2) affordable megawatt power systems (solar, wireless and potentially nuclear); (3) development of physical space resources – beginning with the Moon (and initially focused on volatiles); and (4) sustainable permanent human presence in cis-Lunar space.

En outre, dans le scénario BETA, il n'y a pas de percées dans l'infrastructure, les systèmes ou la technologie pour les 20 prochaines années; à l'exception des nouvelles capacités majeures de la science lunaire, les seuls systèmes utilisés sont ceux qui sont des extrapolations linéaires de ceux qui sont utilisés ou manifestement disponibles en 2020.

Enfin, bien qu'il existe des opportunités pour les entreprises commerciales de soutenir des programmes scientifiques parrainés par le gouvernement, il existe activité économique commerciale minimale pendant la période.

3.3 Scénario Gamma

Dans le scénario GAMMA, les innovations poursuivies par divers sponsors commerciaux et gouvernementaux sont présumées réussir; développer de nouvelles capacités indispensables (comme le transport à faible coût, le volume habitable en orbite et sur la surface lunaire, ISRU, etc.).

Grâce à ces nouvelles capacités, la motivation principale pour la surface lunaire et les activités associées au cours des 20 prochaines années devient orientée vers le profit.

Cependant, les niveaux de financement du gouvernement sont supposés être approximativement au niveau projeté à partir du présent, avec des vols spatiaux habités et des objectifs scientifiques ambitieux réalisables en raison de la baisse des coûts.

Dans ce cas, il existe des opportunités pour les entreprises de soutenir les vols spatiaux habités financés par le gouvernement et les programmes spatiaux connexes, et il y a de plus en plus d'activités économiques commerciales non gouvernementales au cours de la période.

su componenti volatili); e (4) presenza umana permanente e sostenibile nello spazio cis-lunare. Sulla base di questi presupposti, è stata definita un'architettura di riferimento.

Il paragrafo seguente include:

(1) un riepilogo dei requisiti che tale insediamento deve soddisfare; (2) un esame delle posizioni sulla superficie lunare in cui una colonia potrebbe svilupparsi; (3) una descrizione preliminare di alto livello dell'insediamento.

4.2 Requisiti della colonia

► *Requisiti principali.* I requisiti di base che devono essere soddisfatti per una colonia lunare includono:

- Accesso a/dalla Terra. In altre parole, la colonia deve essere situata in un luogo dove sia possibile effettuare l'atterraggio e la ripartenza di veicoli in modo sicuro e puntuale di veicoli in modo sicuro e tempestivo.
- Flusso di energia. Questa sfida include la disponibilità di quantità significative di energia e un ambiente che consenta la dispersione del calore di scarto.*
- CONOPS (concetto di operazioni). Occorre una superficie adeguatamente liscia per la mobilità.
- Disponibilità e potenziale delle risorse. La disponibilità e il potenziale delle risorse includono la prossimità a componenti volatili e l'accesso alla mobilità di superficie al PSR e la capacità di trasmettere energia ai PSR lunari / cold trap.

► *Requisiti secondari.* Principali requisiti biologici che devono essere soddisfatti da qualsiasi insediamento lunare:

- Sopravvivenza (inclusi aria, acqua, cibo, protezione dalle radiazioni, ecc.)
- Autosufficienza (come sistemi di supporto alla vita, agricoltura, energia, ecc.)

• Considerazioni sui concetti di operazione (CONOPS)

• Problemi di qualità della vita (spazio personale, ecc.)

► *Requisiti terziari.* Seguono alcuni requisiti “terziari”, ma ancora importanti.

Based on these assumptions a Reference Architecture has been defined. The following section includes (1) a summary of requirements that such a settlement must satisfy; (2) a review of lunar surface locations at which a settlement might be developed; and, (3) a high-level preliminary description of the settlement that has been defined.

4.2 Settlement Requirements

► *Primary Requirements.* There are a number of fundamental requirements that must be satisfied for a lunar-surface MV settlement; these include:

- Access to/from Earth. In other words, the settlement must be located in a place where it is possible to accomplish safe and timely vehicle landing and ascent.
- Energy Flows. This challenge includes the availability of significant amounts of energy and an environment that allows waste heat rejection.*
- CONOPS (concept of operations). This requirement includes an acceptable surface ‘smoothness’ for mobility.
- Availability and Potential of Resources. Resources availability and potential includes proximity to volatiles and surface mobility access to PSR, and the opportunity to transmit energy to lunar PSRs / cold traps.

► *Secondary Requirements.* Key biological requirements that must be satisfied by any lunar settlement include:

- Survival (including air, water, food, radiation protection, etc.)
- Self-sufficiency (such as life support, agriculture, energy, etc.)
- Concepts of Operations (CONOPS) considerations
- Quality of Life issues (personal space, etc.)

► *Tertiary Requirements.* The following are some of the ‘tertiary’ but still important requirements.

- Local Sources. First, the maximum use of locally-sourced materials is important to cost-effective deployment and operations: the settlement as a whole should be like a living organism.

4. Une Architecture de Référence du Village Lunaire

Les scénarios définis couvrent une grande variété d'avenirs possibles, mais la résolution de détails tels que les blocs de construction du système requis, les interfaces, le concept d'opérations et autres nécessite une description plus ciblée d'un futur lunaire spécifique.

Dans ce but et dans le contexte des scénarios esquissés ci-dessus, une Architecture de Référence du Village Lunaire a été définie - se concentrant sur un premier établissement humain potentiel à établir d'ici 2045.

4.1 Hypothèses

Comme indiqué ci-dessus, au cours des cinq dernières années, le rythme et la portée de la planification des missions lunaires se sont accélérés et élargis pour inclure plus d'une douzaine de pays. Les études sur l'architecture de référence du village lunaire supposent qu'au cours de la prochaine décennie, un accès commercial à faible coût à l'orbite terrestre basse (LEO) transformera les opérations spatiales cis-lunaires au cours de la prochaine décennie, et certainement avant 2030.

En conséquence, on peut s'attendre à ce que des opportunités massives de missions gouvernementales et des entreprises commerciales en découlent; les exemples incluent (1) la connectivité mondiale basée sur l'espace; (2) des systèmes électriques mégawatts abordables (solaires, sans fil et potentiellement nucléaires); (3) le développement des ressources spatiales physiques - en commençant par la Lune (et initialement axé sur les volatiles); et (4) présence humaine permanente durable dans l'espace cis-lunaire.

Sur la base de ces hypothèses, une architecture de référence a été définie. La section suivante comprend (1) un résumé des exigences qu'un tel règlement doit satisfaire; (2) un examen des emplacements de la surface lunaire auxquels une colonie pourrait être développée; et (3) une description préliminaire de haut niveau du règlement qui a été défini.

* It is likely that both solar energy and space nuclear power will continue to be used in the exploration and development of the Moon; however, only solar energy can provide the essential capabilities to both scale-up easily and deliver the sheer scale of the power required for (1) harvesting lunar resources, (2) manufacturing of all types, (3) processing and storage of lunar-derived propellants, and (4) self-sufficient bio-regenerative life support systems (BRLSS), including agriculture.

- Fonti locali. In primo luogo, è importante massimizzare l'utilizzo di materiali di provenienza locale per una implementazione e esercizio efficaci: la colonia nel suo insieme deve essere come un organismo vivente.
- Capacità di crescere. Come un essere vivente, capacità di "crescere" e riprodursi quando necessario.
- Accoglienza dei visitatori. Per ragioni di redditività economica, la colonia deve essere in grado di accogliere i visitatori, inclusi i "turisti spaziali" e altre categorie di persone, in particolare i funzionari governativi.
- Supporto per vari veicoli in arrivo e/o partenza.
Capacità di supportare più tipi di veicoli di trasporto all'arrivo e alla partenza.

- Ability to Grow. This characteristic – to be like a living thing – encompasses the capability to 'grow' and to reproduce when appropriate.
- Accommodating Visitors. For reasons of economic viability, the settlement must be capable of accommodating visitors, including 'space tourists' and other classes of individuals – particularly government employees.
- Support for Diverse Arriving and/or Departing Vehicles. The capability to support multiple types of transport vehicles arriving and departing.

4.2 Exigences de la Colonie

- ▶ Exigences principales. Il existe un certain nombre d'exigences fondamentales qui doivent être satisfaites pour une colonie MV de surface lunaire; ceux-ci incluent:
 - Accès vers / depuis la Terre. En d'autres termes, la colonie doit être située dans un endroit où il est possible d'accomplir l'atterrissage et l'ascension du véhicule en toute sécurité et en temps opportun.
 - Flux d'énergie. Ce défi comprend la disponibilité de quantités importantes d'énergie et un environnement permettant le rejet de la chaleur perdue.*
 - CONOPS (concept d'opérations). Cette exigence comprend une «douceur» de surface acceptable pour la mobilité.
 - Disponibilité et potentiel des ressources. La disponibilité et le potentiel des ressources incluent la proximité des volatiles et l'accès à la mobilité de surface au PSR, et la possibilité de transmettre de l'énergie aux PSR lunaires / pièges froids.
- ▶ Exigences secondaires. Les principales exigences biologiques qui doivent être satisfaites par tout règlement lunaire comprennent:
 - Survie (y compris l'air, l'eau, la nourriture, la radioprotection, etc.)
 - Autosuffisance (comme le maintien de la vie, l'agriculture, l'énergie, etc.)
 - Considérations sur les concepts d'opérations (CONOPS)
 - Problèmes de qualité de vie (espace personnel, etc.)
- ▶ Exigences tertiaires. Voici quelques-unes des exigences «tertiaires» mais toujours importantes.
 - Sources locales. Premièrement, l'utilisation maximale de matériaux d'origine locale est importante pour un déploiement et des opérations rentables: la colonie dans son ensemble doit être comme un organisme vivant.
 - Capacité à grandir. Cette caractéristique - être comme un être vivant - englobe la capacité de « grandir » et de se reproduire le cas échéant.

4.3 Opzioni di posizionamento della superficie lunare

Ci sono molti luoghi dove potrebbe essere collocata una colonia lunare. Il polo sud sembra essere preferibile, sia per la disponibilità di ghiaccio ai poli sia perché molte missioni lunari - di Stati Uniti, Cina, Giappone, India, Corea del Sud, ecc.- stanno puntando al polo sud. Ma dove esattamente?

Questo studio si è concentrato su un sito che soddisfa i requisiti sopra indicati.

Alcuni criteri da soddisfare includono:

(1) vicinanza a uno o più PSR e risorse in essi contenute; (2) disponibilità di energia solare; (3) regolarità e pendii locali (cioè, terreno che può essere attraversato da persone e macchine); (4) un comodo accesso ad aree vicine dove possono essere eseguite le operazioni di atterraggio e lancio; (5) l'uso pratico della regolite per fornire la necessaria protezione dalle radiazioni. Inoltre, per soddisfare le "considerazioni sulla qualità della vita", è auspicabile che la colonia sia collocata in un luogo in cui la Terra sia visibile.

Le figure che seguono mostrano immagini rilevanti dal polo sud della Luna che illustrano singolarmente questi requisiti.** 2

** These data are drawn in large measure from the results of the Lunar Reconnaissance Orbit (LRO) mission – particularly the LOLA instrument (Lunar Orbiter Laser Altimeter), and the Diviner Lunar Radiometer Experiment (DLRE), which measured surface temperatures.

4.3 Lunar Surface Location Options

There are many locations where a lunar settlement might be placed; the South Pole of the Moon may be pre-selected as the general site – based on the availability of ice at the poles and the fact that many lunar missions - including those of the US, China, Japan, India, South Korea and others - are targeting the south pole. The question remains: where specifically? This case study has focused in on a site that satisfies the requirements stated above.

Some criteria to be satisfied include: (1) proximity to one or more PSRs and resources located there; (2) availability of solar energy; (3) local smoothness and slopes (i.e., terrain that can be traversed by people and machines); (4) convenient surface access to locations nearby where landing and launch operations may be conducted; and, (5) convenient use of regolith to provide critically-needed radiation protection. In addition, to satisfy 'quality of life considerations' it is desirable that the settlement be placed in a location where the Earth will be visible. The figures that follow present a series of relevant images of the Moon's south pole that step one-by-one through these requirements.** 2

- Accueillir les visiteurs. Pour des raisons de viabilité économique, la colonie doit être en mesure d'accueillir des visiteurs, y compris des « touristes de l'espace » et d'autres catégories de personnes - en particulier des fonctionnaires.
- Prise en charge de divers véhicules à l'arrivée et / ou au départ. La capacité de prendre en charge plusieurs types de véhicules de transport à l'arrivée et au départ.

4.3 Options de Localisation de la Surface Lunaire

Il existe de nombreux endroits où une colonie lunaire pourrait être placée; le pôle sud de la Lune peut être présélectionné comme site général - en fonction de la disponibilité de glace aux pôles et du fait que de nombreuses missions lunaires - y compris celles des États-Unis, de la Chine, du Japon, de l'Inde, de la Corée du Sud et d'autres - visent le pôle sud. La question demeure: où précisément?

Cette étude de cas s'est concentrée sur un site qui répond aux exigences énoncées ci-dessus.

Certains critères à satisfaire comprennent: (1) la proximité d'un ou plusieurs PSR et ressources qui s'y trouvent; (2) disponibilité de l'énergie solaire; (3) la régularité locale et les pentes (c.-à-d. Le terrain qui peut être traversé par des personnes et des machines); (4) un accès de surface pratique aux emplacements à proximité où les opérations d'atterrissage et de lancement peuvent être effectuées; et (5) l'utilisation pratique du régolithe pour fournir une radioprotection dont le besoin est critique.

En outre, pour répondre aux « considérations de qualité de vie », il est souhaitable que la colonie soit placée dans un endroit où la Terre sera visible.

Les figures qui suivent présentent une série d'images pertinentes du pôle sud de la Lune qui illustrent ces exigences une par une. ** 2

La Figura 4-1 mostra una panoramica topografica dell'intera regione lunare del polo sud. La domanda è: dove collocare esattamente la colonia? La disponibilità di energia solare è un fattore chiave discriminante.

La Figura 4-2 mostra la temperatura media intorno al Polo Sud, che è un surrogato dell'illuminazione media in varie località. Infine, questione importante anche se secondaria, per la "qualità della vita" di coloni e visitatori è la possibilità di vedere la Terra.

La Figura 4-3 fornisce un'illustrazione (basata sui dati JAXA della missione Kaguya) della Terra come si vede dalla sommità del il cratere Shackleton.³

Sulla base di una valutazione delle informazioni fornite dagli strumenti LRO come illustrato nelle figure, è stata scelta una location; questa è discussa nella prossima sezione. La posizione scelta potrebbe fornire un'eccellente visione della Terra, disponibilità di energia solare e accesso alle risorse. Le strutture di deposito dei propellenti e i porti spaziali sarebbero situati sull'altro lato della linea della cresta lunare del polo sud, a distanza di circa 2-4 chilometri al fine di ridurre al minimo i rischi dovuti agli "ejecta" prodotti durante gli arrivi e / o le partenze dalla colonia.

Figure 4-1 Topographical Overview of the Lunar South Pole and PSRs
Credit: NASA LRO Dataset

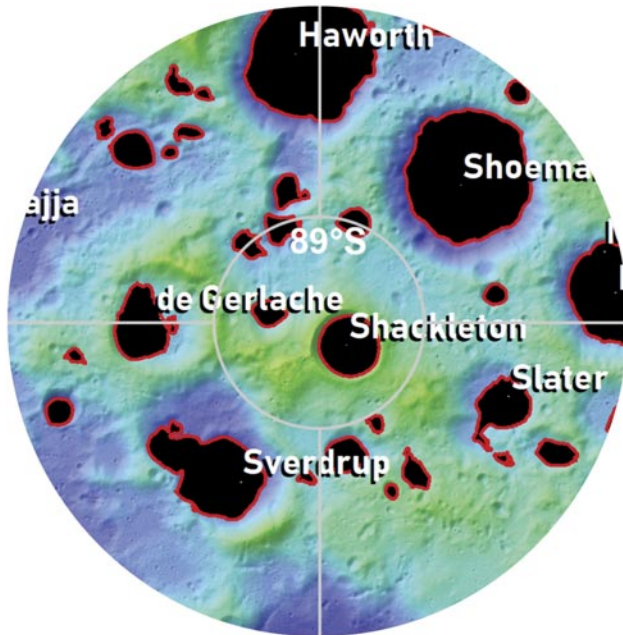


Figure 4-2 Lunar South Polar Region: Illustrating the Average Temperature of various Locations
Credit: NASA LRO Dataset

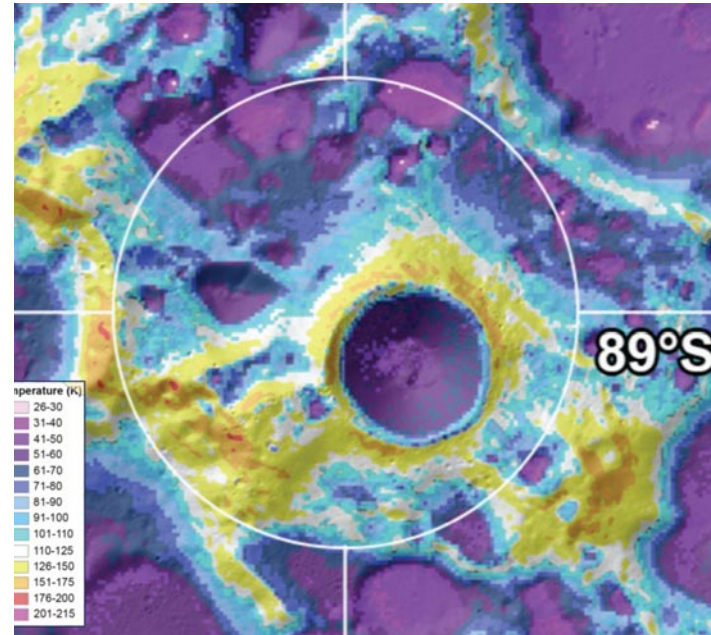


Figure 4-1 presents a topographical overview of the entire lunar south polar region. The question is: where exactly to locate the settlement? Availability of solar energy is a key discriminator.

Figure 4-2 presents average temperature around the South Pole – which is a simple surrogate for the average illumination at various locations. Finally, an important, albeit secondary question relates to the 'quality of life' for settlers and visitors is to be able to see Earth.

Figure 4-3 provides an illustration (based on JAXA data from the Kaguya mission) of Earth in the sky as seen over Shackleton Crater.³

Based on an assessment of the information provided by the LRO instruments as illustrated in the figures, a location has been chosen; this is discussed in the section that follows.

The location chosen could afford an excellent view from the settlement of Earth, availability of solar energy, and access to resources. Propellant depot and spaceport facilities would be located on the far-side of the south polar lunar ridge line, at a distance of approximately 2-4 kilometers to minimize the risks due to 'ejecta' produced during arrivals and/or departures from the settlement.



La figura 4-1 présente un aperçu topographique de l'ensemble de la région polaire sud lunaire. La question est: où localiser exactement la colonie ? La disponibilité de l'énergie solaire est un discriminant clé.

La figure 4-2 présente la température moyenne autour du pôle Sud - qui est un substitut de l'éclairage moyen à divers endroits. Enfin, une question importante, quoique secondaire, concerne la « qualité de vie » des colons et des visiteurs est de pouvoir voir la Terre.

La figure 4-3 fournit une illustration (basée sur les données JAXA de la mission Kaguya) de la Terre dans le ciel vue au-dessus du cratère Shackleton.³

Sur la base d'une évaluation des informations fournies par les instruments LRO comme illustré dans les figures, un emplacement a été choisi; ceci est discuté dans la section qui suit. L'emplacement choisi pourrait offrir une excellente vue depuis le peuplement de la Terre, la disponibilité de l'énergie solaire et l'accès aux ressources. Les installations de dépôt de propergols et de ports spatiaux seraient situés de l'autre côté de la ligne de crête lunaire polaire sud, à une distance d'environ 2 à 4 kilomètres afin de minimiser les risques dus aux « éjectas » produits lors des arrivées et / ou des départs de la colonie.

Figure 4-3 Lunar South Polar Region: View Across Shackleton Crater Toward Earth
Credit: JAXA Image / Kaguya Mission; c. 2007

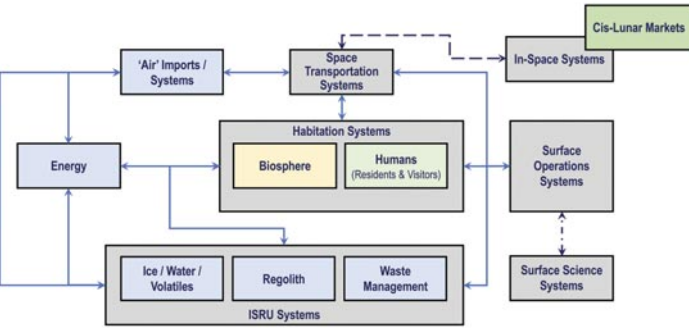


Figure 5-1 Settlement 2045 Reference Architecture

5. Descrizione preliminare della Colonia 2045

5.1 Riepilogo dell'architettura di riferimento

La caratteristica centrale della Colonia 2045 è un ampio spazio abitativo, costruito con materiali locali e che supporta una biosfera autosufficiente con agricoltura locale.

La Figura 5.1 mostra un diagramma a blocchi di alto livello dell'architettura di riferimento proposta per il Moon Village Settlement 2045.. In base ai vari fattori prima indicati è stata scelta una posizione.

Come mostrato nella Figura 5-2, la colonia lunare sarebbe situata lungo il bordo superiore di un cratere sul pendio terrestre della cresta lunare del polo sud.

5. Preliminary Settlement 2045 Description

5.1 Reference Architecture Summary

The central feature of Settlement 2045 is a large habitable volume, constructed from local materials and supporting a self-sufficient biosphere with local agriculture. Figure 5-1 presents a high-level functional block diagram of the proposed Moon Village Settlement 2045 Reference Architecture. Based on the various factors above, a location has been chosen.

As illustrated in Figure 5-2, the lunar settlement would be located along the upper edge of a crater on the Earth slope of the south pole lunar ridge.

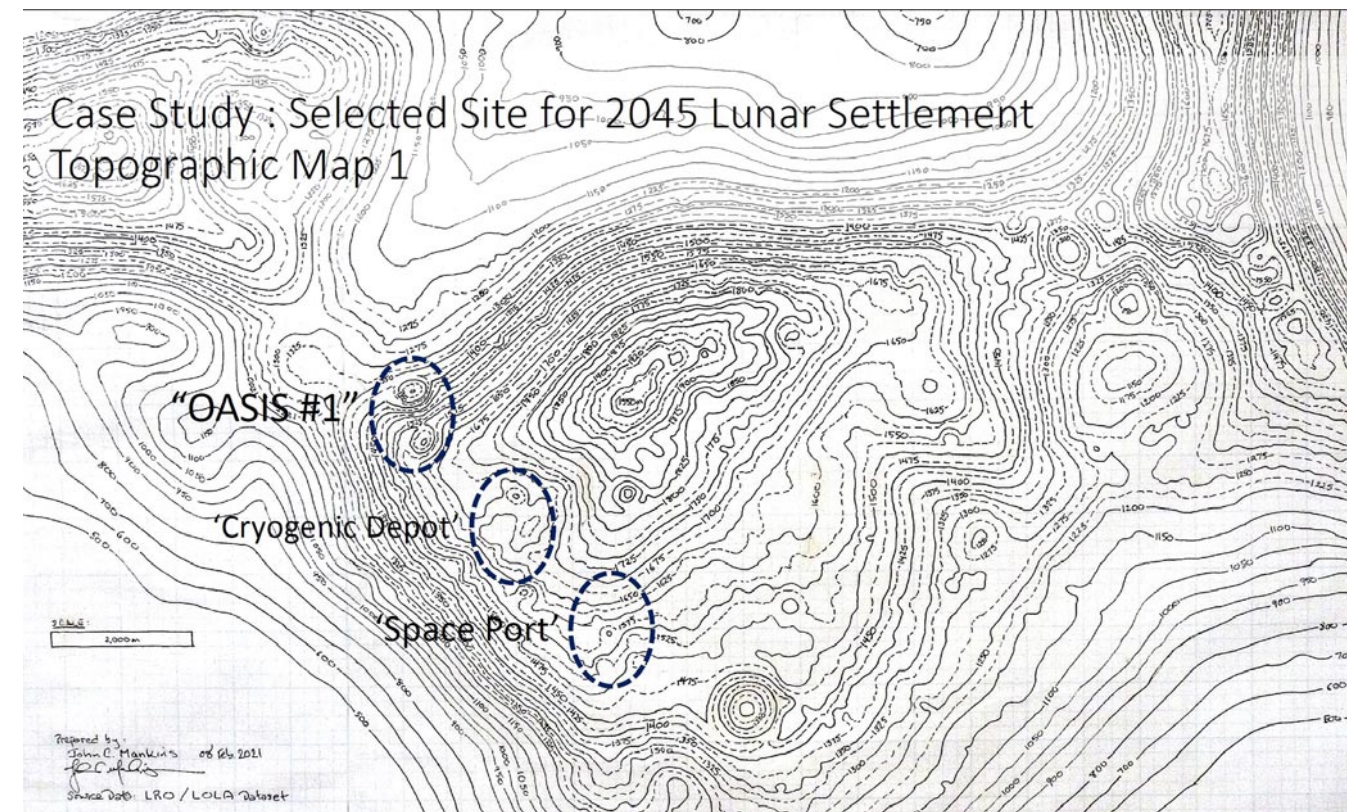
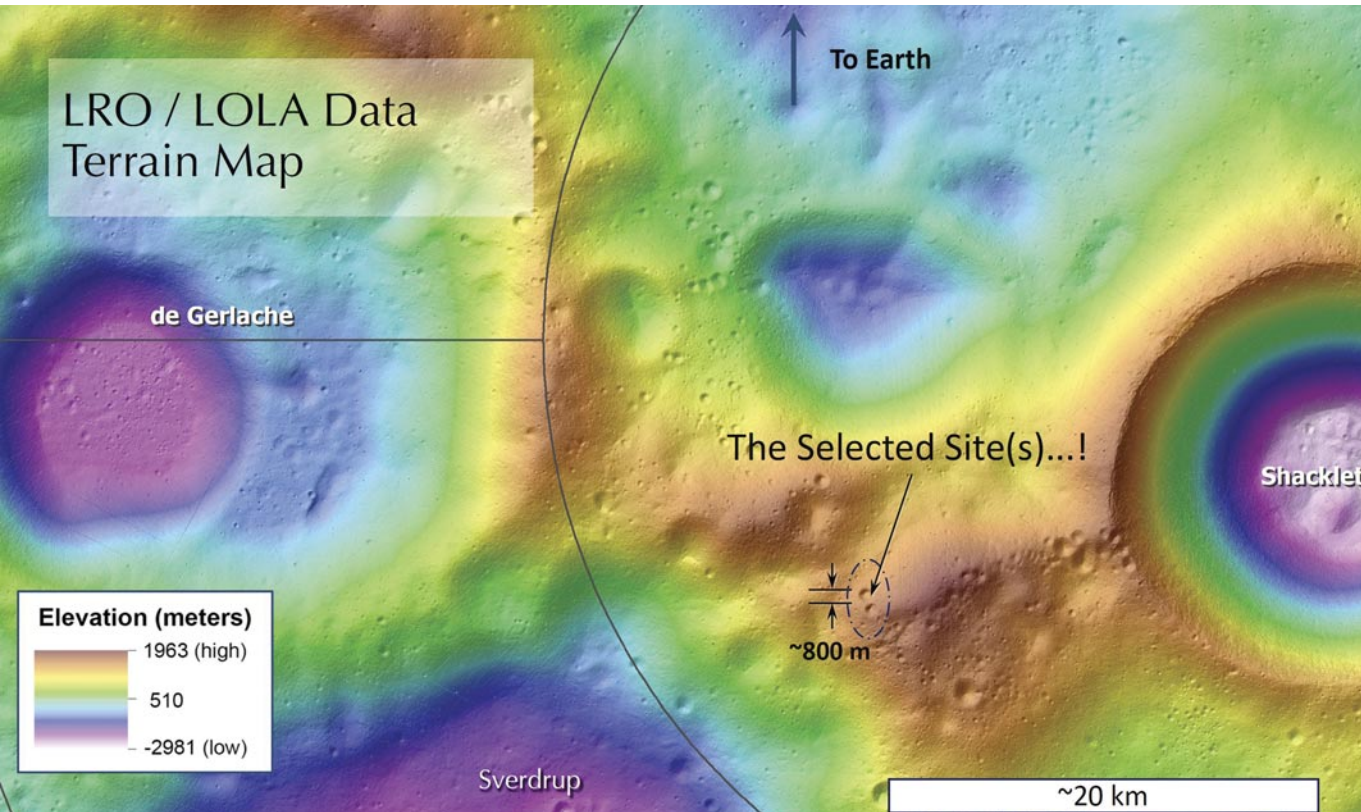
5. Description Préliminaire de la Colonie 2045

5.1 Résumé de l'Architecture de Référence

La caractéristique centrale de Colonie 2045 est un grand volume habitable, construit à partir de matériaux locaux et soutenant une biosphère autosuffisante avec une agriculture locale. La figure 5-1 présente un schéma fonctionnel de haut niveau de l'Architecture de Référence proposée pour la Colonie du Village Lunaire 2045. Sur la base des divers facteurs ci-dessus, un emplacement a été choisi.

Comme l'illustre la figure 5-2, la colonie lunaire serait située le long du bord supérieur d'un cratère sur le versant terrestre de la crête lunaire du pôle sud.

Figure 5-2 Moon Village Reference Architecture: Selected Location (Topographic derived from LRO data) - Credit: NASA LRO Dataset



5. 2 Elementi fondamentali dell'insediamento

Sulla Base dell'architettura di riferimento del progetto MV 2020-2021, è stata identificata una serie di "elementi costitutivi"; questi rappresentano i principali elementi funzionali che costituiranno l'insediamento.

- *Servizi comuni* comprese le comunicazioni e i sistemi di rete; localizzazione e navigazione; acquisizione immagini e rilevamento operativo; informatica e gestione dei dati; e generazione di energia.
- *Elementi costitutivi di trasporto e logistica*, compresi i *veicoli da spaziale* (spendibili, riutilizzabili, ecc.); *Sistemi di spazioporti*; *Concetti avanzati di lancio lunare*; e i *Sistemi di trasporto di superficie* (compreso il trasporto di equipaggio, merci e materiali).
- *Operazioni*, inclusa la mitigazione della polvere; sistemi di costruzione; trattamento e riciclaggio dei rifiuti fisici; tunnelling; e, produzione.
- *Elementi costitutivi legati alle risorse*, come le possibilità offerte dalla regolite lunare, l'esplorazione e la caratterizzazione delle risorse; sistemi minerari e capacità di estrazione delle risorse; e sistemi di elaborazione e gestione delle risorse.
- *Habitat e "biosfere" autonome*, compreso lo spazio abitativo (ambiente pressurizzato, aria, acqua, illuminazione, gestione termica, ecc.); protezione dalle radiazioni; sistemi agricoli; trattamento e riciclaggio dei rifiuti biologici
- *Operazioni umane e sanitarie*, compresi i sistemi EVA; camera d'equilibrio; Tute EVA; sistemi di mobilità personale; Sistemi di manutenzione EVA; sistemi di assistenza medica (cure d'emergenza, immunologia, cure chirurgiche, ecc.); e alleviamento della gravità lunare.
- *Sistemi robotici* (ad esempio, *surrogati e potenziamento umano*, inclusa un'ampia varietà di sistemi robotici essenziali per lo sviluppo della colonia e le operazioni successive - sia come surrogati dell'individuo che per supportarlo o aumentarne le capacità.
- Le missioni / payload scientifici includono tre categorie: (1) Scienze della luna (ad esempio, geofisica); (2) Scienza dalla Luna (come l'astrofisica); (3) Scienza sulla Luna (ad esempio, laboratori di ricerca e banchi di prova per Marte).

5.2 Settlement Building Blocks

Based upon the MV 2020-2021 Design Reference Architecture, a set of 'building blocks' have been identified; these represent major functional elements that will comprise the Settlement.

- *Utilities* including communications & network systems; position location and navigation; imaging & operational sensing; computing and data management; and, power generation & energy.
- *Transport & Logistics* building blocks including *Space Transport Vehicles* (Expendable, Reusable, etc.); *Spaceport Systems*; *Advanced Lunar Launch Concepts*; and, *Surface Transport Systems* (including transportation of crew, cargo and materials).
- *Operations*, including dust mitigation; construction systems; physical waste processing and recycling; tunneling; and, manufacturing.
- *Resources*-related building blocks such as capabilities related to lunar regolith, such as exploration for and characterization of resources; mining systems & resources extraction capabilities; and, resource processing & handling systems.
- *Habitation / Self-sustaining 'Biospheres'*, including habitable volume (pressure vessel, air, water, lighting, thermal management, etc.); radiation protection; agricultural systems; biological waste processing & recycling
- *Human Operations & Health*, including EVA systems; airlocks; EVA Suits; personal mobility systems; EVA maintenance systems; medical care systems (urgent care, immunology, surgical care, etc.); and, lunar-gravity mitigation.
- *Robotic Systems* (e.g., *Surrogates and human Augmentation*, including a wide variety of robotic systems essential to the development and subsequent operations of the settlement – both as surrogates for human actors and to augment or support them.
- *Science Missions / Payloads* include three categories: (1) Science of the Moon (e.g., geophysics); (2) Science from the Moon (such as astrophysics); and, (3) Science on the Moon (e.g., research laboratories and Mars testbeds).

5.2 Blocs de Construction de la Colonie

Sur la base de l'Architecture de Référence de conception MV 2020/21, un ensemble de « blocs de construction » a été identifié; ceux-ci les principaux éléments fonctionnels de la colonie.

- *Utilitaires*, y compris les systèmes de communication et de réseau; localisation de la position et navigation; imagerie et détection opérationnelle; informatique et gestion de données; et, production d'électricité et énergie.
- *Blocs de construction de transport et de logistique*, y compris les *Véhicules de Transport Spatial* (consommables, réutilisables, etc.); *Systèmes de Ports Spatiaux*; *Concepts Avancés de Lancement Lunaire*; et les *Systèmes de Transport de Surface* (y compris le transport de l'équipage, de la cargaison et des matériaux).
- *Opérations*, y compris l'atténuation de la poussière; systèmes de construction; traitement et recyclage des déchets physiques; creusement de tunnels; et, fabrication.
- *Blocs de construction liés aux ressources*, tels que les capacités liées au régolithe lunaire, telles que l'exploration et la caractérisation des ressources; systèmes d'exploitation minière et capacités d'extraction des ressources; et les systèmes de traitement et de manutention des ressources.
- *«Biosphères» d'habitation / autonomes*, y compris le volume habitable (appareil sous pression, air, eau, éclairage, gestion thermique, etc.); protection contre les radiations; systèmes agricoles; traitement et recyclage des déchets biologiques
- *Opérations humaines et santé*, y compris les systèmes EVA; sas; Costumes EVA; systèmes de mobilité personnelle; Systèmes de maintenance EVA; les systèmes de soins médicaux (soins d'urgence, immunologie, chirurgicaux, etc.); et atténuation de la gravité lunaire.
- *Systèmes robotiques* (*par exemple, substituts et augmentation humaine*), y compris une grande variété de systèmes robotiques essentiels au développement et aux opérations ultérieures de la colonie - à la fois comme substituts pour les acteurs humains et pour les augmenter ou les soutenir.

6. Valutazione dei risultati

Qui di seguito si riportano alcuni risultati e conclusioni principali ottenuti finora dal caso di studio, a partire dalla valutazione della fattibilità di fondo dell'insediamento. E, oltre alla fattibilità tecnica di vari "pezzi" di una colonia, c'è l'ulteriore questione della redditività economica.

6.1 Fattibilità tecnica della colonia

Per quanto riguarda i requisiti individuati (vedi sopra), una colonia lunare sembra tecnicamente fattibile, ma ci sono alcune importanti incognite che devono ancora essere risolte.

Ad esempio, la fattibilità biologica di una vita umana sana a lungo termine in un ambiente a bassa gravità, come quello della Luna (a circa 1/6 di gravità) deve ancora essere stabilita. Lo stesso vale per la salute di altri animali, piante, funghi e specie simili essenziali per la creazione di una biosfera sostenibile.

6.2 Strategia di interoperabilità

Diversi elementi costitutivi devono essere in grado di operare insieme tra loro e con altri sistemi che possono essere operativi sulla Luna.

Pertanto, "l'interoperabilità" sarà una caratteristica importante di qualsiasi colonia lunare in futuro. Il significato preciso di questo termine per sistemi lunari e cis-lunari è attualmente fluido, concentrandosi generalmente sull'interoperabilità di sistemi e reti di dati, e talvolta documentato a livello dettagliato, ma senza un quadro concettuale chiaro.⁴

Negli studi architettonici del Moon Village 2020-2021, viene utilizzata la seguente definizione: "L'interoperabilità è la capacità dei sistemi spaziali di tutti i tipi di interagire, comunicare e cooperare in modo sicuro, efficiente e conveniente - incluso ma non limitato a calcolo, posizionamento e navigazione, acquisizione immagini, sistemi fisici e interazioni e sistemi viventi e loro interfacce".

6. Assessment of Results

The following section presents some key results and findings from the case study thus far. These include begin with assessing basic settlement feasibility. And, beyond technical feasibility of various 'pieces' of a settlement, there is the additional issue of economic viability.

6.1 Settlement Technical Feasibility

In terms of the requirements identified (see above) a lunar settlement appears to be technically feasible, however there are some significant unknowns that must still be resolved.

For example, the biological feasibility of long-term healthy human life in a low-gravity environment, such as that of the Moon (at approximately 1/6th gravity) must still be established. The same is true for the health of other animals, plants, fungi and similar species essential to establishing a sustainable biosphere.

6.2 Strategy for Interoperability

Various building blocks must be capable of working together and with other systems that may be operating on the Moon. Hence, 'Interoperability' will be an important characteristic of any future lunar settlement. The precise meaning of this term for lunar and cis-lunar systems is fluid at present, usually focusing on interoperability for data systems and networks, and sometimes documented at the detailed level – but without a clear conceptual framework.⁴

For MV Architecture studies during 2020-2021, the following definition is used: "interoperability is the capability of space systems of all types to interact, communicate and cooperate safely, efficiently, cost-effectively and securely – including but not limited to computing, positioning and navigation, imaging, physical systems and interactions, and living systems & their interfaces".

- *Les missions scientifiques / charges utiles comprennent trois catégories: (1) Science de la Lune (par exemple, géophysique); (2) Science de la Lune (comme l'astrophysique); (3) Science sur la Lune (par exemple, laboratoires de recherche et bancs d'essai sur Mars).*

6. Évaluation des Résultats

La section suivante présente quelques résultats et conclusions clés de l'étude de cas jusqu'à présent. Il s'agit notamment de commencer par évaluer la faisabilité de base de l'établissement. Et, au-delà de la faisabilité technique de divers « morceaux » d'une colonie, il y a la question supplémentaire de la viabilité économique.

6.1 Faisabilité Technique de la Colonie

En ce qui concerne les exigences identifiées (voir ci-dessus), une colonie lunaire semble techniquement réalisable, mais il y a quelques inconnues importantes qui doivent encore être résolues. Par exemple, la faisabilité biologique d'une vie humaine saine à long terme dans un environnement de faible gravité, comme celui de la Lune (environ 1/6 de gravité) doit encore être établie. Il en va de même pour la santé d'autres animaux, plantes, champignons et espèces similaires essentielles à l'établissement d'une biosphère durable.

6.2 Stratégie d'Interopérabilité

Différents blocs de construction doivent être capables de fonctionner ensemble et avec d'autres systèmes qui peuvent fonctionner sur la Lune. « L'interopérabilité » sera une caractéristique importante de toutes colonies lunaires à l'avenir. La signification précise de ce terme pour les systèmes lunaires et cis-lunaires est fluide à l'heure actuelle, se concentrant généralement sur l'interopérabilité des systèmes et des réseaux de données, et parfois documentée au niveau détaillé - mais sans cadre conceptuel clair.⁴ Pour les études d'architecture MV au cours de la période 2020/21, la définition suivante est utilisée: « l'interopérabilité est la capacité des systèmes spatiaux de tous types à interagir, communiquer et coopérer de manière sûre, efficace, rentable et sécurisée - y compris, mais sans s'y limiter, le calcul, le positionnement et navigation, imagerie, systèmes physiques et interactions, et systèmes vivants et leurs interfaces. »

6.3 Sostenibilità economica della colonia

È probabile che "avamposti" - come la Stazione Spaziale Internazionale - possano essere schierati nello spazio cis-lunare e possibilmente sulla superficie lunare entro i prossimi 10 o 20 anni. Tuttavia, sembra improbabile che i governi investano i fondi per dispiegare e mantenere una colonia spaziale per motivi politici. Di conseguenza, oltre alla fattibilità tecnica, una colonia lunare deve essere anche economicamente sostenibile.

Ci sono solo pochi "mercati primari" per una colonia sulla superficie lunare. Questi si concentreranno sicuramente per molti anni sulla fornitura di beni e servizi ad attività governative pagate con denaro pubblico.. Tuttavia, all'inizio dello sviluppo, ci si può aspettare che ci saranno anche attività commerciali legate alla fornitura di beni e servizi ai visitatori privati della Luna, soprattutto se si realizzeranno le assunzioni base di questo caso studio riguardanti il trasporto a basso costo.

7. Riepilogo

L'umanità si sta espandendo verso la Luna, compresa l'esplorazione, la presenza umana e la scoperta e il potenziale sviluppo di risorse chiave, come il ghiaccio polare lunare.

Al fine di fornire un quadro dettagliato per la conduzione di studi, ricerca e sviluppo e investimenti commerciali, è stata sviluppata un'architettura di riferimento dal gruppo di lavoro MVA Architecture. Questa architettura di riferimento comprende diverse "zone", tra cui la regione polare sud della Luna, LLO, spazio cis-lunare e LEO.

Ovviamente è necessario l'esame più dettagliato di una colonia lunare nel luogo scelto. Lo studio ha identificato una serie di "incognite note" che devono essere affrontate, come l'impatto di 1/6 di gravità sugli organismi viventi per diverse generazioni. La sostenibilità economica deve essere ulteriormente esplorata. Tuttavia, l'idea di una Colonia 2045 appare tecnicamente fattibile.

6.3 Settlement economic viability

It is likely that 'outposts' – such as the International Space Station – may be deployed in cis-lunar space and perhaps on the lunar surface in the coming 10-20 years. However, it seems unlikely governments will invest the funds to deploy and maintain a space settlement for policy reasons.

As a result, in addition to technical feasibility, a lunar settlement must also be economically viable.

There are only a few 'primary markets' for a lunar surface settlement. These will certainly focus for many years on providing goods and services to government-sponsored activities.

However, from early in development it can be expected that there will also be commercial activities related to providing goods and services to private visitors to the Moon – particularly if the key assumption of this case study regarding low-cost transportation emerge.

7. Summary

Humanity is extending to the Moon, including exploration, human presence and discovery and potential development of key resources, such as lunar polar ice. To provide a detailed framework for the conduct of studies, R&D and business investments, a Reference Architecture has been developed by the MVA Architecture Working Group.

This Reference Architecture encompasses several "zones", including the South Polar region of the Moon, LLO, cis-lunar space and LEO.

More detailed consideration of a lunar settlement at the selected location is needed, of course. The study has identified a number of "known unknowns" that must be resolved – such as the impact of 1/6th gravity on living organisms over multiple generations. Economic viability remains to be studied further. Still, the concept of Settlement 2045 appears technically feasible.

6.3 Viabilité économique de la Colonie

Il est probable que des « avant-postes » - comme la Station spatiale internationale - puissent être déployés dans l'espace cis-lunaire et peut-être sur la surface lunaire dans les 10 à 20 prochaines années. Cependant, il semble peu probable que les gouvernements investissent les fonds pour déployer et maintenir une colonie spatiale pour des raisons politiques. En conséquence, en plus de la faisabilité technique, une colonie lunaire doit également être économiquement viable.

Il n'existe que quelques « marchés primaires » pour une colonie de surface lunaire. Celles-ci se concentreront certainement pendant de nombreuses années sur la fourniture de biens et de services aux activités parrainées par le gouvernement. Cependant, dès le début du développement, on peut s'attendre à ce qu'il y ait également des activités commerciales liées à la fourniture de biens et de services aux visiteurs privés de la Lune - en particulier si l'hypothèse clé de cette étude de cas concernant le transport à faible coût émerge.

7. Résumé

L'humanité s'étend jusqu'à la Lune, y compris l'exploration, la présence humaine et la découverte et le développement potentiel de ressources clés, telles que la glace polaire lunaire. Afin de fournir un cadre détaillé pour la conduite des études, de la R&D et des investissements commerciaux, une Architecture de Référence a été développée par le groupe de travail MVA Architecture. Cette Architecture de Référence englobe plusieurs « zones », y compris la région polaire sud de la Lune, LLO, l'espace cis-lunaire et LEO. Un examen plus détaillé d'une colonie lunaire à l'emplacement choisi est bien sûr nécessaire. L'étude a identifié un certain nombre d'« inconnues connues » qui doivent être résolues - comme l'impact de la gravité 1/6 sur les organismes vivants sur plusieurs générations. La viabilité économique reste à étudier plus avant. Pourtant, le concept de Colonie 2045 semble techniquement réalisable.

7. Glossaire des Acronymes / Glossary of Acronyms / Glossario degli acronimi

Architecture WG	Groupe de travail sur les concepts et les préoccupations architecturales de MVA <i>MVA Architectural Concepts and Concerns Working Group / Gruppo di lavoro MVA Architectural Concepts and Concerns</i>
BRLSS	Systèmes de maintien de la vie bio-régénératifs <i>Bio-Regenerative Life Support Systems / Sistemi di supporto vitale bio-rigenerativi</i>
CLPS	Services commerciaux de charge utile lunaire <i>Commercial Lunar Payload Services / Servizi commerciali di carico utile lunare</i>
CONOPS	Concept des opérations <i>Concept of Operations / Concetto di operazioni</i>
DLRE	Expérience du radiomètre lunaire Diviner («Diviner») <i>Diviner Lunar Radiometer Experiment (“Diviner”) / Esperimento con radiometro lunare Diviner (“Diviner”)</i>
DRA	Architecture de référence de conception <i>Design Reference Architecture / Architettura di riferimento del progetto</i>
ESA	Agence spatiale européenne <i>European Space Agency / Agenzia spaziale europea</i>
EMU	Unité de mobilité pour activités extravéhiculaires (EVA) <i>Extravehicular Activity (EVA) Mobility Unit / Unità di mobilità per attività extraveicolari (EVA)</i>
EVA	Activité extravéhiculaire (systèmes) <i>Extravehicular Activity (Systems) / Attività extraveicolare (sistemi)</i>
ISRU	Utilisation des ressources in situ <i>In Situ Resource Utilization / Utilizzo delle risorse in situ</i>
JAXA	Agence japonaise d'exploration spatiale <i>Japan Space Exploration Agency / Japanese Space Exploration Agency</i>
km	kilomètre / kilometer / chilometro
LOLA	Altimètre laser lunaire orbiteur <i>Lunar Orbiter Laser Altimeter / Altimetro laser lunare Orbiter</i>
LRO	Orbiteur de reconnaissance lunaire <i>Lunar Reconnaissance Orbiter / Lunar Reconnaissance Orbiter</i>
MV	Village lunaire / Moon Village / Lunar Village
MVAE	Élément d'architecture du village lunaire <i>Moon Village Architecture Element / Elemento architettonico del villaggio lunare</i>
MVA	Association du village lunaire <i>Moon Village Association / Lunar Village Association</i>
MW	mégawatt / megawatt / megawatt
NASA	Administration Nationale de l'Espace et de l'Aéronautique / National Aeronautics and Space Administration
NGO	Organisation non gouvernementale <i>Non-Governmental Organization / Organizzazione non governativa</i>
PSR	(Lunaire) Région ombragée en permanence <i>(Lunar) permanently-shadowed region / (Lunar) Area ombreggiata in modo permanente</i>
SSP	L'énergie solaire spatiale / Space Solar Power / Space solar energy
WG	Groupe de travail / Working Group
WPT	Transmission d'énergie sans fil <i>Wireless Power Transmission / Trasmissione di potenza wireless</i>

221

Les Références

1. Reference: downloaded on 18 August 2020, <https://moonvillageassociation.org/>
2. Reference: downloaded on 18 August 2020, <https://www.nasa.gov/content/commercial-lunar-payload-services>
3. Reference: downloaded 21 August 2020, https://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/spacecraft/index.html
4. Reference, downloaded on 22 August 2020: <https://www.internationaldeepspacestandards.com/>
5. “Lack of Exposed Ice Inside Lunar South Pole Shackleton Crater published in Science Express of Science Magazine”; Press Release from Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA); October 24, 2008.

Moon Village: bâtir une entreprise sur la lune

Yoshifumi Inatani, ISAS/JAXA, Tokyo, Japan

Moon Village: costruire una società sulla Luna

Moon Village... Come suona? Un villaggio sulla Luna sembra richiamare un numero considerevolmente elevato di persone che vivono sulla Luna e fanno qualcosa per guadagnarsi da vivere. Specie in confronto ai programmi spaziali esistenti come il programma Apollo per l'atterraggio lunare umano, la Stazione Spaziale Internazionale (ISS) e i programmi Artemis di nuovo sulla Luna, guidati da finanziamenti governativi, dove le persone che salgono a bordo di queste astronavi, stazioni e basi lunari sono molto poche e limitate ai cosiddetti astronauti che sono individui molto selezionati e altamente addestrati. Fanno di professione varie attività di ricerca ed esplorazione, pulizia e gestione ordinaria, e così via.

D'altra parte, ci si aspetta che coloro che vivono e si spera lavorino nel villaggio sulla Luna siano persone più ordinarie e comuni e non persone speciali come astronauti selezionati. Gli abitanti che vivranno, lavoreranno e si guadagneranno la vita, facendo affari come membri della cosiddetta "società" sulla Luna, saranno molti di più degli astronauti degli attuali programmi spaziali.

Facciamo un "esperimento mentale" pensando a come l'umanità potrà un giorno spostarsi e vivere in modo sostenibile in un'area lontana dal nostro pianeta madre. Sarà un buon esercizio per potenziare la nostra immaginazione verso il futuro pensando, ad esempio, come sopravviveremo in una situazione per qualche motivo diversa da quella terrestre, o anche nel nostro sistema solare.

Moon Village: Building a society on the Moon

Moon Village... How does it sound? A village on the Moon seems to be considerably large number of people living on the Moon, and doing something for making their lives. In comparison with the existing space programs such as Apollo program for human lunar landing, International Space Station (ISS) and Artemis programs again to the Moon, driven by government funding, where persons get onboard these spaceship, station and lunar basis are very limited to so called astronauts who are very selected and heavily trained personnel. They are doing various research works, housekeeping activities, exploration type of works, and so on, as a profession.

On the other hand, those who are living and hopefully working in the village on the Moon are expected to be more general and ordinary people and not special people like selected astronauts. Many more habitants than astronauts in the present space programs, will be living, working and making their lives, doing business as a member of so called "society" on the Moon.

Let us make a "thought experiment" for mankind to do a sustainable stay, live and immigrate in the far remote area from our mother planet. It will be a good exercise for enhancing our imagination toward the future, where, for example, we think about how we will survive in the situation where we cannot live on the earth for some reasons, or furthermore in our solar system, too.

Moon Village... Comment ça sonne? Un village sur la lune semble attirer un très grand nombre de personnes qui vivent sur la lune et font quelque chose pour gagner leur vie. Surtout par rapport aux programmes spatiaux existants tels que le programme Apollo pour l'atterrissage lunaire humain, la Station spatiale internationale (ISS) et les programmes Artemis Back to the Moon, soutenus par un financement gouvernemental, où les gens qui montent à bord de ces vaisseaux spatiaux, stations et bases lunaires sont très peu nombreux et limités aux soi-disant astronautes qui sont des individus très sélectionnés et hautement qualifiés. Ils s'engagent dans diverses activités de recherche et d'exploration, de nettoyage et de gestion courante, etc. D'un autre côté, on s'attend à ce que ceux qui vivent et, espérons-le, travaillent dans le village sur la Lune soient des gens plus ordinaires et ordinaires et non des gens spéciaux comme des astronautes sélectionnés. Les habitants qui vivront, travailleront et gagneront leur vie, faisant des affaires en tant que membres de la soi-disant « société » sur la Lune, seront bien plus que les astronautes des programmes spatiaux actuels

Faisons une « expérience de pensée » en réfléchissant à la manière dont l'humanité pourra un jour se déplacer et vivre de manière durable dans une zone éloignée de notre planète mère. Ce sera un bon exercice pour renforcer notre imagination vers l'avenir en pensant, par exemple, comment nous allons survivre dans une situation pour une raison autre que celle de la Terre, ou même dans notre système solaire.

Sarà molto lontano nel futuro, ma siamo sicuri dalla nostra conoscenza di fisica e astrofisica che queste cose accadranno certamente entro un periodo di tempo di milioni o miliardi di anni da ora. Considerazione sulla sopravvibilità dell'essere umano per immaginare come ci comporteremo e cosa faremo nel momento in cui il nostro pianeta non sarà più un buon posto in cui vivere. Alla fine della vita del sole, dobbiamo uscire dal nostro sistema solare per scoprire il posto in cui vivere in un altro sistema solare. In confronto a queste situazioni molto difficili per la sopravvivenza umana da qui a moltissimi anni, sembra abbastanza facile pensare di vivere sulla Luna. Allora prendiamocela comoda!

In un luogo di lavoro come la ISS o Artemis, un'attività professionale svolta da astronauti è pagata dal governo. Pensando alla società sulla Luna, invece, vivere e lavorare riguarderà persone più comuni che astronauti appositamente addestrati. Per costruire e far funzionare la società, saranno imposti molti nuovi requisiti e saranno necessarie molte nuove considerazioni, rispetto al lavoro governativo nei programmi ISS e Artemis. Queste considerazioni alimentano le seguenti domande.

Per quale motivo costruiamo la società sulla Luna? Di quanti individui è composta la società? Qual è l'obiettivo di una tale società? Qual è la fonte delle entrate? È un'attività governativa o del settore privato? Abbiamo bisogno di un'organizzazione o qualcosa come un governo locale per gestirla? Abbiamo bisogno di servizi pubblici per chi ci vive? Qual è la regola per governare questa società? e così via. Molte altre domande come queste emergeranno.

Cerchiamo quindi di migliorare il più possibile la nostra immaginazione per identificare e capire come potrà essere la società, e cosa succederà lì.

It will be far and far away in the future, but we are sure from our knowledge about physics and astrophysics that these things certainly happen within a time period of millions and billions of years from now on. Consideration of survivability of human-being for thinking about how we behave and conduct something for survival at the time when our planet is no longer a good place to live. At the end of the life of the sun, we have to get out of our solar system to find out the place to live in other solar system. In comparison with these very difficult situations for human survival after extremely many years from now on, it looks quite easy to live on the Moon. Then let us take it easy!

In a working place of ISS and Artemis type of human space activities, a professional job done by astronauts will be paid by government. Thinking about the society on the Moon, however, to live and work there will be done by more general people not by specially trained astronauts. In order to build and operate the society, many new considerations must be made and many new requirements will be imposed, rather than in the government job like in ISS and Artemis program. These considerations will raise following questions.

For what reason we build society on the Moon? How many habitants in the society, there? What is the objective of the society to be build? What is the revenue source? Is it an activity by government or by private sectors? Do we need an organization or something like a local government to operate it? Do we need public services for those who live? What is the rule for governing this society, and so on, and so on.

Many questions like these will arise. Let us enhance our imagination as much as possible to resolve and to figure out how the society is looking like, and also imagine what will be going on there.

Ce sera encore loin dans le futur, mais nous sommes sûrs d'après nos connaissances en physique et en astrophysique que ces choses se produiront certainement dans un laps de temps de millions ou de milliards d'années. Prise en compte de la capacité de survie de l'être humain pour imaginer comment nous allons nous comporter et ce que nous ferons lorsque notre planète ne sera plus un bon endroit pour vivre.

À la fin de la vie du soleil, nous devons sortir de notre système solaire pour savoir où vivre dans un autre système solaire. Par rapport à ces situations très difficiles pour la survie humaine pendant de nombreuses années à venir, il semble assez facile de penser à vivre sur la Lune. Alors allons-y doucement !

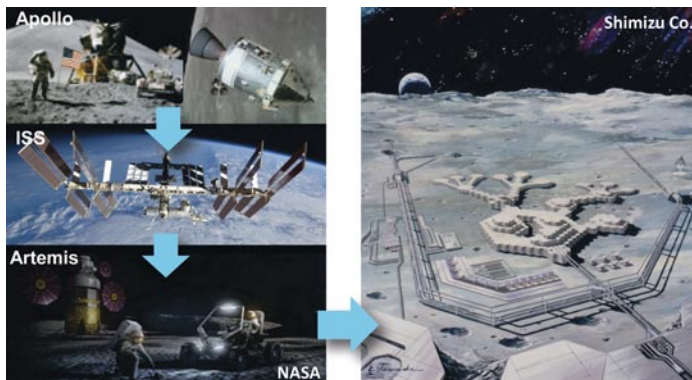
Dans un lieu de travail comme l'ISS ou Artemis, une activité professionnelle exercée par des astronautes est à la charge du gouvernement. En pensant à la société sur la Lune, cependant, vivre et travailler concernera plus de gens ordinaires que d'astronautes spécialement formés. Pour construire et exploiter l'entreprise, de nombreuses nouvelles exigences seront imposées et de nombreuses nouvelles considérations seront nécessaires, par rapport aux travaux du gouvernement dans les programmes ISS et Artemis.

Ces considérations alimentent les questions suivantes. Pourquoi bâtissons-nous la société sur la lune ? De combien d'individus la société est-elle composée ? Quel est le but d'une telle entreprise? Quelle est la source des revenus ? S'agit-il d'une entreprise du gouvernement ou du secteur privé? Avons-nous besoin d'une organisation ou de quelque chose comme un gouvernement local pour la faire fonctionner ? Avons-nous besoin de services publics pour ceux qui y vivent ?

Quelle est la règle pour gouverner cette société ? Etc.

De nombreuses autres questions comme celles-ci émergeront. Nous essayons donc d'améliorer au maximum notre imagination pour identifier et comprendre à quoi ressemblera la société et ce qui s'y passera.

Fig.1 Evolution of human space activity



Dobbiamo produrre “valore” per la sostenibilità

È vero che la ISS è stata costruita come un'infrastruttura orbitale "sostenibile" con equipaggio ed è tecnicamente una struttura in orbita sostenibile con operazioni logistiche continue e catena di approvvigionamento da terra. Subito dopo il completamento della costruzione della ISS, tuttavia, è sorta una domanda: quando chiuderla? Perché abbandonarla, se produce un certo qualsiasi "valore" rispetto al costo totale dell'investimento per la costruzione e il funzionamento della ISS? Ma forse questo non è successo.

Lo stesso varrà anche per il prossimo programma Artemis. Pertanto, se costruiamo una società in modo sostenibile, è assolutamente necessario creare valori in qualsiasi senso. Il valore potrebbe essere scientifico, economico, o entrambi, il significato dell'estensione dell'attività umana nello spazio, il valore della preparazione per la sopravvivenza umana e così via, qualunque esso sia.

Chi e quanti sono gli abitanti?

Dando uno sguardo al numero di membri dell'equipaggio nel programma spaziale, abbiamo avuto tre astronauti a bordo per ogni missione di volo nel programma Apollo da e per la superficie lunare. Per quanto riguarda la ISS, il numero massimo di membri dell'equipaggio è di sei.

Per il prossimo programma Artemis successore della ISS, si dice che più o meno lo stesso numero di astronauti rimarrà sulla Luna o in orbita lunare. Sono numeri ancora molto piccoli rispetto agli abitanti che ci si aspetta vivano come membri della "società" sulla Luna. Qual è il numero di persone appropriato come membri della società?

Il "numero di Dunbar" è basato sul concetto di "tutti conoscono tutti". Viene dalla considerazione del meccanismo di "raggruppamento" di scimmie relativamente intelligenti. Dipende dall'intellettualità della scimmia, ma vale anche per l'uomo.

We have to produce “value” for sustainability

It is true that ISS was built as a “sustainable” manned orbital infrastructure, and it is technically a sustainable on-orbit facility with continuously logistical operation and supply chain from the ground. Soon after the completion of the construction of ISS, however, a question arose when do we quit it? Why? If it produces a certain “value” in any sense, as compared with the total cost and expenditure for the ISS construction and operation, may be, it didn't happen. The same will be true for the next Artemis program, too. Therefore, if we build a society in sustainable manner, it is absolutely necessary to create values in any sense. The value could be either or both scientific, economical, the significance of extension of human activity into outer space, value of preparation for human survival, and so on, whatever it is.

Who are the inhabitants and How many?

Taking a look at the number of crew in the space program, three astronauts onboard for each flight mission in the Apollo program to and back from the Moon surface.

As for the ISS, the maximum number of crew is six. For upcoming Artemis program as the ISS follow on, they say more or less the same number of astronauts to stay on the Moon or on the lunar orbit. They are still far smaller than the number of inhabitants expected to live as the member of “society” on the Moon. How large number of people is appropriate as the member of the society?

An idea of “Dunbar's number” is a number of people “everybody knows everybody” basis. It is coming from the consideration of mechanism of “grouping” of relatively intelligent apes. It is depending upon the intellectuality of the ape including human. When it is applied to human, the number will be 150-200. Robin Dunbar; a primate social system researcher proposed the theory, which means there will be no rule needed for operating the group because they can communicate personally and directly each other.

Nous devons produire de la «valeur» pour la durabilité

Il est vrai que l'ISS a été construite comme une infrastructure orbitale « durable » habitée et est techniquement une installation orbitale durable avec des opérations logistiques continues et une chaîne d'approvisionnement au sol. Peu de temps après l'achèvement de la construction de l'ISS, une question s'est posée: quand la fermer ? Pourquoi l'abandonner, s'il est produit une « valeur » par rapport au coût d'investissement total de la construction et de l'exploitation de l'ISS? Mais peut-être que cela ne s'est pas produit. Il en sera de même pour le prochain programme Artemis.

Par conséquent, si nous construisons une société de manière durable, il est absolument nécessaire de créer des valeurs dans tous les sens. La valeur pourrait être scientifique, économique, ou les deux, l'importance de l'étendue de l'activité humaine dans l'espace, la valeur de la préparation à la survie humaine, etc., quelle qu'elle soit.

Qui et combien seront les habitants?

En regardant le nombre de membres d'équipage du programme spatial, nous avons trois astronautes à bord pour chaque mission de vol du programme Apollo à destination et en provenance de la surface lunaire. Quant à l'ISS, le nombre maximum de membres d'équipage est de six. Pour le prochain programme successeur d'Artemis à l'ISS, on dit qu'à peu près le même nombre d'astronautes resteront sur la lune ou en orbite lunaire. Ce sont encore des nombres très faibles par rapport aux habitants qui seront censés vivre en tant que membres de la « société » sur la Lune. Quel est le nombre approprié de personnes en tant que membres de la société ?

Le « nombre Dunbar » est basé sur le concept de « tout le monde connaît tout le monde ». Il vient de la prise en compte du mécanisme de « groupement » de singes relativement intelligents. Cela dépend de l'intellectualité du singe, mais cela s'applique également aux humains.

Applicato appunto all'essere umano, il numero che si trova è 150-200. Robin Dunbar, un importante ricercatore del sistema sociale, propone la teoria secondo cui sotto quel numero non saranno necessarie regole specifiche per far funzionare il gruppo perché gli individui possono comunicare personalmente e direttamente tra loro.

Al di là di questo numero, abbiamo bisogno di alcune regole per operare e gestire la comunità. Significa che un numero di persone superiore al numero di Dunbar deve essere gestito con alcune regole per governare il gruppo; in questo caso possiamo parlare di "società". In ogni caso si tratta di un numero molto elevato di persone rispetto a quelle dei programmi spaziali esistenti, come Apollo, ISS e Artemis, il che significa che saranno necessarie molte nuove considerazioni per un così grande numero di componenti della società nello spazio o addirittura sulla Luna. Assumendo "mille o più persone" nella società sulla Luna, come mostrato nella figura, un esperimento mentale su come la società appaia, operi e governi sarà un buon esercizio per migliorare la nostra immaginazione.

"Quanto durerà la permanenza?" è anche questa una delle nuove sfide. Una o due settimane per le missioni Apollo da e per la Luna; la permanenza più lunga sulla ISS è stata di sei mesi. Per le missioni verso la Luna del programma Artemis è previsto un soggiorno di 40 giorni sulla Luna secondo la pianificazione corrente.

Se costruiamo un Moon Village che sia sostenibile, il tempo di permanenza dovrà essere molto più lungo di questi.

Da uno a dieci anni? O ancora di più? Dalla nostra nascita alla morte, che significherebbe passare tutta la vita laggiù? Non si visiterà mai la terra? Prendendo in considerazione queste nuove situazioni, i vari modi di vivere diventano molto diversi da quelli degli attuali programmi spaziali. Il tempo rappresentativo per le generazioni successive sarà, ad esempio, lungo quanto il tempo della vita umana.

Beyond this number, we need some rules to operate and manage large number of group members. It means that the number of people larger than Dunbar's number is to be operated and managed with some rules to govern the group, which we can call it a "society". Any way it is a very large number of people in comparison with those in the existing space programs, such as Apollo, ISS and Artemis, which means many new considerations will be needed for such a large number of constituents of the society in space or even on the Moon. Assuming "a thousand and more population" in the society on the Moon, as shown in the Figure, a thought experiment how the society is looking like, operated, and governed will be a good exercise to enhance our imagination.

"How long do they stay?" is also one of the new challenges. One to two weeks for Apollo flight to and from the Moon, longer stay in ISS will be for half a year. For Artemis to the Moon, 40 days' stay is expected on the Moon for current planning.

If we build a Moon Village, as long as we say sustainable, the time we stay and live will be much longer than these. One year to ten years? Or longer than that? From our birth to death, which means spending whole life down there? One never visits the earth? When we take these new situations into our consideration, the various ways of making life becomes very much different from those in the present space programs.

The representative time for succeeding generation, for example, will be as long as the time of human life. Then, to know and predict what will be going on in terms of physical and humanity related issues, we do not have sufficient knowledge and experience about these yet, and our imagination must be enhanced on these contexts, too.

Appliqué précisément à l'être humain, le nombre trouvé est de 150 à 200. Robin Dunbar, un chercheur de premier plan sur le système social, a proposé la théorie selon laquelle, sous ce numéro, aucune règle spécifique ne sera nécessaire pour faire fonctionner le groupe, car les individus peuvent communiquer personnellement et directement les uns avec les autres. Au-delà de ce nombre, nous avons besoin de quelques règles pour faire fonctionner et gérer la communauté. Cela signifie que plus de personnes que du nombre de Dunbar doivent être gérées avec certaines règles pour gouverner le groupe; dans ce cas, on peut parler de « société ». Dans tous les cas, il s'agit d'un très grand nombre de personnes par rapport à celles des programmes spatiaux existants, tels qu'Apollo, ISS et Artemis, ce qui signifie que de nombreuses nouvelles considérations seront nécessaires pour un si grand nombre de membres de la société dans l'espace ou même sur la Lune. En supposant «un millier de personnes ou plus» dans la société sur la Lune, comme le montre la figure, une expérience de réflexion sur l'apparence, le fonctionnement et la gouvernance de la société sera un bon exercice pour améliorer notre imagination.

« Combien de temps durera le séjour ? » c'est aussi l'un des nouveaux défis. Une ou deux semaines pour les missions Apollo vers et depuis la Lune; le séjour le plus long sur l'ISS a été de six mois. Pour les missions Artemis sur la lune, un séjour de 40 jours sur la lune est prévu selon le calendrier actuel. Si nous construisons un village lunaire durable, le temps de résidence devra être beaucoup plus long que ceux-ci.

De un à dix ans ? Ou même plus ? De notre naissance à notre mort, que signifierait y passer toute notre vie ? La terre ne sera-t-elle jamais visitée ? Compte tenu de ces nouvelles situations, les différents modes de vie deviennent très différents de ceux des programmes spatiaux actuels. Le temps représentatif pour les générations suivantes sera, par exemple, aussi long que le temps de la vie humaine.

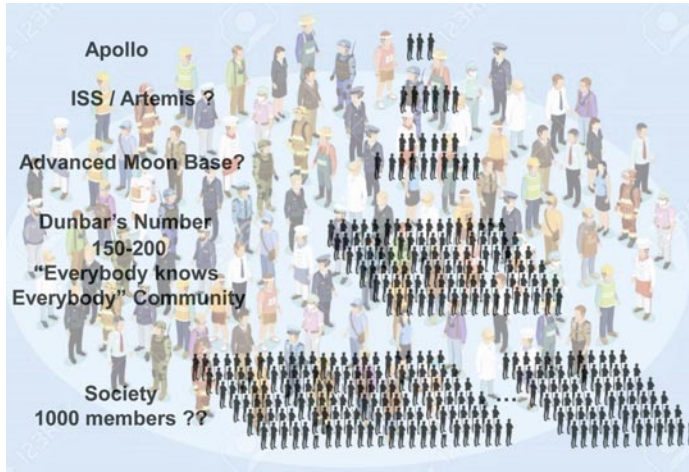


Fig.2 - How many people in the space system, community, society

Quindi, non abbiamo ancora conoscenze ed esperienze sufficienti per valutare e prevedere cosa accadrà per quanto riguarda gli aspetti fisici e umani; dobbiamo sviluppare una maggiore e migliore capacità di immaginazione in questi contesti.

Società per fare cosa? L'obiettivo della società?

Società, in senso generale, significa che tale forma associativa è naturalmente iniziata e cresciuta, senza che ne siano stati definiti compiti o obiettivi. Immaginiamo storicamente l'inizio di una società sulla terra: qualcuno arriva e si insedia, vive e procrea, cresce bambini, va a caccia, semina e coltiva, alleva il bestiame, sviluppa l'attività economica, la colonizzazione, l'industrializzazione...; questo è in effetti il modo naturale cui la società si sviluppa e cresce sulla terra.

D'altra parte, ci sono società create artificialmente, in quanto tali le abbiamo costruite con l'organizzazione dell'immigrazione, dell'agricoltura, dell'estrazione mineraria, tipiche attività umane per produrre ricchezza, ma anche la diffusione della religione, le invasioni e così via. La società crescerà in termini di dimensioni da villaggio a paese, a città, in modo proporzionale alla dimensione delle sue attività economiche con il mondo esterno. Quindi la popolazione della società diventa sempre più grande.

Per quale motivo costruiamo una società sulla Luna? Per fare scienza? Per mostrare le capacità umane? O fare affari? Un esercizio per dimostrare la nostra capacità di sopravvivenza nello spazio esterno, preparandoci per la sopravvivenza futura quando la terra diventerà un pianeta non più abitabile e il nostro sistema solare diventerà difficile da vivere perché si starà avvicinando la fine della vita del sole.

Quando pensiamo ad una comunità o un'organizzazione in un'area molto remota, possiamo fare riferimento a situazioni similari sulla terra. Ad esempio, possono essere situazioni di riferimento una base scientifica nell'area artica, navi da crociera, resort isolati?

Society to do something?

The objective of the society?

Society, as a general sense, means that it naturally began and grew, without defining task or objective of the society.

Let us imagine that the beginning of a society historically on earth. Starting with somebody to come and stay, live, make life, grow children, do hunting, planting and cultivation, cattle breeding, economical activity, colonization, industrialization... , which is the way of society to develop and grow naturally on earth. On the other hand, there are societies artificially made, as such we built it by organized immigration, plantation, mining, where we conduct human activity for making money, religion propagation, invasion, and so on. The society will be growing in terms of its scale from village, town to city, according to the growing size of the economic activities by the society in relation to the outside world. Then the population of the society becomes larger and larger.

For what reason, do we build society on the Moon? Doing science? Showing human capability? Making business? An exercise to demonstrate our capability for survival in the outer space, preparing for the future survival when the earth becomes non habitable planet any longer and our solar system become hard to live at a time when the end of the life of the sun approaches.

When we think about the example of the community or organization in far remote area, we can see similarities on earth.

These similar situations would be, for example, a science base in the arctic area, cruise-liners for traveling around, resort islands? Various resource mining and processing base, and so on, as shown in Figure 3. We can imagine how these societies are built and grown, what the operating and managing rules are, and how much the value or money it produces.

An organization which has a certain objective will be called "association". It has a common goal of human activity such as a commercial corporation undertaking for profit and commercial enterprise.

Par conséquent, nous n'avons pas encore suffisamment de connaissances et d'expérience pour évaluer et prédire ce qui se passera en ce qui concerne les aspects physiques et humains; nous devons développer davantage et de meilleures compétences imaginatives dans ces contextes.

Entreprise pour quoi faire? L'objectif de l'entreprise ?

La société, au sens général, signifie que cette forme associative a naturellement commencé et s'est développée, sans qu'aucune tâche ou objectif spécifique n'ait été défini. Nous imaginons historiquement le début d'une société sur terre: quelqu'un arrive et s'installe, vit et procréa, élève des enfants, chasse, sème et cultive, élève du bétail, développe l'activité économique, la colonisation, l'industrialisation ; c'est en effet la manière naturelle dont la société se développe et grandit sur terre. D'autre part, il y a des sociétés créées artificiellement, en tant que telles, nous les avons construites avec l'organisation de l'immigration, de l'agriculture, des mines, des activités humaines typiques pour produire de la richesse, mais aussi la propagation de la religion, les invasions, etc. La société grandira de village en ville, en ville, proportionnellement à la taille de ses activités économiques avec le monde extérieur. Ainsi, la population de l'entreprise devient de plus en plus grande.

Pourquoi bâtissons-nous une société sur la lune? Pour faire de la science ? Pour montrer les capacités humaines ?

Ou faire des affaires ? Un exercice pour démontrer notre capacité à survivre dans l'espace extra-atmosphérique, nous préparant à notre survie future lorsque la Terre devient une planète qui n'est plus habitable et que notre système solaire devient difficile à vivre à l'approche de la fin de la vie du soleil.

Quand on pense à une communauté ou à une organisation dans une région très éloignée, on peut se référer à des situations similaires sur terre. Par exemple, les situations de référence peuvent-elles être une base scientifique dans la région arctique, des bateaux de croisière, des stations isolées ?

Fig.3 - What similarity to the existing community/society on the earth

Varie basi per l'estrazione e la lavorazione di risorse e così via, come mostrato nella Figura 3. Possiamo immaginare come queste società siano costruite e cresciute, quali siano le regole operative e di gestione e quanto valore o denaro producano.

Un'organizzazione che ha un determinato scopo è chiamata "associazione". Ha un obiettivo comune dell'attività umana come un'impresa di società commerciale a scopo di lucro e impresa commerciale. D'altra parte, se l'organizzazione non ha un determinato scopo è chiamata "comunità"; mira all'uguaglianza, allo sviluppo di valori comuni, senza scopo di lucro, alla condivisione (vincolata) di un destino comune, e così via. Per ognuno di queste tipologie, il modo di far funzionare la società sarà diverso. Nel primo caso l'associazione (azienda) sarà organizzata per perseguire il profitto e il successo commerciale. Nel secondo caso, la comunità sarà naturalmente organizzata e composta da un gruppo di persone più democratico, piatto e orientato all'economia della condivisione.

Chi paga?

È vero che sarà necessaria un'enorme quantità di denaro per costruire la società sulla Luna. Immaginiamo che la costruzione della ISS da parte delle nazioni del mondo occidentale ben mature e la Russia abbia richiesto circa cento miliardi di dollari USA e che costi quattro miliardi di dollari ogni anno per gestione e manutenzione. Per il programma Artemis ci si aspetta la stessa scala di spesa, per pochi astronauti che soggiornano sulla Luna, numero di persone di gran lunga inferiore a quello della società a cui stiamo pensando ora. Poiché questi programmi sono di proprietà del governo, viene principalmente speso il denaro dei contribuenti. Resta da vedere se l'utilizzo dei soldi dei contribuenti crea un adeguato valore aggiunto, come ad esempio la significatività del mostrare le capacità umane nello spazio, migliorare la nostra conoscenza scientifica, dimostrare la capacità di futura sopravvivenza, come detto in precedenza.

On the other hand, that which does not have certain objective will be called "community" which aims at similarity for each other, common mental idea, non-profit, sharing (bound together by) a common destiny, and so on. For each of them, the way to operate the society will be different each other. The former one will be organized to pursue profit and success of the business. The latter will be naturally organized and be composed of more democratic, flat and sharing economy minded group of people.

Who pays for it?

It is true that huge amount of money will be needed in building society on the Moon. Imagine that the construction of ISS by well matured western world nations and Russia spent about hundred billion US\$ and it costs four billion US\$ every year to operate and maintain it. For Artemis program the same scale of expenditure will be expected, just for a few astronauts staying on the Moon, which is far smaller than the number of people in the society we are thinking about now. Since these programs are government owned and tax payers' money is spent mostly. It stands, if it creates a value appropriate for spending tax payers' money such as a significance of showing human capability in space, enhancing our science knowledge, demonstration of the future survivability as presented earlier.

Even for the well matured western nations such as US, Europe and Japan, however, it will be very difficult to spend orders of magnitude more money for space than is the programs in the past. ISS will also extend its life by introducing private sectors' activities such as tourism and hotel business.





For Covid19 pandemic, more than several trillion US\$ will be spent worldwide, which means larger amount of money is to be spent at the crisis of human survival. On the other hand, energy business, for example, as presented above is tremendous amount money is dealt with, as shown in the figure 3. "How do we raise the fund" and "who pays for it?" are ones of the most essential issues anyway.

Différentes bases d'extraction et de traitement des ressources, etc., comme le montre la figure 3. Nous pouvons imaginer comment ces entreprises sont construites et développées, quelles sont les règles de fonctionnement et de gestion, et combien de valeur ou d'argent elles produisent. Une organisation qui a un but particulier est appelée une « association ». Elle a un objectif commun de l'activité humaine en tant qu'entreprise commerciale à but lucratif et entreprise commerciale. D'un autre côté, si l'organisation n'a pas d'objectif spécifique, on l'appelle une « communauté »; Elle vise l'égalité, le développement de valeurs communes, non pour le profit, le partage (lié) d'un destin commun, etc. Pour chacun de ces types, le fonctionnement de la société sera différent. Dans le premier cas, l'association (l'entreprise) sera organisée pour rechercher le profit et le succès commercial. Dans le second cas, la communauté sera naturellement organisée et composée d'un groupe de personnes plus démocratique, plat et axé sur l'économie du partage.

Qui paye ?

Il est vrai qu'une énorme somme d'argent sera nécessaire pour construire la société sur la Lune. Pensez que la construction de l'ISS par les nations bien matures du monde occidental et de la Russie nécessite environ cent milliards de dollars américains et coûte quatre milliards de dollars par an pour la gestion et la maintenance. La même échelle de dépenses est attendue pour le programme Artemis, pour quelques astronautes qui restent sur la Lune, un nombre de personnes bien inférieur à celui de la société à laquelle nous pensons actuellement. Étant donné que ces programmes appartiennent au gouvernement, l'argent des contribuables est principalement dépensé. Il reste à voir si l'utilisation de l'argent des contribuables crée une valeur ajoutée adéquate, telle que l'importance de montrer les capacités humaines dans l'espace, d'améliorer nos connaissances scientifiques, de démontrer la capacité de survivre dans le futur, comme mentionné ci-dessus.

What similarity we can see? Science, vacation, resort and business

<p>Antarctic Science Base</p>  <p>Amundsen-Scott south pole station 200 in summer, 100 in winter (isolated)</p>	<p>Cruise Liner</p>  <p>3000 guest & 1000 operating crew</p>
<p>Yoron-island</p>  <p>Resort island in Japanese semi-tropical area 5000 habitants & 150 thousand tourists a year Annual revenue = \$1.3 million</p>	<p>Coal mining / Science Village</p>  <p>Longyearbyen & Ny Alesund Former Coal Mining Base operated by private company 2000 residents, 100 researchers & 30 operators</p>

A large scale mining business on the earth & annual revenue

<p>Vale: a Brazilian mining company, which produces steel and other metal mining including gold and rare metals: 35 % of world steel share. Annual revenue as of 2001 = 4 Billion US\$</p> 	<p>Mirny Diamond Mine: Russian Diamond Mine in Siberia. 99% of Russian diamond production, Annual production as of 1990th = 10,000,00 carat (2000kg), which is equivalent to several Billion US\$ / year</p> 
<p>Oil & LNG = fossil fuel businesses Annual revenue of one of the "Super Majors" are several 100 Billion US\$ & More than 10 majors are active, which is more than 10 times ISS-expenditure equivalent Energy business is "tremendously large"</p> 	<p>From Wikipedia</p>

Anche per le nazioni occidentali ben mature come Stati Uniti, Europa e Giappone, tuttavia, sarà molto difficile spendere per lo spazio molto più denaro rispetto ai programmi del passato. La vita della ISS sarà allungata anche con l'introduzione di attività del settore privato come il turismo e il commercio alberghiero.

A causa della pandemia COVID-19, molte migliaia di miliardi di dollari saranno spesi in tutto il mondo, il che significa che una maggiore quantità di denaro deve essere spesa per la sopravvivenza umana alla crisi. D'altra parte, il settore energetico ad esempio assorbe un'enorme quantità di denaro, come mostrato nella figura 3. "Come raccogliamo i fondi?" e "chi li paga?" sono comunque tra gli aspetti più essenziali.

Qual è la fonte di guadagno?

Come creiamo un valore o produciamo profitto sulla Luna? Quando facciamo affari sulla Luna, sarà facile immaginare due tipi di opportunità commerciali. Uno è l'attività di estrazione dalla superficie lunare o dal sottosuolo di risorse come acqua, metalli rari, materiali radioattivi, He3, e così via. L'acqua è molto preziosa, perché l'idrogeno è un elemento molto raro sulla Luna. In questo periodo ci stiamo concentrando sulla scoperta di "acqua" sotto forma di ghiaccio nella regione artica sulla Luna, che sarà utilizzata per il supporto vitale, utilizzata come vettore energetico e combustibili per la propulsione nei sistemi di trasporto verso e dalla Luna e ulteriori viaggi su Marte e oltre, a condizione che si realizzino sistemi di traffico spaziale intorno all'ecosistema che contiene Terra, Luna e Marte. Questo è previsto come una delle opportunità di business.

Un'altra opportunità sarà il turismo basato sul business. Turismo per visitare il bel posto panoramico sulla Luna e meravigliarsi nel fare esperienze che beneficiano dell'ambiente sulla Luna con un sesto della gravità terrestre.

What is the revenue source?

How do we create a value or produce profit on the Moon? When we do business on the Moon, following two kinds of business opportunities will be easily imagined. One is resource mining business such as water, rare metals, radio active materials, He3 and so on from the lunar surface or underground. Water is very precious, for the reason that Hydrogen is a very rare composition on the Moon. Through discussions these days we are focusing on finding out "water" as the shape of ice in the arctic region on the Moon, which will be used for the life support, utilized as an energy carrier and fuels for propulsion in the transportation systems to and from the Moon and further travel to Mars and beyond, under the condition when space traffic systems are established around the earth, moon and Mars ecosystem. This will be expected to one of the business opportunities.

Another opportunity will be a business-based tourism. Tourism for visiting the good and spectacular sight-seeing place on the Moon, and wonder in experiences enjoying environment on the Moon such as one sixth of gravity. In order to promote the tourism and carry tourists from the earth as a business, the transportation architecture in the Earth-Moon-Mars traffic networking or logistics infrastructure must be more and more advanced and sophisticated, and as a result, order-of-magnitude lower cost be achieved. If we build and operate it within two-order-of-magnitude cost reduction in the ground to LEO (low earth orbit) launch and return as it is done in the routine operation of civil aircraft today, and orbital transfer vehicle systems (OTVs) from LEO to the lunar orbit for many times' reuse is established, this business becomes realistic, where we can offer a ticket price to and back from the Moon will be reasonable for general public, as shown in the figure 4.

Ten thousand tourists every year to go and back from earth to the Moon, will be a good assumption for tourism on business-basis.

Cependant, même pour les pays occidentaux matures comme les États-Unis, l'Europe et le Japon, il sera très difficile de dépenser beaucoup plus d'argent pour aller dans l'espace que dans les programmes antérieurs. La durée de vie de l'ISS sera également prolongée avec l'introduction d'activités du secteur privé telles que le tourisme et l'hôtellerie.

En raison de la pandémie de COVID-19, plusieurs billions de dollars seront dépensés dans le monde, ce qui signifie que plus d'argent devra être dépensé pour la survie humaine dans la crise. D'un autre côté, le secteur de l'énergie par exemple absorbe une énorme somme d'argent, comme le montre la figure 3. « Comment levons-nous les fonds ? » et « qui les paie ? » cependant, ce sont parmi les aspects les plus essentiels.

Quelle est la source de revenus ?

Comment créer de la valeur ou réaliser des bénéfices sur la lune? Lorsque nous ferons des affaires sur la Lune, il sera facile d'imaginer deux types d'opportunités commerciales. L'une est l'activité d'extraction de ressources telles que l'eau, les métaux rares, les matières radioactives, He3, etc. de la surface lunaire ou souterraine. L'eau est très précieuse, car l'hydrogène est un élément très rare sur la lune.

Dans cette période, nous nous concentrons sur la découverte de « l'eau » sous forme de glace dans la région arctique sur la Lune, qui sera utilisée pour le maintien de la vie, utilisée comme vecteur d'énergie et carburant pour la propulsion dans les systèmes de transport vers et depuis la Lune et voyages ultérieurs sur Mars et au-delà, à condition que les systèmes de trafic spatial soient construits autour de l'écosystème qui contient la Terre, la Lune et Mars.

Cela devrait être l'une des opportunités commerciales.

Une autre opportunité sera le tourisme d'affaires. Tourisme pour visiter le magnifique endroit pittoresque sur la Lune et s'émerveiller de profiter de l'environnement sur la Lune avec un sixième de la gravité de la Terre.

Al fine di promuovere il turismo e sviluppare il business del trasporto di turisti dalla terra, l'architettura dei trasporti nella rete Terra-Luna-Marte o nell'infrastruttura logistica deve essere molto più avanzata e sofisticata, con costi di ordine di grandezza inferiori di quelli attuali. Se riusciremo a costruire e gestire sistemi di lancio da Terra a LEO (orbita terrestre bassa) con una riduzione di costi di due ordini di grandezza, andando e tornando come avviene oggi nelle operazioni di routine degli aerei civili, e sistemi di veicoli di trasferimento orbitale (OTV) dal LEO all'orbita lunare più molte volte riutilizzabili, questo business diventerà realistico con un prezzo del biglietto da e per la Luna ragionevole per il pubblico in generale, come mostrato nella figura 4. Diecimila turisti ogni anno per andare e tornare dalla Terra alla Luna, sarà un buon presupposto per il turismo per affari. Su questa base, ci rendiamo conto che 30 passeggeri al giorno per andare e tornare dalla Luna necessitano che l'architettura dei trasporti suddetta sia assolutamente operativa.

Iniziativa imprenditoriale come l'estrazione mineraria, l'energia, i combustibili per la propulsione e il turismo, richiedono che siano stabilite regole commerciali su come operare e gestire queste organizzazioni, regolamentazione e licenze di sicurezza, sistemi di tassazione e così via. Queste faranno parte delle regole per far funzionare la società come un'impresa a scopo di lucro, il che significa creare valore.

L'architettura ISRU (In-Situ Resource Utilization) è una delle sfide tecniche più importanti, che prevede che utilizzeremo al massimo le risorse sulla Luna. Verranno sviluppate la cosiddetta agricoltura spaziale e le tecnologie per riciclare le risorse, come illustrato nella figura 5.

Quindi saremo in grado di ridurre i materiali e le risorse da trasportare dalla terra. Quando saremo in grado di utilizzare l'ISRU e avremo ridotto economicamente la dipendenza dalla terra, la relazione tra la società sulla Luna e la terra sarà cambiata.

On this assumption, 30 passengers every day to go and back from the Moon, where we realize that the transportation architecture as presented above will absolutely necessary. When we do these business-based ventures such as mining, energy, fuels for propulsion, and tourism, business rules how to operate and manage these organizations, safety regulation and licensing, taxation systems, and so on must be established. These will be a part of rules to operate the society as a business for profit, which means creating value.

ISRU (In-situ resource utilization) architecture, where we use resources on the Moon as much as possible, is one of the most important technical challenges, where we will make maximum use of resources on the Moon. So called space agriculture and technologies to recycle the resources will be developed, as presented in the Figure 5. Then we will be able to reduce stuff and resources to be carried from the earth. When we conduct ISRU and to reduce dependency to the earth economically, the relation between the society on the Moon and the earth will be changed. Enhancing independency from earth will leads society to be standing alone. Even in such a situation, the society should be operated democratic. It also should be a local but multi-national government-type of operating body. The relation between the society on the Moon and government/nations on earth should not be subject to geopolitics on the Earth.

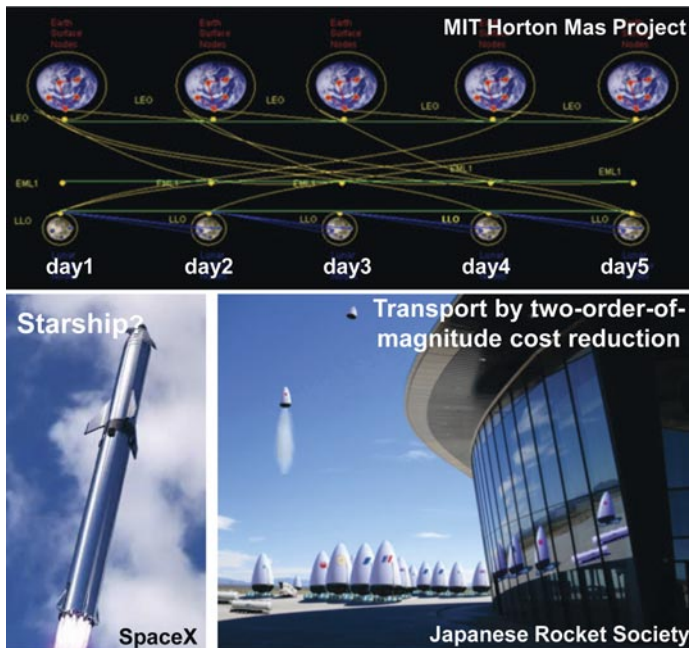
A legal framework which realizes these desirable relations and a rule for jurisdiction with flexibility will be necessary.

Afin de promouvoir le tourisme et de développer l'activité de transport des touristes depuis la Terre, l'architecture de transport dans le réseau Terre-Lune-Mars où dans l'infrastruttura logistica doit être beaucoup plus avancée et sophistiquée, avec des coûts d'un ordre de grandeur inférieurs à ceux actuels. Si nous pouvons construire et exploiter des systèmes de lancement sol-LEO (orbite terrestre basse) avec une réduction des coûts de deux ordres de grandeur, des allers-retours comme c'est le cas aujourd'hui dans les opérations aériennes civiles de routine et les systèmes de véhicules de transfert orbital (OTV) de LEO à l'orbite lunaire plus de nombreuses fois réutilisables, cette activité deviendra réaliste avec un prix de billet raisonnable pour le grand public de et vers la Lune, comme le montre la figure 4. Dix mille touristes chaque année de la Terre à la Lune sera une bonne condition préalable au tourisme d'affaires. Sur cette base, nous nous rendons compte que 30 passagers par jour pour aller et revenir de la Lune auront besoin de l'architecture de transport susmentionnée pour être pleinement opérationnelle.

Les entreprises commerciales telles que l'exploitation minière, l'énergie, les carburants de propulsion et le tourisme exigent que des règles commerciales soient établies sur la manière de faire fonctionner et de gérer ces organisations, la réglementation et les licences de sécurité, les systèmes de taxation, etc. Celles-ci feront partie des règles de gestion de l'entreprise en tant qu'entreprise à but lucratif, ce qui signifie créer de la valeur.

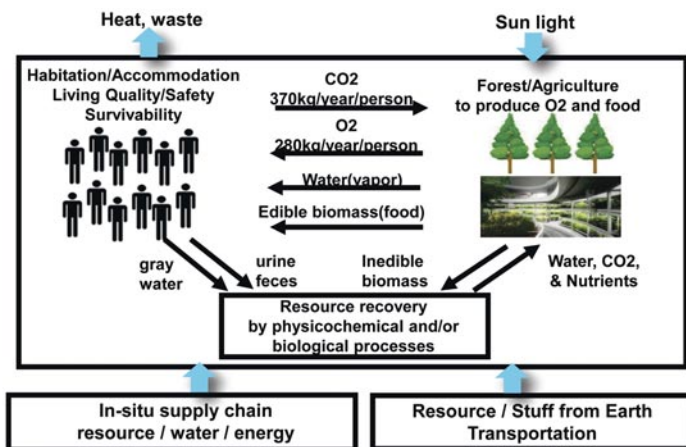
L'architecture d'utilisation des ressources in situ (ISRU) est l'un des défis techniques les plus importants, qui prédit que nous tirerons le meilleur parti des ressources sur la Lune. L'agriculture dite spatiale et les technologies de recyclage des ressources seront développées, comme l'illustre la figure 5. Ensuite, nous pourrons réduire les matériaux et les ressources à transporter depuis la terre.

Fig.4 - A traffic network and logistics by routine flight to and from Moon



Migliorare l'indipendenza dalla terra porterà la società ad essere autosufficiente. Anche in una tale situazione, la società dovrebbe essere gestita in modo democratico, da un ente operativo di tipo governativo locale ma multinazionale. La relazione tra la società sulla Luna e il governo/le nazioni sulla Terra; sarà necessario un quadro giuridico che realizzi con flessibilità queste auspicabili relazioni e una giurisdizione.

Fig.5 - ISRU: Closed Cycle Environmental Control, Food, Resource & Energy for human life support



Come creiamo la vita sulla Luna per la sostenibilità a lungo termine?

Pensare sul lungo periodo alla sostenibilità e all'indipendenza della società sulla Luna e al suo funzionamento è importante non solo per le persone che lavorano lì per affari, ma anche per le persone che gestiscono e supportano la società come bravi cuochi, addetti alle pulizie, lavoratori essenziali per il mantenimento della società in buona forma. Si dice e si discute che i robot potranno svolgere il ruolo di questi lavoratori, tuttavia, una società in buona forma non può che essere gestita da esseri umani. Sarà desiderabile per ragioni di umanità. Panettieri, macellai, assistenti di asili nido, insegnanti di scuola, dottori e altri devono essere veri esseri umani? Oppure queste funzioni posso essere svolte da robot, intelligenza artificiale (AI) o tele-operazioni? Quale ti piace di più come società umana?

La società sulla Luna non sarà una fabbrica di macchine o una pianta non biologica che mira ad un'efficacia estrema, ma una società umana. I membri della famiglia di queste persone saranno anche partner importanti per vivere insieme e procreare come si fa sulla terra, per ragioni di umanità. Quindi dobbiamo ammettere di prenderci cura a vicenda, dalla nascita alla morte, e crescere i bambini. Per fare ciò, avremo bisogno di servizi pubblici, asili nido, scuola, ospedale, polizia, tribunale e così via. Anche un buon tenore di vita per la famiglia e gli abitanti di tutte le generazioni sarà una delle cose importanti.

How do we make life on the Moon for long time sustainability?

Thinking very long duration sustainability and independency of the society on the Moon and its operation, not only the working people for making business there but also people who keep and operate the society for various jobs, such as good cooks, housekeeping, essential workers for keeping society in good shape. There will be an idea and discussion where robots can play the roles of these working people as a replacement, however, a society in good shape is operated by human. It will be desirable for humanity reason. Bakeries, butchers, kinder garden nurses, school teachers, doctors, and others are to be real human? or by robot, Artificial Intelligence (AI) or tele-operation? Which do you like better as a human society? Because the society on the Moon will not be a machine factory or non-organic plant aiming at an extreme effectiveness, but a human society.

Family members of these people will also be important partners to live together for making life as it is done on the earth, for humanity reasons. Then we have to admit to take care each other, birth and death, and growing children there.

In order to do so, we will need public services, kinder garden, school, hospital, police, court, and so on. Good living standard for family and all generation habitants will also be ones of the important things. After many years of time the society goes on, people come and out, be born and get died.

As a result, a discussion about what type of population distribution in terms of age, will occur for the society on the Moon.

Should it be left to natural processes? Should it be under control by someone who manage the society? Generally, it is extremely difficult to maintain so called "population pyramid" in a good and desired shape for long term sustainability, even if it is on the earth. The same is true on the Moon, too.

Lorsque nous serons en mesure d'utiliser ISRU et que nous aurons économiquement réduit notre dépendance vis-à-vis de la Terre, la relation entre les sociétés sur la Lune et la Terre aura changé. L'amélioration de l'indépendance de la terre conduira la société à être autosuffisante. Même dans une telle situation, l'entreprise devrait être gérée démocratiquement, par un organisme d'exploitation de type gouvernemental local mais multinational. La relation entre la société sur la Lune et le gouvernement / les nations sur terre ne devrait pas être soumise à la géopolitique sur Terre; il faudra un cadre juridique qui assure de manière flexible ces relations souhaitables et une juridiction.

Comment créons-nous la vie sur la Lune pour une durabilité à long terme ?

Une réflexion à long terme sur la durabilité et l'indépendance de l'entreprise sur la Lune et son fonctionnement est importante non seulement pour les personnes qui y travaillent pour les affaires, mais aussi pour les personnes qui gèrent et soutiennent l'entreprise telles que les bons cuisiniers, les nettoyeurs, essentiels travailleurs pour maintenir l'entreprise en bonne forme. Il est dit et discuté que les robots pourront jouer le rôle de ces travailleurs, cependant, une société en bonne forme ne peut être dirigée que par des humains. Ce sera souhaitable pour des raisons d'humanité. Les boulangers, les bouchers, les aides-garderies, les instituteurs, les médecins et autres doivent-ils être de véritables êtres humains ? Ou ces fonctions peuvent-elles être exécutées par des robots, l'intelligence artificielle (IA) ou des télé-opérations ? Qu'aimez-vous le plus en tant que société humaine ? La société sur la lune ne sera pas une usine de machines ou une plante non biologique visant une efficacité extrême, mais une société humaine.

Les membres de la famille de ces personnes seront également des partenaires importants pour vivre ensemble et procréer comme cela se fait sur terre, pour des raisons d'humanité.

Dopo molti anni la società va avanti, le persone vanno e vengono, nascono e muoiono. Di conseguenza, è importante riflettere sulla distribuzione in termini di età della popolazione della società sulla Luna. La questione dovrebbe essere lasciata ai processi naturali? Dovrebbe essere posta sotto il controllo di qualcuno che gestisce la società? In generale, sulla Terra è estremamente difficile mantenere la cosiddetta "piramide della popolazione" in una condizione buona e desiderata in termini di sostenibilità a lungo termine.

Lo stesso vale anche sulla Luna.

Oltre alle sfide tecniche e alle nuove situazioni orientate alla società sopra menzionate, gli aspetti relativi alle scienze della vita umana sono pure tra le questioni più importanti. Per la vita e il lavoro sulla Luna, l'ambiente dovrebbe essere preparato artificialmente: l'aria da respirare, il cibo, le radiazioni, la gravità, e così via. Dovremo essere in grado di gestire la composizione e la pressione atmosferica; il cibo sarà disponibile grazie all'agricoltura spaziale e all'attuale livello di maturità tecnologica dall'ISS e da altri programmi e ricerche spaziali. Il pericolo di radiazioni è rilevante, ma sarà risolto grazie all'adozione di misure di protezione con uso di regolite lunare e/o di altre contromisure. L'effetto della bassa gravità non è oggi ben noto e compreso, ma si risolverà grazie ad una permanenza molto più lunga rispetto alla ISS. In ogni caso, gli umani prepareranno l'ambiente sulla Luna così come è sulla Terra, oppure dovranno cercare di adattarsi al nuovo ambiente per soggiorni molto più lunghi o per tutta la loro vita sulla Luna.

In addition to above mentioned technical challenges and society oriented new situations, the human life science issues are also ones of the most important issues. In any sense, when we are living and working on the Moon, the environment for human life should be prepared artificially, such as air to breath, food, radiation, gravity, and so on.

Atmosphere composition and air pressure we will be able to manage. Food will be ready by space agriculture and by existing technical maturity level from ISS and other space program and research.

A radiation hazard is very tough, but, it will also be resolved by protecting measures made use of lunar regolith and/or other counter measures. Effect of low gravity, on the other hand, is not well known and understood, however, it will be resolved for much longer stay than in the ISS. In any case, human will prepare the environment on the Moon, as it is on the earth, or Do we have to try to adjust and to accommodate ourselves to the new environment for much longer stay or throughout their entire life on the Moon.

Nous devons donc admettre que nous nous soucions les uns des autres, de la naissance à la mort, et qu'on élève des enfants. Pour ce faire, nous aurons besoin des services publics, des jardins d'enfants, des écoles, des hôpitaux, de la police, des tribunaux, etc. Un bon niveau de vie pour la famille et les habitants de toutes les générations sera également l'une des choses importantes. Après de nombreuses années, la société évolue, les gens vont et viennent, naissent et meurent.

Par conséquent, il est important de réfléchir à la répartition par âge de la population de la société sur la Lune. La question doit-elle être laissée aux processus naturels ? Doit-elle être placée sous le contrôle de quelqu'un qui dirige l'entreprise ? En général, il est extrêmement difficile sur Terre de maintenir la soi-disant « pyramide des âges » dans un bon état souhaité en termes de durabilité à long terme. La même chose sera vraie sur la Lune.

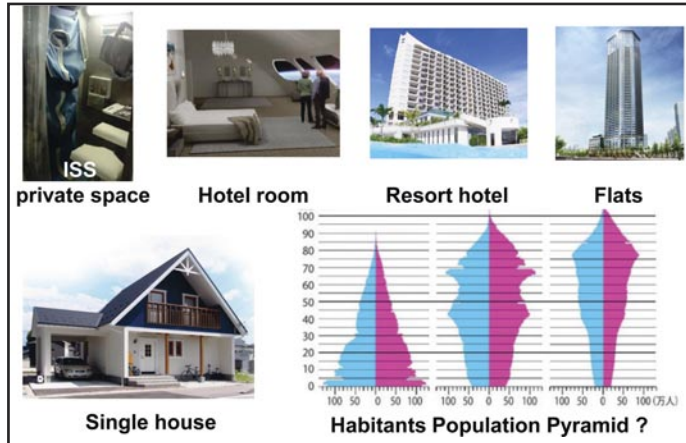
Outre les défis techniques et les nouvelles situations sociétales évoqués ci-dessus, les aspects relatifs aux sciences de la vie humaine figurent également parmi les questions les plus importantes. Pour la vie et le travail sur la Lune, l'environnement doit être artificiellement préparé: air à respirer, nourriture, rayonnement, gravité, etc.

Nous devons être capables de gérer la composition et la pression atmosphérique; la nourriture sera disponible grâce à l'agriculture spatiale et au niveau actuel de maturité technologique de l'ISS et d'autres programmes et recherches spatiaux. Le risque de rayonnement est important, mais sera résolu grâce à l'adoption de mesures de protection avec l'utilisation du régolithe lunaire et / ou d'autres contre-mesures.

L'effet de la faible gravité n'est pas bien connu et compris aujourd'hui, mais il se résoudra grâce à un séjour beaucoup plus long que l'ISS.

Dans tous les cas, les humains prépareront l'environnement sur la Lune tel qu'il est sur Terre, ou ils devront essayer de s'adapter au nouvel environnement pour des séjours beaucoup plus longs ou toute leur vie sur la Lune.

Fig.6 - What Living quality? Residence for workers or families? What is the desirable population distribution of sustainable human society.



Verso il nostro futuro.

Come discusso qui in questo articolo, una società da costruire è un mondo completamente diverso rispetto al presente programma spaziale. Artemis, ad esempio, sarà solo il primo passo di partenza verso l'obiettivo, il che significa che saranno necessari molti altri passi da sviluppare oltre Artemis.

Con l'obiettivo finale di costruire una società sostenibile, sulla base della tecnologia dei giorni nostri, le generazioni successive e la crescita dei bambini in un'area remota nell'habitat lunare sono punti critici da prevedere e risolvere. In definitiva, possiamo risolvere queste difficoltà facendo la stessa vita esattamente come facciamo sulla terra, o creando una vita diversa adattandoci al diverso ambiente nello spazio.

In quest'ultimo caso, ci ritroveremo a tornare sulla terra come un essere umano diverso, o sarà difficile riadattarci all'ambiente terrestre? Si tratterà di una questione di scelta. Lascio questa domanda alle generazioni future. Ma con la certezza che questo scenario si verificherà entro un certo tempo da ora.

Dobbiamo essere pronti per questo.

Toward our future.

As discussed here in this essay, a society to be built is a totally different world in comparison with the present space program. Artemis, for example, will be just the first starting step toward the goal, which means many more steps beyond Artemis will be needed to develop.

In order to build sustainable society as a final goal, succeeding generation and growing children in the far remote area under lunar environment in many senses are also difficult to resolve and to predict what will be going on, by technology of present day.

Ultimate thinking will tell us, however, that we can resolve these difficulties by making the same life exactly as we do on the earth, or by making different life and by adapting to the different environment in space, which means we come back to the earth as a different human, or difficult to adjust ourselves again to the earth environment?

This will be a question of choice. I leave this question to the future generations. But, within a certain time from now on, it certainly happens.

We have to be ready for that.

Vers notre avenir

Comme discuté ici dans cet article, une société à construire est un monde complètement différent du programme spatial actuel. Artemis, par exemple, ne sera que le premier pas vers l'objectif, ce qui signifie que de nombreuses étapes supplémentaires seront nécessaires pour se développer au-delà d'Artemis.

Dans le but ultime de construire une société durable, fondée sur la technologie moderne, les générations successives et l'éducation des enfants dans une région éloignée de l'habitat lunaire sont des points critiques à prédire et à résoudre.

En fin de compte, nous pourrions résoudre ces difficultés en faisant la même vie exactement comme nous le faisons sur terre, ou en créant une vie différente en nous adaptant à l'environnement différent de l'espace.

Dans ce dernier cas, reviendrons-nous sur terre en tant qu'être humain différent, ou sera-t-il difficile de se réadapter à l'environnement terrestre? Ce sera une question de choix.

Je laisse cette question aux générations futures. Mais avec la certitude que ce scénario se produira d'ici un certain temps. Nous devons être prêts pour cela.

Dalla parte degli Insediamenti Spaziali

C'è una costante che accompagna e segna profondamente ogni pietra miliare della storia umana, fungendo da limite al di là del quale è naturale proseguire sulla via del progresso e dietro al quale non ha più alcun senso tornare, poiché nel guardarsi alle spalle l'essere umano si è reso conto della parzialità e incompletezza della visione che fino ad allora aveva assodato come verità assoluta e incrollabile.

Ogni passo fondamentale verso il futuro comporta un cambio di prospettiva: è stato così ai tempi della scoperta del vecchio mondo prima che del nuovo, ed è stato particolarmente così in seguito a tutte le scoperte scientifiche che ci hanno permesso di trovare la nostra dimensione nel cosmo, condannandoci allo stesso tempo a perdere definitivamente quella convinzione di essere il centro del Tutto a cui per millenni il limite della conoscenza ci aveva condotti.

In ambito scientifico l'abbandono di ogni teoria geocentrica è da qualche secolo un dato di fatto. Non avendo mai perso l'istinto tutto umano di interrogarci sulla realtà e di spingerci oltre i nostri limiti, ce ne siamo serviti per muovere i primi passi fuori dalla culla terrestre in cui siamo nati, consci della finitezza del Piccolo puntino Blu che chiamiamo casa e delle sue risorse, consapevoli della sua posizione piuttosto defilata nella periferia di una galassia di medie dimensioni tra milioni di altre.

Nel farlo, in uno straordinario slancio di responsabilità, ci siamo dati delle leggi ben precise che regolano il nostro rapporto con l'Universo.

On the Side of the Space Settlements

There is a constant that accompanies and deeply marks every milestone in the history of mankind, a limit beyond which it is natural to continue on to the path of progress and behind which it no longer makes sense to return, since in looking back the human being realized the partiality and incompleteness of the vision that, until that moment, as established an absolute and unshakable truth.

Every fundamental step towards the future involves a change of perspective: it was true at the time of the discovery of the old world before the new one, and it was particularly accurate after all the scientific discoveries that allowed us to find our dimension in the cosmos, at the same time condemning us to lose the conviction of being the center of the Whole to which the limited knowledge had led us to believe for millennia.

In the scientific field, the abandonment of any geocentric theory has been a fact for some centuries. Having never lost the all-human instinct to question ourselves about reality and to push ourselves beyond our limits, we used it to take the first steps out of the earthly cradle in which we were born, aware of the finiteness of the pale blue dot that we call home and its resources, conscious of its rather secluded position on the periphery of a medium-sized galaxy among millions of others.

In doing so, in an extraordinary rush of responsibility, we have given ourselves very specific laws that regulate our relationship with the Universe.

Il existe une constante qui accompagne et marque profondément chaque étape de l'histoire humaine, agissant comme une limite au-delà de laquelle il est naturel de poursuivre sur la voie du progrès et derrière laquelle il n'y a plus de sens à revenir, parce qu'en regardant derrière soi, l'être humain s'est rendu compte de la partialité et de l'incomplétude de la vision qu'il avait jusqu'alors érigée en vérité absolue et inébranlable.

Tout pas fondamental vers l'avenir implique un changement de perspective : il en a été ainsi au moment de la découverte de l'ancien monde avant le nouveau, et il en a été particulièrement ainsi après toutes les découvertes scientifiques qui nous ont permis de trouver notre dimension dans le cosmos, nous condamnant en même temps à perdre définitivement la conviction d'être le centre du Tout vers lequel, pendant des millénaires, la limite de la connaissance nous avait conduits.

Dans le domaine scientifique, l'abandon de toute théorie géocentrique est un fait depuis quelques siècles. N'ayant jamais perdu l'instinct trop humain qui nous pousse à nous interroger sur la réalité et à dépasser nos limites, nous l'avons utilisé pour faire nos premiers pas hors du berceau terrestre dans lequel nous sommes nés, conscients de la finitude du petit point bleu que nous appelons maison et de ses ressources, conscients de sa position plutôt déflorée à la périphérie d'une galaxie de taille moyenne parmi des millions d'autres.

Ce faisant, dans un extraordinaire élan de responsabilité, nous nous sommes donné des lois très précises qui régissent notre relation avec l'Univers.

Ci siamo premurati di frenare la millenaria attitudine guerrafondaia del genere umano dichiarando il Cosmo luogo di pace e collaborazione, un luogo patrimonio di tutti e aggredibile da nessuno. Abbiamo definito delle regole perché i mondi su cui poggeremo i piedi siano protetti e perché ogni scoperta scientifica che ne deriva sia equamente distribuita a tutti gli abitanti di questo Pianeta.

Si è trattato di un passo enorme per la civiltà umana, che però presenta un vizio insito nella sua stessa natura di legge autoimposta: andando nella direzione contraria a quella seguita dalle conquiste spaziali che intende regolare, il diritto dello spazio è stato concepito come una normativa terrestre per i terrestri. Tutti i trattati, gli accordi bilaterali e quelli multilaterali, ogni dichiarazione di principio e ogni programma governativo è permeato da un sostrato geocentrico decisamente difficile da abbandonare perché generato da comprensibile interesse economico. Ciò che però non gli si può perdonare, a questo punto della storia umana nello spazio, è di rimanere ancorato a un limite cognitivo in grado di farlo precipitare rovinosamente a terra senza riuscire a oltrepassare l'atmosfera terrestre e tutti gli antiquati retaggi che racchiude.

Va detto tuttavia che il egocentrismo che permea la materia del diritto dello spazio ha anche una ragionevole ragione d'essere: fino a oggi e per tutto il corso della storia dell'esplorazione spaziale la prospettiva dei terrestri è stata l'unica ad avere motivo di esistere. Nonostante il romantico bagaglio portato nello spazio interstellare dalla sonda Voyager 1, sul nostro cammino fuori dalla casa Terra non abbiamo avuto la necessità di dover pensare a prospettive e necessità diverse dalla nostra, dal nostro desiderio di scoperta e perché negarlo dal nostro interesse economico verso le risorse dello spazio.

Tuttavia, senza chiamare in causa scenari fantascientifici, questo monopolio prospettico è destinato presto a tramontare.

We have taken care to curb the millennial warmongering attitude of mankind by declaring the Cosmos a place of peace and collaboration; a patrimony of all that cannot be attacked by no-one. We have defined rules so that the planets on which we will rest our feet are protected and so that every scientific discovery that derives from it is equally distributed to all the inhabitants of this Planet. It was a huge step for human civilization, which however presents a flaw inherent in its very nature as a self-imposed law: going in the opposite direction to the one followed by the space conquests it intends to regulate, the law of space was conceived as a terrestrial normative for earthlings. All treaties, bilateral and multilateral agreements, every declaration of principle and every government program is permeated by a geocentric substratum, difficult to abandon because it is generated by understandable economic interest. What, however, cannot be forgiven at this point in human history related to space, is to remain anchored to a cognitive limit capable of causing to crash to the ground without being able to go beyond the earth's atmosphere and all the antiquated legacies it contains.

However, it must be said that the egocentrism that permeates the matter of space law has also a reasonable reason d'être: up to now and for the entire course of the history of space exploration, the perspective of terrestrials has been the only one to have cause for to exist. Despite the romantic baggage carried into interstellar space by the Voyager 1 probe, on our way out of Earth we did not have the need to think about perspectives and needs different from ours, from our desire for discovery and - why deny it? - from our economic interest in space resources. Nevertheless, without involving science fiction scenarios, this prospective monopoly is destined to end soon.

Space law is a branch of international law, similar to air and sea law, but which has the specificity of being influenced by other sources of law, both public and private.

Nous avons pris soin de freiner l'attitude belliciste millénaire de l'humanité en déclarant le Cosmos un lieu de paix et de collaboration, un lieu qui appartient à tous et qui ne peut être attaqué par personne.

Nous avons défini des règles pour que les mondes sur lesquels nous poserons nos pieds soient protégés, et pour que chaque découverte scientifique qui en découle soit distribuée équitablement à tous les habitants de cette Planète. C'est un pas énorme pour la civilisation humaine, mais il a un défaut dans sa nature même de loi auto-imposée : en allant dans la direction opposée à celle suivie par les réalisations spatiales qu'il vise à réglementer, le droit de l'espace a été conçu comme une loi terrestre pour les terrestres.

Tous les traités, les accords bilatéraux et multilatéraux, toutes les déclarations de principe et tous les programmes gouvernementaux sont imprégnés d'un substrat géocentrique définitivement difficile à abandonner car généré par un intérêt économique compréhensible. Mais ce qui ne peut être pardonné, à ce stade de l'histoire de l'homme dans l'espace, c'est de rester ancré à une limite cognitive capable de le faire tomber ruiné au sol sans pouvoir aller au-delà de l'atmosphère terrestre et de tous les héritages désuets qu'elle contient.

Il faut dire cependant que l'égo-centrisme qui imprègne la matière du droit spatial a aussi une raison d'être raisonnable : jusqu'à présent et tout au long de l'histoire de l'exploration spatiale, le point de vue des terriens a été le seul à avoir une raison d'être. Malgré le bagage romantique apporté dans l'espace interstellare par la sonde Voyager 1, en quittant le foyer terrestre, nous n'avons pas eu besoin de réfléchir à des perspectives et à des besoins autres que les nôtres, à notre désir de découverte et, pourquoi le nier, à notre intérêt économique pour les ressources de l'espace.

Cependant, sans remettre en cause les scénarios de science-fiction, ce monopole perspectif va bientôt s'estomper.



Il diritto spaziale è un ramo del diritto internazionale, simile al diritto aereo e marittimo, ma che ha la specificità di essere influenzato da altre fonti di diritto, sia di carattere pubblico che privato. Di conseguenza, il diritto applicabile alle attività spaziali non si limita al diritto dello spazio esterno, al contrario, ci sono molte altre leggi e regolamenti che dovrebbero essere applicati, soprattutto in vista dell'aumento della privatizzazione. Oggi la situazione si è evoluta e l'obiettivo è quello di aumentare l'uso dello spazio da parte di tutti e in tutti i settori per migliorare la conoscenza dell'Universo, per aiutare la gestione dei rischi, per proteggere l'ambiente, per mantenere la pace e la sicurezza e per raggiungere un alto grado di cooperazione nell'interesse dell'umanità intera. La necessità di una legge sullo spazio esterno per regolare le attività spaziali è iniziata con il lancio dello Sputnik 1 il 4 ottobre 1957 e si è sviluppata all'interno dell'ONU, che ha la responsabilità principale dello sviluppo e della codificazione del diritto internazionale. In particolare il Comitato per gli usi pacifici dello spazio esterno (COPUOS) e la sua sottocommissione giuridica, e l'Assemblea generale delle Nazioni Unite, hanno avuto il merito di stabilire le pietre miliari che sono ancora oggi preziose.

Il 9 marzo 2021, la China National Space Administration (CNSA) e l'Agenzia Spaziale Russa (ROSCOSMOS) hanno firmato un memorandum d'intesa (MoU) per la costruzione congiunta di una base lunare autonoma di ricerca permanente. Utilizzando il linguaggio del Trattato sullo Spazio Esterno del 1967, la Cina e la Russia hanno sottolineato che il MoU riguarda la scoperta scientifica così come l'uso del terreno lunare.

L'accordo descrive la prevista Stazione Internazionale di Ricerca Lunare (ILRS) come "una base completa di esperimenti scientifici con la capacità di operazioni autonome a lungo termine, costruita sulla superficie lunare e/o sull'orbita lunare che svolgerà attività di ricerca scientifica multidisciplinare e multi-obiettivo come l'esplorazione lunare e l'utilizzo, l'osservazione lunare, gli esperimenti scientifici di base e la verifica tecnica".

Consequently, the law applicable to space activities is not limited to the law of outer space. On the contrary, there are many other laws and regulations that should be applied, especially in view of the increase in privatization. Today the situation has evolved and the goal is to increase the use of space by everyone and in all sectors to improve knowledge of the Universe, to help risk management, to protect the environment, to maintain peace and security and to achieve a high degree of cooperation in the interest of all humanity.

The need for an outer space law to regulate space activities began with the launch of Sputnik 1 on 4 October 1957 and developed within the UN, which has primary responsibility for the development and codification of international law. In particular, the Committee for the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) and its legal subcommittee, and the United Nations General Assembly, had the merit of establishing the milestones that are still precious today.

On March 9, 2021, the China National Space Administration (CNSA) and the Russian Space Agency (ROSCOSMOS) signed a memorandum of understanding (MoU) for the joint construction of a permanent autonomous lunar research base. Using the language of the 1967 Outer Space Treaty, China and Russia emphasized that the MoU is about scientific discovery as well as the use of lunar land.

The agreement describes the planned International Lunar Research Station (ILRS) as "a comprehensive scientific experiment base with the capability for long-term autonomous operations, built on the lunar surface and / or lunar orbit that will carry out multidisciplinary scientific research. and multi-objective such as lunar exploration and utilization, lunar observation, basic science experiments and technical verification."

These two large space nations have agreed to promote the ILRS to obtain international partners for their joint lunar mission, specifically by broadcasting the lunar environment

Le droit spatial est une branche du droit international, similaire au droit aérien et maritime, mais qui a la spécificité d'être influencé par d'autres sources de droit, tant public que privé. Par conséquent, le droit applicable aux activités spatiales ne se limite pas au droit de l'espace. Au contraire, il existe de nombreuses autres lois et réglementations qui doivent être appliquées, notamment en raison de la privatisation croissante.

Aujourd'hui, la situation a évolué et l'objectif est d'accroître l'utilisation de l'espace par tous et dans tous les domaines afin d'améliorer la connaissance de l'Univers, d'aider à la gestion des risques, de protéger l'environnement, de maintenir la paix et la sécurité et d'atteindre un haut degré de coopération dans l'intérêt de toute l'humanité. La nécessité d'une loi sur l'espace extra-atmosphérique pour réglementer les activités spatiales a commencé avec le lancement de Spoutnik 1 le 4 octobre 1957 et s'est développée au sein de l'ONU, qui a la responsabilité principale du développement et de la codification du droit international. En particulier, le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (COPUOS) et son sous-comité juridique, ainsi que l'Assemblée générale des Nations unies, ont été crédités d'avoir posé des jalons qui sont toujours d'actualité.

Le 9 mars 2021, l'Administration spatiale nationale chinoise (CNSA) et l'Agence spatiale russe (ROSCOSMOS) ont signé un protocole d'accord pour la construction conjointe d'une base lunaire de recherche permanente autonome. En utilisant le langage du traité sur l'espace extra-atmosphérique de 1967, la Chine et la Russie ont souligné que le protocole d'accord couvre la découverte scientifique ainsi que l'utilisation de la terre lunaire.

L'accord décrit le projet de station internationale de recherche lunaire (ILRS) comme « une base complète d'expériences scientifiques ayant la capacité de fonctionner de manière autonome à long terme, construite sur la surface lunaire et/ou en orbite lunaire, qui mènera des activités de recherche scientifique

Queste due grandi nazioni spaziali hanno concordato di promuovere l'ILRS per ottenere partner internazionali per la loro missione lunare congiunta, in particolare trasmettendo l'ambiente lunare del Polo Sud della Cina e la missione di indagine delle risorse, il Chang'e 7 e la missione Luna-Resurs-1 Russian Orbital Spacecraft (OS) della Russia.

La luna non è più vista come una roccia morta dove l'umanità atterra per qualche giorno, mostra la tecnologia e poi torna sulla Terra. Oggi il discorso sulla luna riguarda il suo potenziale di risorse, compresa la presenza di ghiaccio d'acqua, l'energia solare e gli elementi delle terre rare come il platino, il titanio, lo scandio e l'ittrio. Gli scienziati e gli ingegneri spaziali cinesi hanno da tempo riconosciuto il potenziale economico delle risorse spaziali per includere un ritorno di 10.000 miliardi di dollari all'anno sugli investimenti dalla zona Terra-Luna entro il 2050.

Già nel 2002, Ouyang Ziyuan, scienziato capo e fondatore del China Lunar Exploration Program (CLEP) ha specificato che "l'obiettivo e il compito a lungo termine della Cina è di creare una base sulla luna per sfruttare le sue ricche risorse". La sua prospettiva è stata sostenuta ai più alti livelli della leadership della CNSA. Le successive dimostrazioni della Cina sulla capacità lunare includono un atterraggio lunare sul lato lontano nel 2019 e una missione autonoma di ritorno del campione lunare nel 2020.

Altri vantaggi evidenziati dagli scienziati cinesi sono il potenziale del propellente lunare fatto di acqua-ghiaccio che abbassa il costo di accesso e movimento in tutto il volume dello spazio cislunare. Il lancio dalla luna è 22 volte più efficiente del lancio dalla Terra a causa del pozzo gravitazionale terrestre. Per accedere a queste risorse lunari, sarà necessaria una presenza permanente a lungo termine, prima robotica, poi umana. Questo aspetto di padroneggiare prima le capacità di basamento lunare autonomo robotico è evidenziato nel MoU Cina-Russia.

of China's South Pole and resource investigation mission, Chang'e 7 and the Luna-Resurs-1 Russian Orbital Spacecraft (OS) mission of Russia.

The moon is no longer seen as a dead rock where humanity lands for a few days, displays the technology and then returns to Earth. Today the talk of the moon is about its resource potential, including the presence of water ice, solar energy and rare earth elements such as platinum, titanium, scandium and yttrium. Chinese space scientists and engineers have long recognized the economic potential of space resources to include a return of US\$ 10 trillion a year on investments from the Earth-Moon zone by 2050.

As early as 2002, Ouyang Ziyuan, chief scientist and founder of the China Lunar Exploration Program (CLEP), specified that "China's long-term goal and task is to create a base on the moon to exploit its rich resources."

His perspective was supported at the highest levels of CNSA leadership. China's subsequent demonstrations of lunar capability include a far-side lunar landing in 2019 and an autonomous lunar champion return mission in 2020.

Other advantages highlighted by Chinese scientists are the potential of the ice-water lunar propellant that lowers the cost of access and movement throughout the volume of cislunar space. Launch from the moon is 22 times more efficient than launch from Earth due to Earth's gravity well. To access these lunar resources, a long-term permanent presence will be required, first robotic, then human.

This aspect of mastering robotic autonomous lunar basement capabilities first is highlighted in the China-Russia MoU. Similar to China's long-term plans for a permanent presence on the moon and a lunar research base by 2036, Russia in 2018 announced its own lunar plan, which included resource extraction ambitions, backed by a construction plan of bases in three phases between 2025 and 2040.

multidisciplinaires et multi-objectifs telles que l'exploration et l'utilisation de la Lune, l'observation de la Lune, les expériences scientifiques de base et la vérification technique ».

Ces deux grandes nations spatiales ont convenu de promouvoir l'ILRS afin d'obtenir des partenaires internationaux pour leur mission lunaire commune, diffusant plus particulièrement la mission chinoise d'étude de l'environnement et des ressources lunaires au pôle Sud, le Chang'e 7, et la mission russe d'engin orbital Luna-Resurs-1 (OS).

La lune n'est plus considérée comme un rocher mort où l'humanité atterrit pendant quelques jours, fait une démonstration de technologie, puis retourne sur Terre. Aujourd'hui, on parle de la lune pour évoquer son potentiel de ressources, notamment la présence de glace d'eau, d'énergie solaire et d'éléments de terres rares comme le platine, le titane, le scandium et l'yttrium. Les scientifiques et les ingénieurs chinois de l'espace reconnaissent depuis longtemps le potentiel économique des ressources spatiales, notamment un retour sur investissement de 10 000 milliards de dollars par an dans la zone Terre-Lune d'ici 2050.

Dès 2002, Ouyang Ziyuan, scientifique en chef et fondateur du programme chinois d'exploration lunaire (CLEP), précisait que "l'objectif et la tâche à long terme de la Chine sont d'établir une base sur la lune pour exploiter ses riches ressources." Son point de vue a été soutenu aux plus hauts niveaux de la direction de la CNSA. Les prochaines démonstrations de la capacité lunaire de la Chine comprennent un alunissage sur la face cachée en 2019 et une mission autonome de retour d'échantillons lunaires en 2020.

D'autres avantages mis en avant par les scientifiques chinois sont le potentiel du propulseur lunaire composé de glace d'eau qui réduit le coût d'accès et de déplacement dans le volume de l'espace cis-lunaire.

Le lancement à partir de la Lune est 22 fois plus efficace que le lancement à partir de la Terre en raison du puits de gravité de la Terre.

Simile ai piani a lungo termine della Cina per una presenza permanente sulla luna e una base di ricerca lunare entro il 2036, la Russia nel 2018 ha annunciato il proprio piano lunare, che comprendeva ambizioni di estrazione di risorse, sostenuto da un piano di costruzione di basi in tre fasi tra il 2025 e il 2040.

La prima fase è un modulo orbitante lunare (2025); la seconda fase sarà la costruzione di una base lunare (2025-2034); e la terza fase (2040) prevede la costruzione un sistema integrato di esplorazione lunare con equipaggio.

Tra le ambizioni di punta intorno alle quali si sta delineando il futuro dei programmi spaziali, spicca il proposito ormai conclamato di arrivare, nel giro delle prossime decadi, a costituire degli insediamenti umani permanenti nello spazio, a cui comunemente si riferisce con il termine improprio di "colonie" sebbene alla luce dei Trattati ad oggi in vigore sarà impossibile definirle tali: essendo esclusa ogni mira sovranista e impedita ogni velleità di appropriazione da parte degli Stati terrestri di ciò che sta oltre l'atmosfera terrestre, le comunità spaziali non potranno avere bandiera nazionale ma saranno necessariamente costituite sottoforma di insediamento internazionale.

Fatto salvo l'esempio della Stazione Spaziale Internazionale che pure è, con tutte le sue peculiarità, una piccola colonia spaziale, l'unica comunità dello spazio finora costituita è Asgardia (anche conosciuta come Regno Spaziale di Asgardia).

Si tratta di una micronazione chiaramente ad oggi puramente progettuale, il cui territorio consiste oggi in un piccolo satellite CubeSat su cui sono stati caricati in memoria digitale inno, costituzione e dati degli Asgardiani.

Lo scopo di questa è dichiaratamente quello di "Unire la futura umanità rendendola trans-etnica, transnazionale, trans-religiosa, etica e pacifica, basandosi sull'uguaglianza e la dignità di ogni essere umano".

The first phase is a lunar orbiting module (2025); the second phase will be the construction of a lunar base (2025-2034); and the third phase (2040) involves the construction of an integrated manned lunar exploration system.

Among the leading ambitions around which the future of space programs is shaping up, stands out the now full-blown intention to arrive, within the next few decades, to establish permanent human settlements in space, which is commonly referred to with the improper term of "Colonies", although in the light of the Treaties in force to date it will be impossible to call them as such: since any sovereign aim is excluded and any ambition of appropriation by the terrestrial states of what lies beyond the earth's atmosphere, the space communities will not be able to have a flag national but will necessarily be constituted in the form of an international settlement.

Without prejudice to the example of the International Space Station which is, with all its peculiarities, a small space colony, the only space community so far constituted is Asgardia (also known as the Space Kingdom of Asgardia).

It is a micronation that is clearly purely design today, whose territory consists of a small CubeSat satellite on which the hymn, constitution and data of the Asgardians have been loaded into a digital memory. The purpose of this space nation is that of "Uniting future humanity by making it trans-ethnic, transnational, trans-religious, ethical and peaceful, based on the equality and dignity of every human being". From a juridical point of view, its aim is to circumvent the impositions in terms of state authorizations provided for by international law on space activities, creating an independent entity capable of ensuring access to space independently of Nations.

Regarding the foundation of permanent settlements on the Moon, the Center for Near Space estimates that in 2069 (one century after man's first step out of our planet), there will be a community inhabited by 1000 individuals in cis-lunar space.

L'accès à ces ressources lunaires nécessitera une présence permanente à long terme, d'abord robotique, puis humaine. Le protocole d'accord entre la Chine et la Russie met l'accent sur la nécessité de maîtriser d'abord les capacités de base lunaire robotique autonome.

À l'instar des plans à long terme de la Chine pour une présence permanente sur la lune et une base de recherche lunaire d'ici 2036, la Russie a annoncé en 2018 son propre plan lunaire, qui comprend des ambitions d'extraction de ressources soutenues par un plan de construction de base en trois phases entre 2025 et 2040. La première phase est un module d'orbite lunaire (2025) ; la deuxième phase sera la construction d'une base lunaire (2025-2034) ; et la troisième phase (2040) concerne la construction d'un système intégré d'exploration lunaire habitée.

Parmi les principales ambitions autour desquelles se dessine l'avenir des programmes spatiaux, il y a l'intention désormais proclamée d'établir, au cours des prochaines décennies, des établissements humains permanents dans l'espace, que l'on appelle communément des « colonies », même si, à la lumière des traités en vigueur aujourd'hui, il sera impossible de les définir comme telles : puisque toute visée souverainiste est exclue, et que toute ambition d'appropriation par les Etats terrestres de ce qui se trouve au-delà de l'atmosphère terrestre est empêchée, les communautés spatiales ne pourront pas avoir de drapeaux nationaux, mais seront nécessairement constituées en établissements internationaux. Si l'on excepte l'exemple de la station spatiale internationale, qui est aussi, avec toutes ses particularités, une petite colonie spatiale, la seule communauté spatiale établie à ce jour est Asgardia (également connue sous le nom de Royaume spatial d'Asgardia).

Il s'agit d'une micronation qui n'est clairement qu'un projet à ce jour, dont le territoire consiste aujourd'hui en un petit satellite CubeSat sur lequel l'hymne, la constitution et les données des Asgardiens ont été chargés numériquement.



Più giuridicamente, l'idea a cui si mira è quella di aggirare le imposizioni in termini di autorizzazioni statali previste dal diritto internazionale in materia di attività spaziali, creando un soggetto indipendente in grado di assicurare l'accesso allo spazio in maniera indipendente rispetto alle Nazioni terrestri.

In riferimento alla fondazione di insediamenti permanenti sulla Luna, il Center for Near Space stima che nel 2069 (a un secolo dal primo passo dell'uomo fuori dal nostro pianeta), nello spazio cis-lunare sarà presente una comunità abitata da 1000 individui. Nella previsione CNS, gli abitanti della Città Cislunare saranno distribuiti in vari distretti idonei a garantire una vita confortevole ai propri abitanti e differenziandosi quindi dall'ambiente modulare e prettamente orientato alle missioni scientifiche qual è quello della Stazione Spaziale Internazionale.

Per realizzare e per gestire questo aggregato urbano, CNS fa riferimento a un concetto fondamentale nell'ottica di trasferire il punto di vista dal diritto terrestre al diritto (proprio) dello spazio, facendo riferimento all'intervento delle Nazioni Unite a garanzia e controllo del rispetto dei diritti accanto alla definizione di un assetto normativo in grado di dare il via a una comunità fondata su proprie leggi. Il progetto più noto tra quelli che prevedono la costituzione in futuro di insediamenti nello spazio è il Programma NASA Artemis, il quale ha come punto di partenza l'obiettivo di riportare gli esseri umani sulla Luna nel 2024 per poi costituire una base permanente sul nostro Satellite. Consapevole della titanicità di tale impresa, per arrivare a questo risultato l'Agenzia spaziale statunitense non si sta muovendo da sola: sono 8 le Nazioni partner che hanno firmato gli Artemis Accords, un accordo programmatico attraverso il quale gli Stati Uniti stanno dettando non solo la linea programmatica del progetto, ma stanno letteralmente dettando come internazionalmente condivisa la propria visione del diritto dello spazio e delle opportunità economiche sfruttabili in un contesto normativo che rinnova e in parte diverge dal diritto dello spazio così come era stato pensato ormai più di cinquant'anni fa.

In the CNS forecast, the inhabitants of the Cislunar City will be distributed in various districts suitable to guarantee a comfortable life to their inhabitants and thus differentiating themselves from the modular environment purely oriented towards scientific missions such as that of the International Space Station.

To create and manage this urban aggregate, CNS gives a fundamental concept for transferring the point of view from terrestrial law to the (proper) space law, referring to the intervention of the United Nations to guarantee and control the observance of rights alongside the definition of a regulatory framework capable of starting a community based on its own laws.

Talking about physical communities in space, the most well-known project among those that foresee the establishment of settlements in the future is the NASA Artemis Program, which has as its starting point the goal of returning humans to the Moon in 2024 and then establishing a permanent base on our satellite. Aware of the titanic nature of this undertaking, to achieve this result the US Space Agency is not moving alone: 8 partner nations have signed the Artemis Accords, a programmatic agreement through which the United States is not only dictating the line of the project, but they are also imposing as internationally shared their own vision of space law and exploitable economic opportunities in a regulatory context that renews and partly diverges from space law as it had been thought by now more than fifty Years ago.

Whether they are in orbit, on the Moon or on Mars, space communities will need laws capable of regulating the daily relationships between its inhabitants, as well as precise rules that regulate the relationship with Earth and its States. As mentioned before, the essential international character of space settlements results in the impossibility of conferring a terrestrial nationality: it follows that space communities will not be able to submit to the law of a terrestrial State.

Cette nation spatiale a pour but avoué d'« Unir l'humanité future en la rendant trans-ethnique, transnationale, trans-religieuse, éthique et pacifique, sur la base de l'égalité et de la dignité de chaque être humain ». D'un point de vue plus juridique, l'idée est de contourner les impositions en termes d'autorisations étatiques prévues par le droit international en matière d'activités spatiales, en créant un sujet indépendant capable d'assurer l'accès à l'espace de manière indépendante par rapport aux Nations terrestres.

En ce qui concerne la fondation de colonies permanentes sur la Lune, le Center for Near Space estime qu'en 2069 (un siècle après le premier pas humain hors de notre planète), il y aura dans l'espace cis-lunaire une communauté habitée par 1000 individus. Selon les prévisions de la CNS, les habitants de la Cité Cis-lunaire seront répartis dans différents quartiers adaptés pour assurer une vie confortable à ses habitants et se différenciant ainsi de l'environnement modulaire et purement orienté vers les missions de la Station spatiale internationale.

Pour réaliser et gérer cet agrégat urbain, la CNS se réfère à un concept fondamental dans la perspective de transférer le point de vue du droit terrestre au droit (propre) de l'espace, en se référant à l'intervention des Nations Unies pour garantir et contrôler le respect des droits parallèlement à la définition d'un cadre réglementaire capable de donner naissance à une communauté fondée sur ses propres lois.

Le projet le plus célèbre parmi ceux qui prévoient l'établissement de futures colonies dans l'espace est le programme Artemis de la NASA, qui a pour point de départ l'objectif de ramener des humains sur la Lune en 2024 et d'établir ensuite une base permanente sur notre satellite.

Consciente du caractère titanesque d'une telle entreprise, l'Agence spatiale américaine n'agit pas seule pour parvenir à ce résultat : 8 nations partenaires ont signé les Accords Artémis, un accord programmatique par lequel les États-Unis

Che si trovino in orbita, sulla Luna o su Marte, le comunità spaziali avranno bisogno di leggi in grado di regolare i rapporti quotidiani tra i suoi abitanti, nonché di regole precise che normino il rapporto con la Terra e gli Stati che la compongono.

Come detto, l'imprescindibile carattere internazionale degli insediamenti spaziali ha come conseguenza l'impossibilità di conferirvi una nazionalità terrestre: ne deriva che le comunità spaziali non potranno sottostare a leggi nazionali proprie di uno Stato terrestre.

Ne consegue dunque la necessità di trovare attraverso uno sforzo diplomatico internazionale quelle leggi sufficientemente condivise tra tutte le Nazioni coinvolte nel progetto da poter costituire la base su cui ergere il corpus normativo che regolerà la vita nello spazio.

In riferimento allo stato embrionale dello sviluppo delle comunità spaziali, un intervento normativo proveniente dalla Terra è logicamente necessario, dal momento che per imbastire un corpus normativo sufficientemente solido da reggere le fondamenta di un insediamento senza precedenti nella Storia umana sono necessarie competenze che esulano da quelle che con tutta probabilità saranno proprie dei primissimi abitanti, ancora più assimilabili a degli astronauti per come li conosciamo oggi che a dei pionieri della vita nello spazio. Superata quella fase, tuttavia, ritorna incalzante la necessità di superare quel sentore geocentrico che ad oggi permea il diritto dello spazio e che ancora fa percepire i futuri insediamenti spaziali come qualcosa di "proprio" della Terra.

Quando essi saranno abbastanza maturi, autonomi, autosufficienti e in grado di esprimersi a livello paritetico nella direzione della gestione delle risorse che saranno alla base della loro economia, allora pensare di proseguire sulla via di una eteronormazione proveniente da Terra sarebbe oltremodo deleterio per la stabilità degli insediamenti e per i loro rapporti con il nostro Pianeta.

Hence the need to find, through an international diplomatic effort, laws that are sufficiently shared between all the nations involved in the project to be able to constitute the basis on which to build the normative corpus that will regulate life in space.

Regarding the embryonic state of the development of space communities a regulatory intervention coming from the Earth is necessary, since in order to establish a solid normative corpus to support the foundations of an unprecedented settlement in human history, we will need skills that go beyond those that will belong to the very first inhabitants, who will be more similar to astronauts as we know them today than pioneers of life in space. Once that phase has been overcome, however, the need to surmount that geocentric scent which today permeates the law of space and which still makes future space settlements perceived as something owned by Earth, returns urgently.

When they will be mature enough, autonomous, self-sufficient and able to express themselves on an equal level in the direction of managing the resources that will be the basis of their economy, thinking of continuing on the path of a heteronormation coming from the Earth would be extremely deleterious for the stability of the settlements and their relations with our planet. Being still at a primordial stage, it's at this moment that it is necessary to make an effort of foresight and shift the attention to a more distant future, taking into consideration some fundamental issues that can already suggest the direction that lives can take, and the rights of the inhabitants of space.

The first legally relevant issue that will need to be addressed to ensure the existence of settlements in space concerns the right to property. At present, the Treaties explicitly prohibit the claiming of real rights over what is in space. It should be noted that this prohibition is expressly provided for in relation to state entities, which are prohibited from claiming sovereign rights with respect to the Moon and other celestial bodies either by means of occupation or by any other means.

dictent non seulement la ligne programmatique du projet, mais dictent littéralement comme internationalement partagée leur propre vision du droit de l'espace et des opportunités économiques exploitables dans un contexte réglementaire qui renouvelle et s'écarte en partie du droit de l'espace tel qu'il a été pensé il y a plus de cinquante ans.

Qu'elles soient en orbite, sur la Lune ou sur Mars, les communautés spatiales auront besoin de lois pour régir les relations quotidiennes entre ses habitants, ainsi que de règles précises pour régler les relations avec la Terre et les États qui la composent. Comme nous l'avons dit, le caractère international inévitable des colonies spatiales a pour conséquence l'impossibilité de leur donner une nationalité terrestre : il s'ensuit que les communautés spatiales ne pourront pas être soumises aux lois nationales d'un État terrestre. Il s'ensuit qu'il est nécessaire de trouver, par un effort diplomatique international, les lois qui sont suffisamment partagées par toutes les nations impliquées dans le projet pour pouvoir constituer la base sur laquelle construire le corps de règles qui réglera la vie dans l'espace.

En référence à l'état embryonnaire du développement des communautés spatiales, une intervention régulatrice venant de la Terre est logiquement nécessaire, car pour mettre en place un corpus réglementaire suffisamment solide pour soutenir les fondations d'un peuplement sans précédent dans l'Histoire de l'Humanité, il faut disposer de compétences qui vont au-delà de celles qui seront vraisemblablement propres aux tout premiers habitants, s'apparentant même plus aux astronautes tels que nous les connaissons aujourd'hui qu'aux pionniers de la vie spatiale.

Après cette phase, cependant, la nécessité de surmonter ce sentiment géocentrique qui imprègne aujourd'hui le droit de l'espace et qui fait encore percevoir les futures implantations spatiales comme quelque chose de « propre » à la Terre, redevient pressante.

Trovandoci ancora a uno stadio primordiale, è in questo momento che è necessario fare uno sforzo di lungimiranza e spostare l'attenzione su un futuro più lontano, prendendo in considerazione alcune questioni fondamentali in grado di suggerire già da ora la direzione che potranno prendere le vite quotidiane e i diritti degli abitanti dello spazio.

La prima questione giuridicamente rilevante che sarà necessario affrontare per garantire l'esistenza degli insediamenti nello spazio riguarda il diritto di proprietà. Allo stato attuale i Trattati vietano esplicitamente che si possano vantare diritti reali su ciò che si trova nello spazio. È doveroso precisare che tale divieto è espressamente previsto in relazione alle entità statali, a cui è fatto divieto di vantare diritti di sovranità relativamente alla Luna e agli altri corpi celesti sia per mezzo di occupazione sia con ogni altro mezzo. Ciò non basta però a salvaguardare il diritto di proprietà relativamente a soggetti privati: se infatti è vero che "ubi lex voluit dixit, ubi noluit tacuit", bisogna tuttavia considerare che tale norma è frutto di un tempo in cui non era minimamente immaginabile che dei soggetti privati potessero operare nello spazio.

Che essi potessero abitarlo e quindi vantare un diritto di proprietà sulla propria abitazione, sui materiali con cui essa è costruita e sulle altre risorse rinvenute nello spazio e strumentali alla vita in quell'ambiente, era all'epoca pura fantasia. Trovare la strada per garantire ai privati abitanti dello spazio e ai soggetti economici che vi opereranno è un piccolo (sebbene difficile) passo per il diritto internazionale ma un grande balzo verso il divenire interplanetario della specie umana.

Un'altra questione di fondamentale importanza riguarda i diritti umani e precisamente la loro estensibilità a coloro che nasceranno e vivranno nello spazio. In questo caso nulla quaestio per i primi coloni, essendo questi indubbiamente soggetti alla tutela offerta dalla Carta dei diritti umani.

However, this is not enough to safeguard the right of property in relation to private subjects: if in fact it is true that "ubi lex voluit dixit, ubi noluit tacuit" (when law wants something it says it, when law doesn't want something it remains silent), it must nevertheless be considered that this rule is the result of a time when it was not imaginable at all that private subjects could operate in space. It was impossible to foresee that they could live there and therefore boast a right of ownership over their home, the materials with which it is built and the other resources found in space and instrumental to life in that environment. It was pure fantasy at the time. Finding the way to guarantee the private inhabitants of space and the economic entities that will operate there is a small (although difficult) step for international law but a great leap towards the interplanetary becoming of the human species.

Another issue of fundamental importance concerns human rights and precisely their extensibility to those who will be born and will live in space. In this case, nothing problematic for the first settlers, as they are undoubtedly subject to the protection offered by the Charter of Human Rights. However, things get complicated by paying attention to a more distant future: biological medical studies reveal that in the span of not many generations the inhabitants of the cosmos will undergo physical and genetic mutations to adapt their organism to the living conditions present in space settlements, which at the same time will come to make their body incompatible with life on Earth.

Paradoxically, if decades of science fiction films have given us a collective imagination in which we will find ourselves in the future facing unlikely extraterrestrials with big eyes and green skin, achieving a colonization of space we will find ourselves in the future to be the aliens: if this leaves great room for the fictional imagination as well as for the much more stringent one of forecasting studies in the biomedical field, it is undeniable that an incompatibility with life on Earth will create the juridically sufficient conditions for having to rethink the sphere of operation of human rights.

Lorsqu'ils seront suffisamment matures, autonomes, autosuffisants et capables de s'exprimer sur un pied d'égalité dans le sens de la gestion des ressources qui seront à la base de leur économie, alors penser à continuer sur la voie d'une « hétéronormalité » venant de la Terre serait extrêmement délétère pour la stabilité des colonies et pour leurs relations avec notre Planète.

Puisque nous sommes encore à un stade primordial, c'est à ce moment qu'il faut faire un effort de clairvoyance et porter notre attention sur un avenir plus lointain, en prenant en considération quelques questions fondamentales qui peuvent déjà suggérer la direction que peuvent prendre la vie quotidienne et les droits des habitants de l'espace.

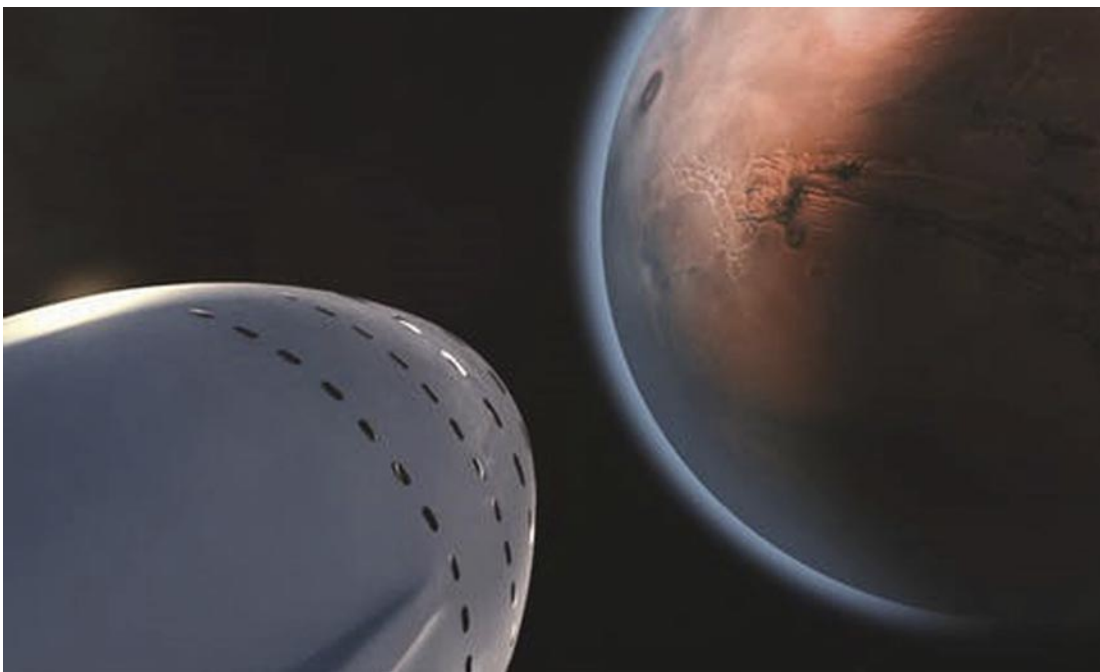
La première question d'ordre juridique qui devra être abordée afin de garantir l'existence de colonies dans l'espace concerne les droits de propriété. En l'état actuel, les traités interdisent explicitement les droits réels sur ce qui se trouve dans l'espace. Il convient de souligner que cette interdiction est expressément prévue à l'égard des entités étatiques, auxquelles il est interdit de revendiquer des droits de souveraineté sur la lune et les autres corps célestes, que ce soit par occupation ou par tout autre moyen. Toutefois, cela ne suffit pas à sauvegarder le droit de propriété par rapport aux sujets privés : s'il est vrai en effet que « ubi lex voluit dixit, ubi noluit tacuit », il faut cependant considérer que cette règle est le résultat d'une époque où il n'était pas du tout imaginable que des sujets privés puissent opérer dans l'espace. L'idée qu'ils puissent l'habiter et donc revendiquer un droit de propriété sur leur propre maison, sur les matériaux avec lesquels elle est construite et sur les autres ressources présentes dans l'espace et indispensables à la vie dans cet environnement, relevait à l'époque de la pure fantaisie.

Trouver le moyen de garantir aux habitants privés de l'espace et aux sujets économiques qui y opéreront est un petit pas (bien que difficile) pour le droit international mais un grand pas vers le devenir interplanétaire de l'espèce humaine.



Le cose si complicano però ponendo l'attenzione a un futuro più lontano: studi medico biologici rivelano infatti che nel giro di non moltissime generazioni gli abitanti del cosmo subiranno mutazioni fisiche e genetiche tali da adattare il loro organismo alle condizioni di vita presenti negli insediamenti spaziali, ma che allo stesso tempo arriveranno a rendere il loro corpo incompatibile con la vita sulla Terra. Paradossalmente, se decenni di film di fantascienza ci hanno consegnato un immaginario collettivo in cui ci troveremo in futuro a fronteggiare improbabili extraterrestri dai grandi occhi e la pelle verde, realizzando una colonizzazione dello spazio ci troveremo in futuro ad essere noi stessi gli alieni: se ciò lascia grande spazio all'immaginazione romanzesca nonché a quella, molto più stringente, degli studi previsionali in campo biomedico, è innegabile che una incompatibilità con la vita sulla Terra creerà le condizioni giuridicamente sufficienti a dover ripensare l'ambito di operatività dei diritti umani. E ciò si rende necessario non solo in vista della necessità di tutelare i futuri abitanti dello spazio nelle loro libertà e regolarli nei loro obblighi, ma anche in relazione all'esigenza di estendere la tutela e i meccanismi di controllo oggi demandati alle Nazioni Unite anche alle situazioni giuridiche che hanno luogo fuori dal Pianeta Terra.

Si pensi ad esempio a una situazione in cui, ormai economicamente e socialmente maturo, un insediamento spaziale si trovi nella giusta fase in cui si doterà di autogoverno e autodeterminazione, compiendo il doveroso distacco dalla madre Terra per godere della propria libertà di determinarsi e decidere del destino comune che fa di un gruppo una comunità. Autonomia, autodeterminazione e autogoverno sono libertà dei Popoli espressamente riconosciute nell'ambito dei diritti umani. Estenderne l'operatività nello spazio è un elemento imprescindibile nell'ottica di garantire il prosperare dei futuri insediamenti fuori dall'atmosfera terrestre.



And this is necessary not only in view of the need to protect the future inhabitants of space in their freedoms and regulate them in their obligations, but also in relation to the need to extend the protection and control mechanisms now delegated to the United Nations also to situations that take place outside of Planet Earth.

Consider, for example, a situation in which, now economically and socially mature, a space settlement will be in the right phase in which it will equip itself with self-government and self-determination, making the necessary detachment from mother Earth to enjoy its freedom to determine and decide on the common destiny that makes a group a community.

Autonomy, self-determination and self-government are people's freedoms, recognized in the context of human rights. Extending its operations in space is an essential element in order to ensure the prosperity of future settlements outside of earth's atmosphere.

There is a concept, that of "limes" or border, typical of classical European culture and which embodies the mental scheme followed by human beings every time they have found themselves in front of epochal changes that have led them to rethink their position in society, in nature, in the world and in the cosmos. It should be noted that the concept of border has literally passed to that of limit. In this sense, crossing a border is synonymous with crossing a limit, overcoming a cognitive barrier to move the frontier of knowledge a little further.

If we start from the assumption that we want to imagine an interplanetary future for the human species, then it is the atmospheric border that we will have to cross, and not only in technical-scientific terms: to go beyond our limits and expand our borders, we cannot ignore a clear change of perspective that allows us to look beyond the horizon drawn by the planet Earth.

Une autre question d'importance fondamentale concerne les droits de l'homme et précisément leur extension à ceux qui naîtront et vivront dans l'espace. Dans ce cas, il n'y a pas de question pour les premiers colons, car ils sont indubitablement soumis à la protection offerte par la Charte des droits de l'homme. Les choses se compliquent toutefois si l'on porte son attention sur un avenir plus lointain : les études médico-biologiques révèlent en effet que, dans quelques générations, les habitants du cosmos subiront des mutations physiques et génétiques de nature à adapter leur organisme aux conditions de vie présentes dans les colonies spatiales, mais qui rendront en même temps leur corps incompatible avec la vie sur Terre.

Paradoxalement, si des décennies de films de science-fiction nous ont donné un imaginaire collectif dans lequel nous nous retrouverons dans le futur face à d'improbables extraterrestres aux grands yeux et à la peau verte, réalisant une colonisation de l'espace nous nous retrouverons dans le futur à être nous-mêmes des extraterrestres : si cela laisse une grande place à l'imaginaire fictif ainsi qu'à celui, beaucoup plus rigoureux, des études prédictives dans le domaine biomédical, il est indéniable qu'une incompatibilité avec la vie sur Terre créera les conditions juridiquement suffisantes pour devoir repenser la portée des droits de l'homme. Et cela est nécessaire non seulement au regard de la nécessité de protéger les futurs habitants de l'espace dans leurs libertés et de les réglementer dans leurs obligations, mais aussi par rapport à la nécessité d'étendre les mécanismes de protection et de contrôle aujourd'hui confiés aux Nations Unies également aux situations juridiques qui se déroulent en dehors de la planète Terre.

Pensez, par exemple, à une situation dans laquelle, désormais mature économiquement et socialement, une colonie spatiale se trouve dans la bonne phase pour se doter de l'autonomie et de l'autodétermination, en effectuant le détachement nécessaire de la Terre Mère afin de jouir de sa propre liberté pour se déterminer et décider du destin commun qui fait d'un groupe une communauté.

C'è un concetto, quello di "limes" o confine, proprio della cultura classica europea e che racchiude in sé lo schema mentale seguito dagli esseri umani ogni volta che si sono trovati davanti a cambiamenti epocali che li hanno condotti a ripensare alla propria posizione nella società, nella natura, nel mondo e infine nel cosmo. Si noti che dal concetto di confine si è passati, letteralmente, a quella di limite. In questa accezione varcare un confine è sinonimo di varcare un limite, superare una barriera conoscitiva per spostare un po' più in là la frontiera della conoscenza. Se partiamo dal presupposto di voler immaginare un futuro interplanetario per la specie umana, allora è il confine atmosferico che dovremo varcare, e non solamente in termini tecnico-scientifici: per oltrepassare i nostri limiti e ampliare i nostri confini non potremo prescindere da un netto cambio di prospettiva che ci consenta di guardare oltre l'orizzonte disegnato dal pianeta Terra.

Le domande riguardo alle implicazioni dello spazio riguardo alle nostre vite personali restano tante, dai suoi profili giuridici e geopolitici ai profili tecnologici delle nuove scoperte spaziali. Lo spazio sarà essenziale per il futuro dell'evoluzione degli esseri umani. Per il momento il nostro sguardo resta rivolto al cielo, con l'auspicio di poter abbracciare, un giorno, l'eternità infinita nel luogo e nel tempo che citava Aristotele.



Questions about the implications of space for our personal lives remain many, from its legal and geopolitical profiles to the technological profiles of new space discoveries.

Space will be essential for the future evolution of human beings. For the time being, our gaze remains fixed on the sky, with the hope of one day embracing the infinite eternity in place and time that Aristotle mentioned.

L'autonomie, l'autodétermination et l'auto-gouvernement sont des libertés des Peuples expressément reconnues dans le cadre des droits de l'homme. L'extension de leur exploitation dans l'espace est un élément essentiel pour assurer la prospérité des futures colonies de peuplement hors de l'atmosphère terrestre.

Il existe un concept, celui de « limes » ou frontière, propre à la culture classique européenne et qui renferme en lui le schéma mental suivi par les êtres humains chaque fois qu'ils se trouvaient face à des changements d'époque qui les amenaient à repenser leur position dans la société, dans la nature, dans le monde et finalement dans le cosmos. Il est à noter que du concept de frontière, nous sommes passés, littéralement, à celui de limite.

Dans cette acception, franchir une frontière est synonyme de franchir une limite, de surmonter une barrière cognitive afin de déplacer un peu plus loin la frontière de la connaissance. Si nous partons de l'hypothèse que nous voulons imaginer un avenir interplanétaire pour l'espèce humaine, c'est la frontière atmosphérique que nous devons franchir, et pas seulement en termes technico-scientifiques : pour dépasser nos limites et étendre nos frontières, nous ne pourrions pas faire l'économie d'un changement clair de perspective qui nous permette de regarder au-delà de l'horizon dessiné par la planète Terre.

Les questions relatives aux implications de l'espace sur nos vies personnelles restent nombreuses, qu'il s'agisse de ses profils juridiques et géopolitiques ou des profils technologiques des nouvelles découvertes spatiales. L'espace sera essentiel pour l'évolution future des êtres humains. Pour l'instant, notre regard reste concentré sur le ciel, avec l'espoir d'embrasser un jour l'éternité infinie dans le lieu et le temps qu'Aristote citait.

notes

¹ Cao Siqi, "China mulls \$10 trillion Earth-moon economic zone" Global Times (China), November 1 2019. (Accessed 2 April 2021) <https://www.globaltimes.cn/content/1168698.shtml>

² neuf avec le Brésil qui, jusqu'à présent, n'a jusqu'à présent signé qu'une déclaration d'intention

EAGLE governo efficace e adattivo per un ecosistema lunare

1. Introduzione

Una nuova epoca di esplorazione lunare è alle porte. Recenti scoperte hanno rivelato l'esistenza di ingenti depositi di ghiaccio nei poli e accumuli di risorse nella regolite, trasformando radicalmente la nostra concezione del futuro che l'umanità può costruire per questo corpo celeste.

Come conseguenza, attori privati e governativi di tutto il mondo stanno focalizzando la loro attenzione sulla Luna, che torna ad essere al centro dell'esplorazione spaziale dopo quasi quarant'anni dall'ultima missione umana. Man mano che i piani si trasformano in azioni, è essenziale sviluppare linee guida e norme di comportamento comuni, nonché meccanismi per garantire il loro rispetto da parte di tutti gli stakeholders. Questa nuova era di esplorazione lunare, con una varietà di attori che vi opereranno in situazione di potenziale concorrenza per lo sfruttamento di un insieme limitato di risorse, farà emergere nuove sfide di governance.

Il coordinamento delle attività sulla superficie di un corpo celeste e la garanzia dell'uso sostenibile delle sue risorse sono sforzi senza precedenti che richiederanno lo sviluppo di strumenti di regolamentazione innovativi.

Attualmente, nessuno dei regimi di regolamentazione esistenti è adatto ad affrontare le sfide uniche associate alla varietà di attività che presto potrebbero avere luogo sulla superficie lunare.

EAGLE Effective and Adaptive Governance for a Lunar Ecosystem

1. Introduction

A new era of lunar exploration is upon us. Through a suite of missions to the lunar surface and its vicinity, discoveries of resource deposits in the lunar regolith and ice traps at the poles, among other features, have transformed our conception of humanity's potential future on the Moon.

Consequently, private actors and nations worldwide with newly developed spacefaring capabilities have set their sights on returning to the Moon. As plans turn to actions, it is essential to develop common guidelines and norms of behaviour as well as mechanisms to ensure their respect by all lunar actors. This new era of lunar exploration, with a range of new actors operating in the harsh lunar environment and potentially competing for the same set of limited resources, will surface novel governance challenges.

Coordinating activities on the surface of a celestial body and ensuring the sustainable use of its resources are unprecedented endeavours that will require the development of innovative regulatory tools. Currently, none of the existing governance regimes is well-suited to address the unique challenges associated with extending our range of activities to the lunar surface.

A governance regime for the Moon should prioritise effectiveness and adaptiveness, and be based on the principle of subsidiarity.

1. Introduction

Une nouvelle ère d'exploration lunaire est à nos portes.

Des découvertes récentes ont révélé l'existence d'énormes dépôts de glace dans les pôles et des accumulations de ressources dans le régolithe, transformant radicalement notre conception du futur que l'humanité peut construire pour ce corps céleste. En conséquence, les acteurs privés et gouvernementaux du monde entier concentrent leur attention sur la Lune, qui est à nouveau au centre de l'exploration spatiale après près de quarante ans depuis la dernière mission humaine. À mesure que les plans se transforment en actions, il est essentiel de développer des lignes directrices et des règles de conduite communes, ainsi que des mécanismes pour garantir leur conformité par toutes les parties prenantes. Cette nouvelle ère d'exploration lunaire, avec une variété d'acteurs opérant là-bas en concurrence potentielle pour l'exploitation d'un ensemble limité de ressources, entraînera de nouveaux défis de gouvernance. Coordonner les activités à la surface d'un astre et assurer l'utilisation durable de ses ressources sont des efforts sans précédent qui nécessiteront le développement d'outils réglementaires innovants.

Actuellement, aucun des régimes réglementaires existants n'est adapté pour relever les défis uniques associés à la variété des activités qui pourraient bientôt avoir lieu sur la surface lunaire.

Un regime di governance per la Luna dovrebbe porre l'accento sull'efficacia e adattabilità delle norme, ed essere basato su principi di sussidiarietà. Esso dovrebbe prevedere adeguati procedimenti decisionali ed essere in grado di attuare i risultati delle decisioni adottate. Tale regime dovrebbe inoltre essere in grado di riconoscere le lacune informative e stabilire reti per consentire il coordinamento tra gli attori, costruendo circuiti di coordinamento e resilienza. La modalità con cui verrà stabilito il regime di governance per questa nuova era è fondamentale tanto quanto le regole che includerà.

La Luna è il nostro unico satellite naturale, pertanto dobbiamo garantire che tutti gli attori, presenti e futuri, possano avervi accesso e possano usufruire della sua esplorazione e utilizzo, proteggendo al contempo le caratteristiche uniche del suo ambiente. L'unico modo per farlo è sviluppare la Luna come un ecosistema: un ambiente circolare in cui tutta l'umanità possa prosperare in maniera pacifica. La Luna rappresenta solo l'inizio, un trampolino di lancio per la nostra futura società interplanetaria. Sviluppare una governance efficace e adattabile alle circostanze ci consentirà di preservare e migliorare l'esplorazione e l'uso dello spazio come "province of all humankind", in ottemperanza a quanto stabilito nell'Articolo I del Trattato sullo Spazio Extra-Atmosferico.

Per perseguire questa visione, l'anno scorso lo Space Generation Advisory Council si è unito al dibattito globale sulla governance lunare per fornire la prospettiva delle giovani generazioni su questo argomento cruciale per il futuro dell'umanità. A tal fine, ha istituito un gruppo di lavoro composto da 14 giovani scienziati, ingegneri, giuristi, analisti politici e altri, con rappresentanza da 10 paesi: l'E.A.G.L.E. (Effective and Adaptive Governance for a Lunar Ecosystem) Action Team. Facendo leva su un'autentica comprensione del valore della cooperazione e del coordinamento al di là dei confini nazionali, la diversità del nostro team riflette la nostra comune aspirazione di coordinamento internazionale.

An effective governance regime for the Moon should have an established decision-making process and implement the results of that decision-making process. An adaptive lunar governance regime should acknowledge information gaps and establish networks to enable coordination between actors, building in feedback loops and resilience. As humanity further ventures throughout the solar system, the Moon is likely to see a flurry of activity. How we choose to establish the governance regime for this new era is as critical as the rules that it will include.

The Moon is humanity's only natural satellite. Therefore, we must ensure that all actors, present and future, can have shared and assured access to its exploration and use, while protecting the unique features of its environment. The only way to do this is if we develop the Moon as an ecosystem: a circular environment where all humanity can thrive in peace. The Moon is just the beginning, a springboard for our future interplanetary society. Developing an effective and adaptive governance for the Moon will, in the words of the evergreen Outer Space Treaty, enable us to preserve and enhance the exploration and use of space as the province of all humankind.

In pursuance of this vision, SGAC recently entered the global debate on lunar governance to provide the perspective of the young generations on this crucial topic for the future of humanity. To this end, it established an action team focused on Effective and Adaptive Governance for a Lunar Ecosystem - the E.A.G.L.E. Action Team - consisting of 14 scientists, engineers, lawyers, policy analysts, and more, with representation from 10 countries. Built upon a genuine understanding of the value of cooperation and coordination across borders, the diversity of our team reflects our desire for international coordination. Over the course of a year, the E.A.G.L.E. Team met with 21 stakeholders across national space agencies, private industry, and non-governmental organisations, to stitch together the viewpoints and proposals of these various groups and foster convergence among global actors involved in lunar governance.

Un régime de gouvernance pour la Lune devrait mettre l'accent sur l'efficacité et l'adaptabilité des réglementations et être basé sur les principes de subsidiarité. Il devrait prévoir des processus décisionnels adéquats et être en mesure de mettre en œuvre les résultats des décisions prises. Ce régime devrait également être en mesure de reconnaître les lacunes d'information et d'établir des réseaux pour permettre la coordination entre les acteurs, en créant des boucles de coordination et de résilience.

La manière dont le régime de gouvernance sera établi pour cette nouvelle ère est tout aussi critique que les règles qu'il inclura.

La Lune est notre seul satellite naturel, nous devons donc nous assurer que tous les acteurs, présents et futurs, y ont accès et puissent profiter de son exploration et de son utilisation, tout en protégeant les caractéristiques uniques de son environnement. La seule façon d'y parvenir est de développer la Lune en tant qu'écosystème: un environnement circulaire dans lequel toute l'humanité peut prospérer pacifiquement. La Lune n'est que le début, un tremplin vers notre future société interplanétaire.

La mise en place d'une gouvernance efficace et adaptable aux circonstances nous permettra de préserver et d'améliorer l'exploration et l'utilisation de l'espace en tant que « province de toute l'humanité », conformément aux dispositions de l'article premier du Traité sur l'espace extra-atmosphérique.

Pour poursuivre cette vision, le Conseil consultatif de la génération spatiale a rejoint le débat mondial sur la gouvernance lunaire l'année dernière pour fournir la perspective de la jeune génération sur ce sujet crucial pour l'avenir de l'humanité. À cette fin, il a mis en place un groupe de travail composé de 14 jeunes scientifiques, ingénieurs, juristes, analystes politiques et autres, avec des représentants de 10 pays: l'E.A.G.L.E. (Gouvernance efficace et adaptative pour un écosystème lunaire) Équipe d'action. En tirant parti d'une compréhension authentique de la valeur de la coopération et de la coordination au-delà des frontières nationales, la diversité de notre équipe reflète notre aspiration commune à une coordination internationale.

Tra Settembre 2020 e Febbraio 2021, l'EAGLE team ha incontrato 21 diverse organizzazioni, incluse agenzie spaziali, compagnie private ed enti non governativi, per comprendere i diversi punti di vista sull'attuale e futura governance lunare e promuovere la convergenza tra tutti i protagonisti coinvolti. Sulla base di queste interviste e di un'attenta analisi della situazione politica, tecnica e normativa, l'EAGLE team ha sviluppato un Rapporto sulla Governance Lunare che verrà presentato alla United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS) nel corso dell'estate 2021. Il presente articolo riassume i passaggi salienti di questo Rapporto (disponibile online <https://spacegeneration.org/eagle>), a cui si rimanda per le più puntuali ed approfondite considerazioni sugli argomenti di seguito trattati.

2. Lo status quo e le priorità globali per la creazione di un ecosistema lunare

Per poter procedere ad una definizione dei principi sui quali la governance lunare dovrebbe basarsi, è necessario anzitutto comprendere a fondo lo status quo relativo allo svolgimento e regolamentazione delle attività lunari.

Per cominciare, l'EAGLE team ha analizzato le pietre miliari dell'esplorazione lunare, identificati in una serie di primati tecnico-scientifici che hanno prodotto significative implicazioni politiche e legali. Sulla scorta di questa analisi, è emerso che la progressione storica delle attività sulla Luna ne ha plasmato la relativa regolamentazione, fondata su pietre miliari comprendenti i primi oggetti spaziali, detriti, veicoli orbitanti, organismi terrestri, atterraggi con equipaggio, rimozioni di campioni e attività commerciali.

Più di recente, nuove realtà tecniche hanno plasmato un rivigorito interesse in diverse regioni della superficie lunare dotate di intrinseco valore per fini di ricerca scientifica, di esplorazione umana e, potenzialmente, anche di sfruttamento commerciale. Negli ultimi anni, a seguito di questo rinnovato interesse, gli sviluppi della politica lunare hanno accelerato notevolmente, con l'obiettivo di rendere operative le regole generali previste dal diritto spaziale internazionale.

Building upon these interviews as well as on a thorough analysis of the lunar technical and policy landscape, the EAGLE Team has developed a Lunar Governance Report that will be submitted to the attention of the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS) at the two summer sessions of 2021.

The present article summarizes the essential elements and proposals laid down in the Report (available online <https://spacegeneration.org/eagle>), to whom we defer the reader for more specific and extensive considerations on the various topics addressed hereinafter.

2. The Status Quo and Global Priorities for the Development of a Lunar Ecosystem

In order to develop appropriate recommendations for effective and adaptive governance, it is first necessary to thoroughly assess the status quo and global priorities for the conduct and regulation of lunar activities.

To this end, the EAGLE team has studied technological firsts for lunar exploration, together with their legal and policy implications.

Based on this analysis, it found that the historical progression of lunar activity has shaped lunar exploration's legality, encompassing critical milestones related to space objects, debris, orbiting spacecraft, terrestrial organisms, crewed landings, sample removals and commercial lunar activities.

More recently, new realities have shaped the current interest in different lunar surface regions that provide a variety of value to scientific investigations, crewed exploration missions and, potentially, future commercial exploitation. In recent years, as a result of this renewed interest in the Moon, lunar policy developments have greatly accelerated, with the goal to operationalise the rules of international space law.

Entre septembre 2020 et février 2021, l'équipe EAGLE a rencontré 21 organisations différentes, dont des agences spatiales, des entreprises privées et des entités non gouvernementales, pour comprendre les différents points de vue sur la gouvernance lunaire actuelle et future et pour promouvoir la convergence entre tous les acteurs impliqués.

Sur la base de ces entretiens et d'une analyse minutieuse de la situation politique, technique et réglementaire, l'équipe EAGLE a élaboré un rapport sur la gouvernance lunaire qui sera présenté au Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique des Nations Unies (UNCOPUOS) au cours de la été 2021. Cet article résume les principaux passages de ce rapport (disponible en ligne <https://spacegeneration.org/eagle>), auxquels il convient de se référer pour des considérations plus détaillées et approfondies sur les sujets traités ci-dessous.

2. Le statu quo et les priorités mondiales pour la création d'un écosystème lunaire

Afin de procéder à une définition des principes sur lesquels doit se fonder la gouvernance lunaire, il est d'abord nécessaire de bien comprendre le statu quo relatif à la conduite et à la régulation des activités lunaires. Pour commencer, l'équipe EAGLE a analysé les jalons de l'exploration lunaire, identifiés dans une série de premières technico-scientifiques qui ont produit des implications politiques et juridiques significatives.

Sur la base de cette analyse, il est apparu que la progression historique des activités sur la Lune a façonné sa régulation, basée sur des jalons comprenant les premiers objets spatiaux, les débris, les véhicules en orbite, les organismes terrestres, les atterrissages habités, le prélèvement d'échantillons et les activités commerciales. Plus récemment, de nouvelles réalités techniques ont façonné un intérêt renouvelé pour différentes régions de la surface lunaire avec une valeur intrinsèque à des fins de recherche scientifique, d'exploration humaine et, potentiellement, même d'exploitation commerciale.

L'EAGLE team ha dunque analizzato tali sviluppi sul piano politico e legislativo, compresi i noti Artemis Accords e i documenti prodotti da gruppi come the Hague Working Group, la Moon Village Association, l'Open Lunar Foundation, lo Space Treaty Project e altri, per identificare sia gli elementi condivisi che le questioni controverse della politica lunare. In particolare, l'analisi condotta ha evidenziato sette temi su cui le proposte politiche esistenti sembrano generalmente allinearsi: l'importanza del multilateralismo, la necessità di protezione del patrimonio storico e culturale sulla Luna, la registrazione degli oggetti lunari, l'importanza della condivisione dei benefici, la necessità di identificare un meccanismo per la risoluzione delle controversie, il ruolo delle risorse spaziali e l'importanza dell'interoperabilità.

Per converso, sono stati ulteriormente identificati cinque punti controversi nello sviluppo delle politiche lunari: quale regime di governance adottare, la registrazione delle attività, i diritti sulle risorse, il ruolo delle "safety zones" e le modalità di coordinamento. All'esito di tale analisi, sono stati riscontrati tre argomenti che si sono distinti sia come terreno condiviso che come questioni controverse: multilateralismo, registrazione e risorse spaziali. Sebbene tutti gli attori lodino l'importanza del multilateralismo, non sembra esserci ancora accordo su quale dovrebbe essere la via da seguire per perseguirlo. Anche se è ampiamente condiviso che gli oggetti lunari devono essere registrati ai sensi della Convenzione sull'immatricolazione degli oggetti spaziali, è emersa una divisione per quanto riguarda la creazione di un registro dedicato esclusivamente alle attività lunari, il tipo di attività che dovrebbero essere ivi incluse e quale organizzazione dovrebbe mantenerlo.

Infine, sebbene sia generalmente riconosciuto che l'esplorazione sostenibile dello spazio non possa prescindere dall'utilizzo delle risorse disponibili in situ, è controverso come queste attività dovrebbero essere regolate, soprattutto relativamente agli aspetti commerciali.

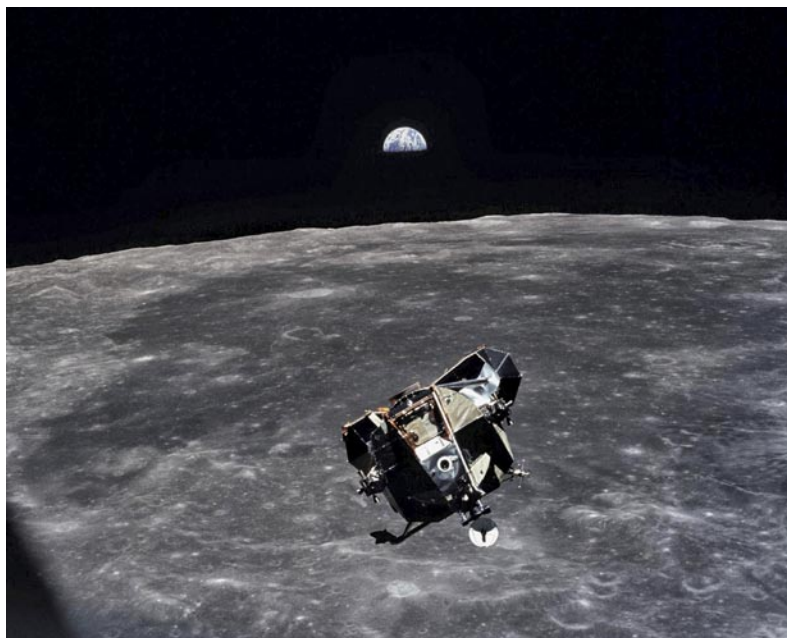


foto di Michael Collins con il modulo EAGLE

The EAGLE team has analysed these developments, including the Artemis Accords and documents produced by groups like the Hague Working Group, the Moon Village Association, the Open Lunar Foundation, the Space Treaty Project, and others, to identify shared ground and contentious issues around lunar policy developments.

In particular, our analysis has highlighted seven topics on which existing policy proposals seem to generally align: the importance of multilateralism, the need for heritage protection, the registration of lunar objects, the importance of benefit sharing, the need for dispute resolution, the role of space resources and the importance of interoperability.

Complementarily, we also identified five contentious aspects in the development of lunar policies: the structure and scope of a lunar governance regime, registration of activities, resource rights, role of safety zones and modes of coordination. From this analysis, three overarching topics stood out both as shared ground and contentious issues: multilateralism, registration and space resources. While all actors praise the importance of multilateralism, they do not seem to agree on what should be the way forward to pursue it.

Even though it is widely regarded that lunar objects should be registered under the Registration Convention, parties are divided as to the creation of a dedicated registry for lunar activities, the kind of activities that should be included there, and what entity should maintain it.

Finally, although it is generally recognized that sustainable space exploration inevitably relies on in situ resources utilisation, there is debate as to how exactly this endeavour should be regulated, especially in view of its commercialisation.

Given the early stages of lunar policy, the lack of a clear demarcation line between shared grounds and contentious issues is normal.

Ces dernières années, suite à ce regain d'intérêt, les développements de la politique lunaire se sont considérablement accélérés, dans le but de rendre opérationnelles les règles générales prévues par le droit international de l'espace.

L'équipe EAGLE a donc analysé ces développements au niveau politique et législatif, y compris les accords d'Artemis bien connus et les documents produits par des groupes tels que le Hague Working Group, la Moon Village Association, l'Open Lunar Foundation, le Space Treaty Project et d'autres, pour identifier à la fois les éléments partagés et les questions controversées de la politique lunaire. En particulier, l'analyse effectuée a mis en évidence sept thèmes sur lesquels les propositions politiques existantes semblent généralement s'aligner : l'importance du multilatéralisme, la nécessité de protéger le patrimoine historique et culturel sur la Lune, l'enregistrement des objets lunaires, l'importance du partage, la nécessité d'identifier un mécanisme de règlement des différends, le rôle des actifs spatiaux et l'importance de l'interopérabilité. A l'inverse, cinq points controversés dans l'élaboration des politiques lunaires ont été identifiés plus avant: le régime de gouvernance à adopter, l'enregistrement des activités, les droits aux ressources, le rôle des « zones de sécurité » et les modalités de coordination.

À la suite de cette analyse, trois thèmes se sont révélés être à la fois un terrain commun et des questions controversées: le multilatéralisme, l'enregistrement et les ressources spatiales. Bien que tous les acteurs louent l'importance du multilatéralisme, il semble qu'il n'y ait pas encore d'accord sur la voie à suivre pour le poursuivre.

S'il est largement admis que les objets lunaires doivent être enregistrés en vertu de la Convention sur l'immatriculation des objets spatiaux, une division a émergé concernant la création d'un registre dédié uniquement aux activités lunaires, le type d'activités qui devraient y être incluses.

Tutto considerato, il Rapporto dell'EAGLE Team svela che le proposte politiche lunari tendono più a essere d'accordo che in disaccordo, e dove c'è disaccordo, questo sembra essere principalmente causato da una mancanza di chiara comprensione delle posizioni "avversarie".

Per completare l'analisi condotta sullo status quo, l'EAGLE team ha ritenuto opportuno attenzionare anche i bisogni e le priorità della comunità spaziale al di là di quanto formalizzato per iscritto. A tale scopo, il team ha intervistato 21 diverse organizzazioni, incluse agenzie spaziali, compagnie private ed enti non governativi, rappresentative dei vari segmenti della comunità spaziale.

Durante queste interviste, lo sviluppo di un'economia lunare è stato costantemente sottolineato come una componente essenziale per la sostenibilità delle attività lunari.

A tal fine, è emerso che le attività private lunari potrebbero trarre grandi vantaggi da una più robusta integrazione con le industrie e i mercati terrestri. Allo stesso tempo, una maggiore domanda di prodotti e servizi nello spazio dovrebbe essere incoraggiata con il sostegno del settore pubblico.

È qui che entrano in gioco i governi e le agenzie spaziali.

Queste entità potrebbero e dovrebbero fornire un supporto migliore alle attività lunari non governative, e dalle nostre interviste è emerso come le istituzioni pubbliche siano desiderose di agire da catalizzatori per la crescita di un'economia lunare stabile. A tale scopo, lo sviluppo "multi-stakeholder" di standard globali e di infrastrutture condivise e interoperabili potrebbe già rivelarsi un valido passo avanti.

Aggiungendo la prospettiva accademica all'equazione, siamo stati portati a prestare molta attenzione alle conseguenze potenzialmente dannose di un'errata regolamentazione ed improprio coordinamento, e dunque a quanto la necessità di soluzioni equilibrate sia più importante della necessità di qualsivoglia soluzione.

At the same time, our analysis revealed that proposed policies tend more to agree than disagree, and where there is disagreement, this seems to be primarily caused by a lack of clear understanding of the "adversary" positions.

To complement the analysis on the status quo, the EAGLE Team has then paid careful consideration to the needs and priorities of the global space community beyond what has been formalized in existing policy documents.

These findings have been developed based on a series of interviews conducted between September 2020 and February 2021 with 21 stakeholders representing the various segments and interests of the global space community.

During our interviews, the development of a lunar economy has been constantly underlined as an essential component of sustainable lunar activities.

To address this, we have found that privates may benefit from more robust integration with terrestrial industries and markets. In the meantime, a greater in-space demand for products and services should be fostered with the enabling support of the public sector.

This is where governments and space agencies come into play. These entities could and should provide better support to non-governmental lunar activities. From our interviews, public institutions are eager to act as catalysts for the growth of a stable lunar economy.

The multi-stakeholder development of global standards and shared and interoperable infrastructures can prove to be a valid step forward in this direction.

Adding the academic perspective into the equation, we have been brought to pay close attention to the potentially harmful and detrimental consequences of poor regulation and coordination.

From the objective perspective of academia, the need for balanced solutions is underlined as more important than the need for *any* solution.

Et quelle organisation devrait le maintenir.

Enfin, bien qu'il soit généralement admis que l'exploration spatiale durable ne peut être séparée de l'utilisation des ressources disponibles in situ, la manière dont ces activités devraient être réglementées est controversée, en particulier en ce qui concerne les aspects commerciaux. Dans l'ensemble, le rapport de l'équipe EAGLE révèle que les propositions de politique lunaire tendent plus à être d'accord qu'à être en désaccord, et en cas de désaccord, cela semble être principalement causé par un manque de compréhension claire des positions de « l'adversaire ».

Pour compléter l'analyse menée sur le statu quo, l'équipe EAGLE a jugé opportun de prêter également attention aux besoins et priorités de la communauté spatiale au-delà de ce qui a été formalisé par écrit. Pour ce faire, l'équipe a interrogé 21 organisations différentes, dont des agences spatiales, des entreprises privées et des entités non gouvernementales, représentatives de divers segments de la communauté spatiale. Au cours de ces entretiens, le développement d'une économie lunaire a été constamment souligné comme un élément essentiel pour la durabilité des activités lunaires.

À cette fin, il est apparu que les entreprises lunaires privées pourraient grandement bénéficier d'une intégration plus robuste avec les industries et les marchés terrestres. Dans le même temps, une demande accrue de produits et de services dans l'espace devrait être encouragée avec le soutien du secteur public.

C'est là qu'interviennent les gouvernements et les agences spatiales. Ces entités pourraient et devraient fournir un meilleur soutien aux activités lunaires non gouvernementales, et nos entretiens ont montré que les institutions publiques sont désireuses d'agir en tant que catalyseurs pour la croissance d'une économie lunaire stable.

À cette fin, le développement « multipartite » de normes mondiales et d'infrastructures partagées et interoperables pourrait déjà s'avérer un pas en avant précieux.

In definitiva, abbiamo distillato le seguenti cinque fondamentali priorità globali, combinando quelle portate alla luce dagli attori intervistati e quelle emerse dal panorama della politica lunare:

1) L'armonizzazione internazionale è la chiave per una governance adattiva. Questa prima priorità si riferisce allo sviluppo di un quadro normativo intermedio che possa guidare l'applicazione degli esistenti principi di diritto internazionale dello spazio, consentire il coordinamento internazionale tra gli operatori, migliorare l'esplorazione condivisa tra partner diversi e fornire una solida guida alle aziende.

2) Negoziazioni inclusive e trasparenti sono vitali per una governance legittima. Questa seconda priorità sottolinea l'importanza di negoziati diplomatici inclusive e trasparenti condotti con adeguata considerazione degli interessi di tutti gli Stati come condizione fondamentale per una governance lunare dotata di adeguata legittimità.

3) Il dialogo multisetoriale è cruciale per una governance efficace. Questa terza priorità rivela il valore aggiunto che si ottiene valorizzando contributi provenienti da una pluralità di attori rappresentanti la società globale nella sua interezza, per aumentare l'efficacia della governance grazie alla ricchezza di istanze e competenze.

4) La sinergia tra pubblico e privato è una componente essenziale di un ecosistema lunare.

Questa quarta priorità si riferisce al supporto che il settore pubblico deve fornire alle compagnie lunari per lo sviluppo di modelli finanziari in grado di attrarre investimenti privati, per una democratizzazione dell'accesso alla Luna e la riduzione di pressioni sugli Stati.

5) Gli aspetti tecnici saranno cruciali tanto quanto gli sviluppi politici. La quinta ed ultima priorità ribadisce il ruolo essenziale della cooperazione tecnica per la creazione di un ecosistema lunare fiorente e sostenibile, in particolare attraverso lo sviluppo di standard condivisi, sistemi interoperabili e infrastrutture comuni.

Questo elenco di cinque priorità globali è permeato da una tendenza generale che abbiamo riconosciuto come assolutamente pregnante: la sostenibilità. Non ci può essere alcun futuro positivo sulla Luna senza questo elemento, che deve svolgere un ruolo centrale nella preparazione di strumenti legislativi, tecnologie e missioni.

Ultimately, we distilled the following five key global priorities, encompassing those brought forth by the interviewed actors as well as those emerged from the lunar policy landscape:

1) International harmonisation is the key to adaptive governance.

The first priority refers to the development of a middle-level framework that could guide the application of the OST principles to lunar activities, to enable international coordination among operators, enhance shared exploration among partners and provide sound guidance to companies.

2) Inclusive and transparent negotiations are vital for legitimate governance.

The second priority underscores the importance of inclusive and open diplomatic negotiations conducted with due regard to the interests of all States, as a fundamental condition to provide lunar governance with an adequate level of democratic legitimacy.

3) Multi-stakeholder discussions are crucial for effective governance.

The third priority reveals the added value of complementing diplomatic negotiations with contributions from a plurality of actors across the global society, to increase the effectiveness of the governance system thanks to their instances and expertise.

4) Public/private partnerships are an essential component of a lunar ecosystem.

The fourth priority refers to public entities supporting private lunar enterprises in the development of robust business cases that can attract private financial investments, to democratise access to the Moon and reduce pressure upon States.

5) Technical aspects are just as critical as legal and policy developments.

The fifth and final priority underlines the critical role that can be played by technical integration for the establishment of a thriving lunar ecosystem, in particular through the development of shared standards, interoperable systems and common infrastructure.

En ajoutant la perspective académique à l'équation, nous avons été amenés à porter une attention particulière aux conséquences potentiellement néfastes d'une réglementation incorrecte et d'une mauvaise coordination, et donc à quel point le besoin de solutions équilibrées est plus important que le besoin de toute solution.

En fin de compte, nous avons distillé les cinq priorités mondiales clés suivantes, combinant celles découvertes par les acteurs interrogés et celles émergeant du paysage politique lunaire:

1) L'harmonisation internationale est la clé d'une gouvernance adaptative

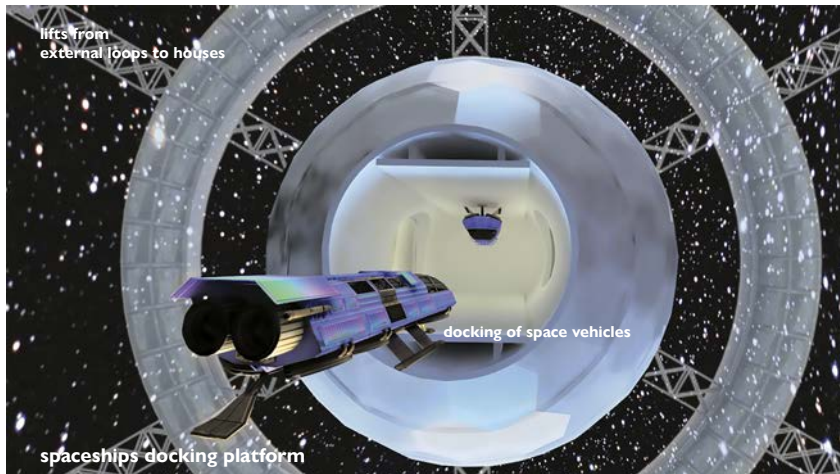
Cette première priorité concerne le développement d'un cadre réglementaire intermédiaire pouvant guider l'application des principes existants du droit spatial international, permettre une coordination internationale entre les opérateurs, améliorer l'exploration partagée entre différents partenaires et fournir des orientations solides aux entreprises.

2) Des négociations inclusives et transparentes sont vitales pour une gouvernance légitime

Cette deuxième priorité souligne l'importance de négociations diplomatiques inclusives et transparentes conduites avec une prise en compte adéquate des intérêts de tous les États comme condition préalable fondamentale à une gouvernance lunaire avec une légitimité adéquate.

3) Le dialogue multisectoriel est essentiel pour une gouvernance efficace

Cette troisième priorité révèle la valeur ajoutée obtenue en valorisant les contributions d'une pluralité d'acteurs représentant la société mondiale dans son ensemble, pour accroître l'efficacité de la gouvernance grâce à la richesse des demandes et des compétences.



credit Center for Near Space, Italian Institute for the Future

3. Il futuro della governance lunare

Il lavoro condotto dall'EAGLE Team è stato accolto con grande entusiasmo. In quanto rappresentanti delle nuove generazioni, ci vediamo riconosciuta la possibilità e la responsabilità di esprimere le nostre prospettive per il futuro della governance lunare. A tal fine, l'ultima sezione del nostro Rapporto include la proposta delle nuove generazioni per i futuri sviluppi legali e politici delle attività sulla Luna. Spinti da principi di adattabilità e di inclusione, abbiamo deciso di concentrarci sullo sviluppo di una narrativa condivisibile, che riteniamo possa essere catturata da un nuovo strumento internazionale: una Carta della Governance Lunare.

Sulla base dell'analisi condotta nel nostro Rapporto, abbiamo riscontrato molte ragioni per cui una Carta potrebbe essere il tipo di strumento legale necessario in questo momento storico della diplomazia spaziale internazionale. Monitorandone attentamente gli sviluppi dalla sua nascita fino all'epoca contemporanea, è emerso chiaramente un preciso marchio temporale. Gli strumenti di regolamentazione sviluppati dalla Commissione ONU sullo spazio seguono una regolare cadenza ventennale. Trattati, principi e linee-guida: ciascuno di questi strumenti ha caratterizzato uno dei tre passati ventenni di diplomazia spaziale internazionale. Nel panorama in continua evoluzione della politica spaziale, riteniamo che il prossimo ventennio potrebbe essere proprio quello delle Carte. Storicamente, le Carte si inseriscono in un momento in cui la tecnologia e lo sviluppo economico progrediscono costantemente a un ritmo rapido, come il nostro.

Concettualmente, le Carte racchiudono un approccio generale ma coerente alla regolamentazione di un dato argomento, come quello di cui abbiamo bisogno ora. Infine, le Carte hanno una natura giuridica flessibile: possono essere vincolanti o non vincolanti, a seconda degli intenti che guidano i loro processi. Crediamo dunque che una Carta potrebbe aiutarci a raggiungere lo sviluppo pacifico della Luna e l'uso sostenibile delle sue risorse.

This list of five global priorities is permeated by an overarching trend that we recognised as utmostly defining: sustainability. There can't be any positive future on the Moon without this element, which must play a central role in the design of laws, technologies and missions.

3. The Way Forward for Lunar Governance

During our interviews, the work conducted by the E.A.G.L.E. Action Team has been greeted with great enthusiasm. In particular, much emphasis has been placed on the fact that as representatives of the new generations, we have the possibility and the responsibility to express our perspectives for the future of lunar governance. To this end, the final section of our Report includes our proposal for a way forward. We hope it can contribute to the early solutioning of what a lunar governance landscape could look like, acknowledging that it will naturally evolve as human presence further expands on the Moon. Driven by adaptiveness and inclusiveness, rather than crafting a dry list of fixed recommendations, we decided to focus on the development of a sharable narrative. After long reflection, we realized this narrative could be captured by a new international instrument: a Lunar Governance Charter.

Based on the analysis conducted in our report, we found many reasons why a Charter could be the type of legal instrument needed at this point in international space diplomacy. Once we began to track international space diplomacy, one thing became evident: there is a pattern. The regulatory tools devised in UNCOPUOS seemingly follow a life span of roughly 20 years.

Treaties, principles, and guidelines each characterised two decades of international space diplomacy. In the ever-changing landscape of space policy, we argue that the next two decades may be those of charters. Historically, charters fit in a time where technology and economic development constantly progresses at a rapid rate, like ours.

4) La synergie entre public et privé est une composante essentielle d'un écosystème lunaire.

Cette quatrième priorité renvoie au soutien que le secteur public doit apporter aux entreprises lunaires pour le développement de modèles financiers capables d'attirer les investissements privés, pour une démocratisation de l'accès à la Lune et la réduction de la pression sur les États.

5) Les aspects techniques seront aussi cruciaux que les développements politiques.

La cinquième et dernière priorité réaffirme le rôle essentiel de la coopération technique pour la création d'un écosystème lunaire prospère et durable, notamment grâce au développement de normes partagées, de systèmes interopérables et d'infrastructures communes. Cette liste de cinq priorités mondiales est imprégnée par une tendance générale que nous avons reconnue comme absolument poignante: la durabilité. Il ne peut y avoir d'avenir positif sur la Lune sans cet élément, qui doit jouer un rôle central dans la préparation des outils législatifs, des technologies et des missions.

3. L'avenir de la gouvernance lunaire

Le travail réalisé par l'EAGLE Team a été accueilli avec beaucoup d'enthousiasme. En tant que représentants des nouvelles générations, nous reconnaissons la possibilité et la responsabilité d'exprimer nos perspectives pour l'avenir de la gouvernance lunaire. À cette fin, la dernière section de notre rapport comprend la proposition des nouvelles générations pour les futurs développements juridiques et politiques des activités sur la Lune. Animés par des principes d'adaptabilité et d'inclusion, nous avons décidé de nous concentrer sur le développement d'un récit partageable, qui, selon nous, peut être capturé par un nouvel instrument international: une charte de la gouvernance lunaire.

Sur la base de l'analyse effectuée dans notre rapport, nous avons trouvé de nombreuses raisons pour lesquelles une Charte pourrait être le type d'instrument juridique nécessaire à ce moment historique de la diplomatie spatiale internationale.

Ampliando il discorso già avviato in vari documenti politici, una Carta della governance lunare potrebbe chiarire questioni o incomprensioni su concetti come safety zones, diritti sulle risorse, protezione del patrimonio culturale e storico della Luna, interoperabilità e aspetti commerciali. In aggiunta, una Carta della Governance Lunare fornirebbe l'opportunità di consolidare il consenso esistente sull'applicazione pratica dei principi fondamentali del diritto internazionale dello spazio nel contesto delle attività lunari. In tal modo, una Carta della Governance Lunare potrebbe costituire un quadro di riferimento condiviso per una governance adattiva da cui i suoi firmatari potranno in futuro ricavare nuovi e ulteriori principi.

Coerentemente con l'analisi condotta nel Rapporto, la nostra proposta di Lunar Governance Charter non è concepita come un prodotto finito, ma piuttosto come l'inizio di un nuovo percorso. Gli aspetti fondamentali che riteniamo debbano essere trattati nella Carta possono essere suddivisi in due gruppi: i fondamenti della Carta e le sue potenziali disposizioni. All'interno del primo gruppo, crediamo che una Carta della Governance Lunare debba iniziare riaffermando le fondamentali norme del diritto spaziale internazionale condivise da tutti gli attori. Successivamente, riteniamo che la Carta debba dichiarare i principi guida che hanno informato lo sviluppo della Carta stessa e ne animeranno l'applicazione pratica. All'interno del secondo gruppo, crediamo che una Carta della governance lunare debba affrontare i seguenti dieci aspetti: inclusività, interoperabilità, protezione della vita umana, protezione del patrimonio storico e culturale, bilanciamento tra scienza e impresa, uso delle risorse lunari, safety zones, registrazione e responsabilità, coordinamento minimo e risoluzione dei conflitti.

Per quanto attiene al procedimento di sviluppo della Carta, riteniamo naturale che i relativi negoziati si svolgano sotto gli auspici della Commissione ONU sullo spazio. Allo stesso tempo, crediamo che il valore globale della Luna impone che tali negoziati seguano un processo "multi-stakeholder" in grado di valorizzare le diverse prospettive dell'umanità nella sua interezza.

Conceptually, charters encapsulate a general but coherent approach to the regulation of a given topic, like the one we need now. Finally, charters have a flexible legal nature: they can either be binding or non-binding, depending on the intents driving their processes. We believe that a Charter could help us achieve the peaceful development of the Moon as well as the sustainable use of its resources. Broadening the discourse initiated already in various policy documents, a Lunar Governance Charter can clarify issues or misunderstandings on concepts such as safety zones, priority rights, heritage protection, interoperability, and commercial space. A Lunar Governance Charter can also consolidate existing consensus on the operationalisation of fundamental principles of space law within the context of lunar activities. Framed in these terms, a Lunar Governance Charter can constitute a shared reference framework for adaptive governance that its Signatories can build upon.

Consistently with the analysis conducted throughout this report, our proposal for a Lunar Governance Charter is not conceived as a finished product, but rather as the beginning of it. At the same time, we felt the responsibility of accompanying it with some substantive and procedural suggestions to help framing the development of multi-stakeholder dialogue. The fundamental topics that we believe should be included in the Charter could be divided in two groups: the foundations of the Charter and its potential provisions. Within the first group, we believe that a Lunar Governance Charter should begin by restating the fundamental rules of international space law that we all share, as well as the guiding principles animating the development of the way forward. Within the second group, we believe that a Lunar Governance Charter should address ten aspects: inclusiveness, interoperability, human life protection, heritage preservation, science/business balance, use of lunar resources, safety zones, registration and liability, minimum coordination and conflict resolution.

En suivant attentivement ses évolutions depuis sa naissance jusqu'à l'époque contemporaine, un horodatage précis a clairement émergé. Les outils réglementaires développés par la Commission des Nations Unies sur l'espace suivent une période régulière de 20 ans. Traités, principes et lignes directrices: chacun de ces outils a caractérisé l'une des trois dernières décennies de la diplomatie spatiale internationale. Dans le paysage en constante évolution de la politique spatiale, nous pensons que les vingt prochaines années pourraient être précisément celles des chartes.

Historiquement, les chartes s'inscrivent dans une époque où la technologie et le développement économique progressent constamment à un rythme rapide, comme le nôtre. Conceptuellement, les chartes englobent une approche générale mais cohérente de la réglementation d'un sujet donné, tel que celui dont nous avons besoin maintenant. Enfin, les chartes ont une nature juridique flexible: elles peuvent être contraignantes ou non contraignantes, selon l'intention qui guide leurs processus.

Nous pensons donc qu'une Charte pourrait nous aider à réaliser le développement pacifique de la Lune et l'utilisation durable de ses ressources. En élargissant le discours déjà initié dans divers documents politiques, une charte de gouvernance lunaire pourrait clarifier des problèmes ou des malentendus sur des concepts tels que les zones de sécurité, les droits aux ressources, la protection du patrimoine culturel et historique de la Lune, l'interopérabilité et les aspects commerciaux. En outre, une charte de la gouvernance lunaire offrirait l'occasion de consolider le consensus existant sur l'application pratique des principes fondamentaux du droit international de l'espace dans le contexte des activités lunaires. De cette manière, une charte de gouvernance lunaire pourrait fournir un cadre commun pour une gouvernance adaptative dont ses signataires pourront tirer des principes nouveaux et supplémentaires à l'avenir.

Pertanto, auspichiamo che la Commissione ONU sullo spazio trovi modi adeguati per ricevere e implementare i vari input della società globale.

4. Conclusioni

Per un anno abbiamo ascoltato le voci della comunità spaziale. Con la proposta di una Carta della Governance Lunare è giunto il momento di esprimere la nostra.

Consapevoli dei benefici della pluralità, vorremmo che la nostra voce aiutasse a sincronizzare tutte le altre, trasformando l'attuale cacofonia in un coro armonioso.

Ci auguriamo di poter riaccendere la fiamma che ha accompagnato i migliori anni del diritto spaziale internazionale, catalizzando il potenziale esistente per lo sviluppo di un ecosistema legale lunare che possa onorare l'esplorazione e l'uso della Luna come bene di tutta l'umanità.

Con questo scopo in mente, abbiamo dato vita all'idea di una Carta per impostare una narrazione condivisa che possa inquadrare il dibattito globale sulla governance lunare in termini sia idealistici che pragmatici.

Come già sottolineato, la Luna è solo l'inizio, un trampolino di lancio per la nostra futura società interplanetaria.

Allo stesso modo, ci auguriamo che il nostro contributo possa essere solo l'inizio di un nuovo processo che unisca tutta l'umanità in una narrativa di pace, prosperità e sostenibilità.

Cinquantadue anni fa, il 20 luglio 1969, un'aquila che trasportava tre uomini atterrava sulla Luna. Oggi, mentre l'umanità si prepara per lo storico atterraggio della prima donna, una nuova aquila con a bordo quattordici giovani entusiasti dello spazio sta decollando. E non vediamo l'ora di vedere dove atterrerà.

For what concerns the development of the Charter, we recognise that its related negotiations should naturally be conducted under the auspices of UNCOPUOS.

At the same time, we believe the global significance of the Moon requires a multi-stakeholder process drawing from the various perspectives of all humanity. Therefore, we suggest that UNCOPUOS find appropriate ways to receive and implement inputs from global society.

4. Conclusion

For one year, we listened to the voices of the space community. With this proposal, the time has come to express our own. Mindful of the benefits of plurality, we would like for our voice to help synchronise all the others, turning the current cacophony into a harmonious choir.

Above all, we hope to spark the bright flame that has lighted the best years of international space law, catalysing the existing potential for developing a lunar legal ecosystem that can honour the exploration and use of the Moon as the province of all humankind.

With this purpose in mind, we birthed the idea of a Lunar Governance Charter as a shared narrative that could frame the global debate on lunar governance within pragmatic but also idealistic terms.

As we said many times, the Moon is just the beginning, a springboard for our future interplanetary society. Similarly, we truly hope that our report could be just the beginning of a new process uniting all humanity under a narrative of peace, prosperity and sustainability.

Sixty-two years ago, on July 20 1969, an eagle carrying three men had landed on the Moon. Today, as humanity prepares for the first woman's historical land, a new eagle with fourteen young space enthusiasts onboard is taking off. And we cannot wait to see where it will land.

Conformément à l'analyse menée dans le rapport, notre proposition de charte de gouvernance lunaire n'est pas conçue comme un produit fini, mais plutôt comme le début d'une nouvelle voie. Les aspects clés qui, selon nous, devraient être traités dans la Charte peuvent être divisés en deux groupes: les fondements de la Charte et ses dispositions potentielles.

Au sein du premier groupe, nous pensons qu'une charte de la gouvernance lunaire doit commencer par réaffirmer les normes fondamentales du droit international de l'espace partagées par tous les acteurs. Par la suite, nous pensons que la Charte doit énoncer les principes directeurs qui ont guidé l'élaboration de la Charte elle-même et animeront son application pratique.

Au sein du deuxième groupe, nous pensons qu'une charte de gouvernance lunaire devrait aborder les dix aspects suivants: inclusivité, interopérabilité, protection de la vie humaine, protection du patrimoine historique et culturel, équilibre entre science et entreprise, utilisation des ressources lunaires, zones de sécurité, enregistrement de la responsabilité, la coordination minimale et la résolution des conflits.

En ce qui concerne le processus d'élaboration de la Charte, nous considérons qu'il est naturel que les négociations pertinentes se déroulent sous les auspices de la Commission des Nations Unies sur l'espace.

En même temps, nous pensons que la valeur globale de la Lune dicte que de telles négociations suivent un processus « multi-acteurs » capable de renforcer les différentes perspectives de l'humanité dans son ensemble.

Par conséquent, nous espérons que la Commission des Nations Unies sur l'espace trouvera des moyens adéquats pour recevoir et mettre en œuvre les diverses contributions de la société mondiale.

les références

Treaties

- Agreement on the Rescue of Astronauts, the Return of Astronauts and the Return of Objects Launched into Outer Space, entered into force Dec. 3rd, 1968, 672 UNTS 119
- Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies entered into force July 11, 1984, 1363 UNTS 3
- Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects entered into force Oct. 9, 1973, 24 U.S.T. 2389, 961 U.N.T.S. 187
- Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space, entered into force Sep. 15, 1976, 28 U.S.T. 695, 1023 U.N.T.S. 15
- Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies, entered into force Oct. 10, 1967, 18 U.S.T. 2410, 610 U.N.T.S. 205

Policy Documents

- The Artemis Accords - Principles For Cooperation In The Civil Exploration And Use Of The Moon, Mars, Comets and Asteroids For Peaceful Purposes, available online (accessed April 2021)
- Best Practices for Sustainable Lunar Activities, available online (accessed April 2021)
- Building Blocks For The Development of an International Framework For The Governance Of Space Resource Activities, available online (accessed April 2021)
- Lunar Resources Policy, available online (accessed April 2021)
- Model Implementation Agreement For The Moon Treaty, available online (accessed April 2021)
- Space Tenure: The Policies of Sustained Lunar Presence, available online (accessed April 2021)
- Vancouver Recommendations on Space Mining, available online (accessed April 2021)

Academic Documents

- Mahesh Anand, Ian Crawford et al., A Brief Review Of Chemical And Mineralogical Resources On The Moon And Likely Initial In Situ Resource Utilization (Isru) Applications, 74 (1) Planetary and Space Science 74 42-48 (2012).
- Kevin M. Cannon and Daniel T. Britt, A Geologic Model For Lunar Ice Deposits At Mining Scales, 347 Icarus 113778 (2020)
- Roger N. Clark, Detection Of Adsorbed Water And Hydroxyl On The Moon, 326 (5952) Science 562-564 (2009)
- Anthony Colaprete, Peter Schulz et al., Detection Of Water In The Lcross Ejecta Plume, 330 (6003) Science 463-468 (2010).
- Ian A. Crawford, Lunar Resources, 39 Progress in Physical Geography 137-167 (2015)
- William C. Feldman, Sylvestre Maurice et al. Fluxes Of Epithermal Neutrons From Lunar Prospector; Evidence For Water Ice At The Lunar Poles, 281 (5382) Science 1496-500 (1998).
- Jessica Flahaut, Jean-François Blanchette-Guertin et al., Identification And Characterization Of Science-rich Landing Sites For Lunar Lander Missions Using Integrated Remote Sensing Observations, 50 (12) Advances in Space Research 1647-1665 (2012)
- STEPHAN HOBE, BERNHARD SCHMIDT-TEDD, AND KAI-UWE SCHROGL (eds.) COLOGNE COMMENTARY ON SPACE LAW (VOL.1) , 2017
- Tanja Masson-Zwaan & Mark J. Sundahl, The Lunar Legal Landscape: Challenges and Opportunities, 46 (1) Air & Space Law 29–56 (2021)
- Michael R. Migaud, Robert A. Greer and Justin B. Bullock, Developing an Adaptive Space Governance Framework, 55 Space Policy, Volume 101400 (2021)
- Paul D. Spudis, David Bussey et al., Initial Results For The North Pole Of The Moon From Mini-sar, Chandrayaan-1 Mission, 37 (6) Geophysical Research Letters L06204 (2010)

Miscellaneous

- Jim Brindestine, Artemis is Our Future, available online (accessed April 2021).
- Steve Gorman, Buzz Aldrin, Second Man on Moon, Recalls ‘Magnificent Desolation.’, available online (accessed April 2021).
- Will Moreland, The Purpose of Multilateralism, available online (accessed April 2021)
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, RADIO REGULATIONS: ARTICLES 295 (2016)
- Luna Missions, available online (accessed April 2021)

Acknowledgments

The authors would like to clarify that this contribution reflects the EAGLE Executive Summary and acknowledge the other 12 members of the EAGLE team as co-authors:: Antonino Salmeri, Nuria Ali, Ghaida Aloumi, Amelia Batcha, Erwan Beauvois, Erin Gibbons, Mclee Kerolle, Martin Losekamm, Carlos Mariscal, Mariam Naseem, Paolo Pino, Giuliana Rotola, Mehak Sarang and Jenna Tiwana.

4. Conclusions

Depuis un an, nous écoutons les voix de la communauté spatiale. Avec la proposition d'une charte de la gouvernance lunaire, le moment est venu d'exprimer notre opinion.

Conscients des avantages de la pluralité, nous aimerions que notre voix aide à synchroniser toutes les autres, transformant la cacophonie actuelle en un chœur harmonieux. Nous sommes impatients de raviver la flamme qui a accompagné les meilleures années du droit spatial international, catalysant le potentiel qui existe pour le développement d'un écosystème juridique lunaire qui peut honorer l'exploration et l'utilisation de la Lune comme un atout de toute l'humanité.

Avec cet objectif à l'esprit, nous avons donné vie à l'idée d'une charte pour mettre en place un récit partagé qui peut encadrer le débat mondial sur la gouvernance lunaire en termes à la fois idéalistes et pragmatiques. Comme déjà souligné, la Lune n'est que le début, un tremplin pour notre future société interplanétaire. De même, nous espérons que notre contribution ne pourra être que le début d'un nouveau processus qui unit toute l'humanité dans un récit de paix, de prospérité et de durabilité. Il y a cinquante-deux ans, le 20 juillet 1969, un aigle transportant trois hommes s'est posé sur la lune.

Aujourd'hui, alors que l'humanité se prépare pour le premier atterrissage historique des femmes, un nouvel aigle transportant quatorze jeunes passionnés de l'espace prend son envol. Et nous avons hâte de voir où il atterrit.

Remerciements

Les auteurs tiennent à préciser que cette contribution reflète le résumé exécutif d'EAGLE et reconnaissent les autres membres de l'équipe EAGLE en tant que co-auteurs : Antonino Salmeri, Nuria Ali, Ghaida Aloumi, Amelia Batcha, Erwan Beauvois, Erin Gibbons, Mclee Kerolle, Martin Losekamm, Carlos Mariscal, Mariam Naseem, Paolo Pino, Giuliana Rotola, Mehak Sarang e Jenna Tiwana.

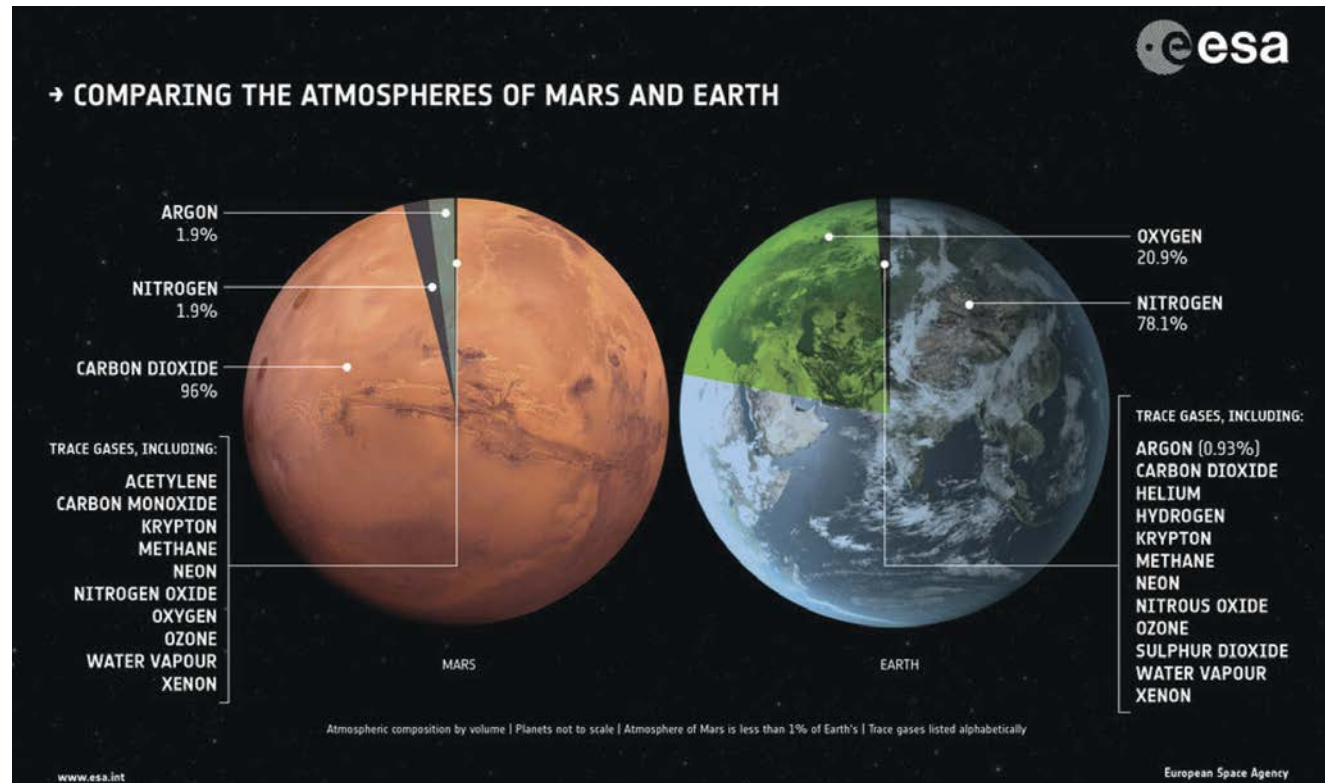


Fig. 1) Comparison in the atmospheric composition between Mars

Prepararsi per vivere sulla Luna e su Marte

L'esplorazione umana dello spazio si può concentrare nell'arco di questo secolo su pochi ma fondamentali obiettivi, tutti facenti parte del nostro sistema solare: Luna, Marte, Asteroidi. Le sfide tecnologiche per raggiungere questi corpi celesti e, nel caso della Luna e Marte, insediare colonie umane permanenti, sono molto complesse, possibili solo sulla base di risorse economiche pubbliche messe a disposizione da molti paesi e con il concorso crescente dell'industria privata che sta per diventare un operatore autonomo nella corsa allo spazio.

La difficoltà della sfida è legata alle sostanziali differenze ambientali riscontrabili su corpi come la Luna e Marte rispetto a quelle presenti sulla terra sulla quale la nostra specie si è evoluta. Se prendiamo come esempio Marte, che è l'unico pianeta del Sistema solare che può essere convertito ad uso di seconda casa per il genere umano, la sua debole, in confronto alla terra, atmosfera è composta quasi esclusivamente da anidride carbonica, i livelli di radiazioni sulla sua superficie sono notevoli, le temperature sono in media molto basse e non esiste acqua immediatamente disponibile per usi umani (fig.1).

Nonostante queste difficoltà, l'insediamento permanente sulla Luna e su Marte è possibile perseguendo dei piani generali di esplorazione già formulati da parte dei principali operatori del settore, NASA in testa a tutti.

Preparing for Living on Moon and Mars

The human exploration of space in this century can be summarised on a few but fundamental objectives, all of which are part of our solar system: Moon, Mars, Asteroids. The technological challenges to reach these celestial bodies and, in the case of the Moon and Mars, to establish permanent human colonies, possible only on the basis of public economic resources made available by many countries. Private industries are now disrupting the space industry and apply new ideas to the table in order to grow and enrich the knowledge about the unknown.

The difficulty of the challenge is linked to the substantial environmental differences found on bodies such as the Moon and Mars compared to those present on the earth on which our species evolved. If we take as an example Mars, which is the only planet in the Solar System that can be converted into a second home for us, has a lack of resources and safety compared to the earth. The atmosphere is composed almost exclusively of carbon dioxide, the levels of radiation on its surface are considerable, temperatures are on average very low and there is no water available for human use on the surface. (fig. 1).

Despite these difficulties, the permanent settlement on the Moon and Mars is possible by pursuing general exploration plans already formulated by the main operators in the industry, NASA at the head of all.

L'esplorazione umana dell'espazio può concentrarsi in questo secolo su pochi obiettivi fondamentali, tutti parte del nostro sistema solare: la Luna, Marte, gli asteroidi. Le sfide tecnologiche per raggiungere questi corpi celesti e, nel caso della Luna e di Marte, per stabilire colonie umane permanenti sono molto complesse, possibili unicamente sulla base delle risorse economiche pubbliche messe a disposizione da numerosi paesi e con la crescente contribuzione del settore privato, industria che è in grado di diventare un operatore autonomo nella corsa all'espazio.

La difficoltà della sfida è legata alle sostanziali differenze ambientali riscontrabili su corpi come la Luna e Marte rispetto a quelle presenti sulla terra sulla quale la nostra specie si è evoluta. Se prendiamo come esempio Marte, che è l'unico pianeta del sistema solare che può essere convertito in residenza secondaria per l'umanità, la sua atmosfera debole, in confronto alla terra, è composta quasi esclusivamente di diossido di carbonio, i livelli di radiazioni sulla sua superficie sono notevoli, le temperature sono in media molto basse e non esiste acqua immediatamente disponibile per l'uso umano (fig. 1).

Malgrado queste difficoltà, l'insediamento permanente sulla Luna e su Marte è possibile perseguendo dei piani generali di esplorazione già formulati dai principali operatori del settore, la NASA in testa.

Questi obiettivi, una volta raggiunti, saranno di immenso valore: la possibilità di vivere in maniera permanente sulla Luna e su Marte rendere enormemente più facile l'espansione del genere umano anche al di fuori del sistema solare in tempi futuri ed ancora molto lontani da venire, quando saranno superati i limiti tecnologici insiti nella propulsione chimica dei razzi vettori che sono alla base di qualunque progetto di esplorazione spaziale formulabile in tempi brevi.

E' errato pensare alla colonizzazione umana della Luna e di Marte come un investimento aggiuntivo che l'umanità deve sostenere al posto di risolvere problemi molto terrestri: dalla fame nel mondo, al problema ambientale, a quello della riduzione delle risorse.

Al contrario, prepararsi per colonizzare la Luna e Marte e sfruttare le risorse minerarie degli asteroidi costituisce un modo eccellente per contribuire a risolvere moltissimi dei problemi che affrontiamo sul pianeta Terra.

Dal momento che le sfide tecnologiche previste per raggiungere lo scopo sono enormi, anche le loro conseguenze in termini di applicazioni terrestri saranno immense: dalle telecomunicazioni, all'alimentazione, dall'agricoltura all'architettura, dalla medicina alla produzione industriale ed all'industria dell'intrattenimento.

La preparazione per la colonizzazione della Luna e di Marte include il coinvolgimento di tutti i settori industriali. Questa preparazione può essere notevolmente aiutata dall'impiego sulla terra di strutture analoghe a quelle spaziali, nelle quali si possono testare tecnologie e metodologie che saranno successivamente impiegate ed evolute per applicazioni in ambienti spaziali rilevanti. I cosiddetti analoghi spaziali sono collocati generalmente in ambienti remoti, in aree molto calde o fredde come deserti o in Antartide.

Gli ambienti estremi (fig. 2) disponibili negli analoghi consentono di simulare parecchie delle condizioni che si possono riscontrare nello spazio, principalmente temperature ed isolamento, essenziale quest'ultimo per studiare lo stress psico-fisico cui saranno sottoposti gli Astronauti nelle future stazioni Spaziali collocate sulla Luna e su Marte o durante i viaggi interplanetari.

Fig. 2) Atacama Desert (left) with detail of a Martian-type area (right).



These objectives, once achieved, will be of immense value: the possibility of living permanently on the Moon and Mars will make it enormously easier for mankind to expand even outside the solar system in future times still far to come. When the technological limits inherent in the chemical propulsion of carrier rockets that are the basics of any space exploration project that can be formulated in a short time will be overcome the dream will become reality.

It is wrong to think of the human colonization of the Moon and Mars as an additional investment that humanity must support instead of solving very terrestrial problems: world hunger, the environmental problem to the reduction of resources. On the contrary, preparing to colonize the Moon and Mars and exploit the mineral resources of the asteroids is an excellent way to help solve many of the problems we face on planet Earth. Since the technological challenges foreseen to achieve this goal are enormous, their consequences in terms of terrestrial applications will also be immense: from telecommunications to food, from agriculture to architecture, from medicine to industrial production and the entertainment industry.

Preparation for the colonization of the Moon and Mars involved all the industrial players. This preparation can be greatly helped by the use on earth of structures related to those in space, in which technologies and methodologies can be tested that will subsequently be used and evolved for applications in relevant space environments. The so-called space analogues are generally located in remote environments, in very hot or cold areas such as deserts or Antarctica. The extreme environments (fig. 2) available in the analogues allow simulating several of the conditions that can be found in space, mainly temperatures and insulation, the latter essential for studying the psycho-physical stress to which the Astronauts will be subjected in the future. Space stations located on the Moon and Mars or during interplanetary travel.

Ces objectifs, une fois atteints, seront d'une immense valeur: la possibilité de vivre en permanence sur la Lune et sur Mars facilitera considérablement l'expansion de l'humanité même hors du système solaire dans un futur encore très loin à venir, lorsque seront dépassées les limites technologiques inhérentes à la propulsion chimique des fusées qui sont à la base de tout projet d'exploration spatiale formulable en peu de temps. Il est faux de penser à la colonisation humaine de la Lune et de Mars comme un investissement supplémentaire que l'humanité doit soutenir au lieu de résoudre des problèmes très terrestres: de la faim dans le monde au problème environnemental, à la réduction des ressources.

Au contraire, se préparer à coloniser la Lune et Mars et à exploiter les ressources minérales des astéroïdes est un excellent moyen d'aider à résoudre bon nombre des problèmes auxquels nous sommes confrontés sur la planète Terre. Les défis technologiques prévus pour atteindre cet objectif étant énormes, leurs conséquences en termes d'applications terrestres seront également immenses: des télécommunications à l'alimentation, de l'agriculture à l'architecture, de la médecine à la production industrielle et à l'industrie du divertissement. La préparation à la colonisation de la Lune et de Mars comprend l'implication de tous les secteurs industriels. Cette préparation peut être grandement facilitée par l'utilisation sur terre de structures similaires à celles de l'espace, dans lesquelles peuvent être testées des technologies et des méthodologies qui seront ensuite utilisées et évoluées pour des applications dans des environnements spatiaux pertinents.

Les soi-disant analogues spatiaux sont généralement situés dans des environnements éloignés, dans des zones très chaudes ou froides comme les déserts ou en Antarctique. Les environnements extrêmes (fig.2) disponibles dans les analogues permettent de simuler plusieurs des conditions qui peuvent être rencontrées dans l'espace, principalement les températures et l'isolation, ces dernières étant essentielles pour étudier le stress psycho-physique auquel les astronautes seront soumis dans les futures stations spatiales situées sur la Lune et Mars ou lors de voyages interplanétaires.

La Stazione Spaziale Internazionale (ISS) può essere considerata un analogo particolare, nel quale è presente anche la condizione di microgravità, non esistente invece negli analoghi terrestri. Questi ultimi hanno, tuttavia, il vantaggio di consentire l'esecuzione di esperimenti che sarebbe troppo costoso svolgere direttamente sull'ISS. Questa è una delle ragioni principali per cui gli enti di ricerca spaziali di tutto il mondo guardano agli analoghi con un crescente interesse.

Negli ultimi anni il numero degli analoghi si è andato moltiplicando, anche grazie alla creazione di laboratori specifici creati all'interno delle aree di ricerca dei maggiori enti di ricerca spaziale del mondo.

La seguente tabella riporta una lista dei maggiori analoghi collocati in varie zone estreme del mondo:

La simulazione robotica, con l'inclusione delle tecnologie basate su droni e piccoli elicotteri esplorativi come Ingenuity (fig.3), che sta dimostrando la fattibilità in principio della navigazione aerea su Marte, gioca un ruolo primario nella simulazione analogica terrestre.

Gli analoghi consentono di testare le prestazioni di robot esplorativi su terreni con caratteristiche simili a quelle dei corpi spaziali, simulando problematiche di comunicazione e di riconoscimento degli ambienti circostanti al fine di valutare le capacità di navigazione autonoma dei sistemi mobili progettati (fig. 4).

Un'altra area di enorme interesse per le applicazioni spaziali future è quella della medicina spaziale. Negli analoghi si possono misurare i parametri vitali degli astronauti in condizioni di stress congiuntamente alla verifica funzionale di indossabili di vario tipo dotati di sensoristica di monitoraggio dello stato di salute e delle condizioni ambientali.

The International Space Station (ISS) can be considered a different analogue, in which the condition of microgravity is also present, which does not exist in terrestrial analogues. The latter, however, have the advantage of allowing the execution of experiments that would be too expensive to carry out directly on the ISS. This is one of the main reasons why space research entities around the world look to analogues with growing interest.

In recent years, the number of analogues has multiplied, thanks to the creation of specific laboratories created within the research areas of the major space research institutions in the world. The following table shows a list of the major analogues located in various extreme areas of the world:

Robotic simulation, with the inclusion of technologies based on drones and small exploratory helicopters such as Ingenuity (Fig. 3), which is demonstrating the feasibility in principle of air navigation on Mars, plays a primary role in similar terrestrial simulation. The analogues allow testing the performance of exploratory robots on terrains with characteristics similar to those of space bodies, simulating communication and recognition problems of the surrounding environments to evaluate the autonomous navigation capabilities of the mobile systems (fig. 4).

Another area of enormous interest for future space applications is that of space medicine. In the analogues, it is possible to measure the vital parameters of astronauts under stress conditions together with the functional verification of various types of wearables equipped with sensors for monitoring the state of health and environmental conditions.

La Station Spatiale Internationale (ISS) peut être considérée comme un analogue particulier, dans lequel la condition de microgravité est également présente, ce qui n'existe pas dans les analogues terrestres.

Ces derniers présentent cependant l'avantage de permettre la réalisation d'expériences trop coûteuses à réaliser directement sur l'ISS. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles les institutions de recherche spatiale du monde entier considèrent les analogues avec un intérêt croissant.

Ces dernières années, le nombre d'analogues s'est multiplié, également grâce à la création de laboratoires spécifiques créés dans les domaines de recherche des principales institutions de recherche spatiale dans le monde.

Le tableau suivant présente une liste des principaux analogues situés dans diverses régions extrêmes du monde:

La simulation robotique, avec l'inclusion de technologies basées sur des drones et de petits hélicoptères d'exploration comme Ingenuity (Fig.3), qui démontre la faisabilité en principe de la navigation aérienne sur Mars, joue un rôle fondamental dans la simulation analogique terrestre.

Les analogues permettent de tester les performances de robots d'exploration sur des terrains aux caractéristiques similaires à celles des corps spatiaux, simulant des problèmes de communication et de reconnaissance des environnements afin d'évaluer les capacités de navigation autonome des systèmes mobiles conçus (fig.4).

Un autre domaine extrêmement intéressant pour les futures applications spatiales est celui de la médecine spatiale.

Dans les analogues, il est possible de mesurer les paramètres vitaux des astronautes dans des conditions de stress ainsi que la vérification fonctionnelle de divers types d'appareils portables équipés de capteurs pour surveiller l'état de santé et les conditions environnementales.

Tab. 1): List of main analogues. The main areas are in dark blue, while the major areas of interest within the main areas are clear. Credits @ ESA.



Fig. 3): Ingenuity, released by Rover Perseverance

Fig. 4): Example of robotics and mobility on Moon-Mars: Rama rover @credits ESA, LSG Team, Thales Alenia.



Name	Name	Name
Antarctic Dry Valleys	--Chebbi	-Lunar Crater
Atacama Desert	--Lake Maider	-Meteor Crater
Australia (central)	--Maider	-Mistastin
Axel Heiberg Island	--Ouarzazate	-Discovery Hill
-Saline Perennial Springs	--Ben Haddou 1	-Cote Creek
-Polygonal Terrain	--Ben Haddou 2	-Mount Etna
-Colour Lake Fen	--Stromatolites	-Namibia
Barberton	--Travertine	-Pavilion Lake
-Buck Reef	--Adad	-Kelly Lake
-The Josefsdal Chert	--Saoun	-Cariboo Plateau Lakes
Black Point Lava Flow	-Tan Tan	-Pilbara
-Edge of BPLF and SP Lava Flow	--Sebkha Tazra	-Ries Crater
Cinder Lake	--Sebkha Tah	-Rio Tinto
Columbia River Flood Basalt	--Sebkha Oum Dba	-Sudbury
-The Yakima Folds	--Sebkha Aridal	-Sunset Crater
Golden	-Zagora	-Svalbard
Haughton	--Zaouia	-Bockfjord Volcanic Complex
-Hydrothermal Supersite	--Zagora	-Ebbadalen Formation
-Impact Breccia Supersite	--Mhamid	-Murchison Fjord
-Ice Wedge Polygons	-Iceland	-Adventtoppen & Hiorthfjellet
Ibn Battuta	-Askja	-Teide National Park
-Alnif	-Eyjafjallajokull	-Minas de San Jose
--Tinertir	-Krysuvik	-Llano De Ucanca
--Alnif	-1783-1784 Laki Flow Field	-Cuevas Negras and Sima de Vicky
-Erfoud	-Kamchatka	-The Turpan Desert
--Rissani 1	-Avachinsky Area	-Utah Desert
--Rissani 2	-Klyuchevskaya Volcano Group	-Kissing Camel Ridge
--Rissani 3	-Kilauea	-Yellowstone
--Kess Kess	-Ka'u Desert	-Grand Prismatic Springs
		-Chocolate Pots

L'organizzazione che rappresento (Mars Planet) organizza alla fine di quest'anno una missione di simulazione analoga presso la stazione analogica MDRS (fig.5) gestita dalla Mars Society nel deserto UTAH. La missione si chiama SMOPS (Space Medicine Operations www.smops.space) ed ha come scopo l'esecuzione di vari esperimenti finalizzati ad acquisire conoscenza nel dominio della medicina dello spazio.

In generale, la medicina dello spazio gioca un ruolo centrale nell'esplorazione extraterrestre. L'umanità non è stata creata per viaggiare negli spazi interplanetari e vivere in ambienti con gravità diversa da quella terrestre. La gravità sulla terra ha condizionato tutta la formazione del nostro apparato scheletrico, la nostra postura eretta, il nostro senso di orientamento nello spazio ed il funzionamento del nostro sistema cardiovascolare. Esistono ormai studi consolidati svolti sugli astronauti che sono andati nello spazio negli ultimi decenni che mostrano come il corpo umano nello spazio subisce delle modifiche, in alcuni casi significative, che devono essere attentamente valutate per progettare la presenza umana permanente al di fuori dell'atmosfera terrestre.

Le modifiche riguardano la struttura scheletrica interessata da un processo di decalcificazione e l'apparato circolatorio principalmente. Questi studi sono stati effettuati sulla ISS dove è presente un livello di gravità pressoché nullo (microgravità). Sulla Luna e su Marte la gravità essendo 1/6 ed 1/3 ca. rispetto a quella terrestre gli effetti sono diversi. Per la Luna, durante le missioni Apollo (per es. Apollo 11), abbiamo già studiato, seppur parzialmente, gli effetti della camminata umana in gravità ridotta (fig. 6).

Abbiamo compreso che la diversa gravità ha effetti notevoli sull'ergonomia delle tute spaziali, sulle modalità di indossare e dismettere gli indumenti, sulla tipologia di materiali che devono essere impiegati per evitare effetti nocivi di perforamento delle tute da parte della polvere lunare.

Fig. 5): An image of the MDRS simulation station @Credits Mars Society.



The organization I represent (Mars Planet) is organizing a similar simulation mission at the end of this year at the similar MDRS station (fig. 5) managed by the Mars Society in the UTAH desert. The mission is called SMOPS (Space Medicine Operations www.smops.space) and aims to develop various experiments aimed at acquiring knowledge in the domain of space medicine.

In general, space medicine plays a central role in space exploration. Humanity was not created to travel in interplanetary spaces and settle in environments with gravity other than Earth's. Gravity on earth has affected all the formation of our skeletal system, our upright posture, our sense of orientation in space and the functioning of our cardiovascular system. There are now consolidated studies carried out on astronauts who have gone into space in recent decades that show how the human body in space undergoes changes, in some cases significant, which must be carefully evaluated to design the permanent human presence outside the Earth's atmosphere. The changes concern the skeletal structure affected by a decalcification process and the circulatory system mainly. These studies were carried out on the ISS where there is an almost zero level of severity (microgravity). On the Moon and Mars the gravity being 1/6 and 1/3 approx. compared to the terrestrial one, the effects are different. For the Moon, during the Apollo missions (eg Apollo 11), we have already studied, albeit partially, the effects of human walking in reduced gravity (fig. 6).

We have understood that the different gravity has significant effects on the ergonomics of space suits, on how to wear and discard clothing, on the type of materials that must be used to avoid the harmful effects of perforation of the suits by moon dust.

L'organisation que je représente (Mars Planet) organise une mission de simulation analogue à la fin de cette année dans la station analogue MDRS (fig. 5) gérée par la Mars Society dans le désert de l'UTAH. La mission s'appelle SMOPS (Space Medicine Operations www.smops.space) et vise à réaliser diverses expériences visant à acquérir des connaissances dans le domaine de la médecine spatiale.

En général, la médecine spatiale joue un rôle central dans l'exploration extraterrestre. L'humanité n'a pas été créée pour voyager dans des espaces interplanétaires et vivre dans des environnements avec une gravité autre que celle de la Terre.

La gravité sur terre a affecté toute la formation de notre système squelettique, notre posture droite, notre sens de l'orientation dans l'espace et le fonctionnement de notre système cardiovasculaire. Il-y-a maintenant des études consolidées menées sur des astronautes qui sont allés dans l'espace au cours des dernières décennies qui montrent comment le corps humain dans l'espace subit des changements, dans certains cas importants, qui doivent être soigneusement évalués pour concevoir la présence humaine permanente hors de l'atmosphère terrestre.

Les changements concernent la structure squelettique affectée par un processus de décalcification et le système circulatoire principalement. Ces études ont été menées sur l'ISS où le niveau de gravité (microgravité) est quasi nul. Sur la Lune et sur Mars, la gravité est de 1/6 et 1/3 environ par rapport à la gravité terrestre, les effets sont différents. Pour la Lune, lors des missions Apollo (par exemple Apollo 11), nous avons déjà étudié, bien que partiellement, les effets de la marche humaine en gravité réduite (fig. 6).

Sur le front énergétique, dans le cas de Mars, la simulation spatiale dans le contexte terrestre se concentre sur l'étude des réactions chimiques qui peuvent permettre d'utiliser les ressources disponibles sur la planète rouge pour produire de l'énergie utile pour les futurs colonisateurs.



Fig. 6) Walk and fall of an astronaut on Moon during Apollo 11 mission

Per Marte, una gravità relativamente più simile a quella terrestre dovrebbe modificare questi effetti in senso positivo, ma è un'ipotesi tutta da dimostrare. In ogni caso, il fattore della diversa gravità farà sì che la progettazione degli habitat umani sarà sostanzialmente diversa tra quelli previsti per la Luna e per Marte.

Sul fronte energetico, la simulazione spaziale in ambito terrestre si concentra nel caso di Marte sullo studio di reazioni chimiche che possano consentire di impiegare le risorse disponibili sul pianeta rosso per produrre energia utile per i futuri colonizzatori. Queste tecnologie vengono identificate nel gergo spaziale come ISRU (In-Situ Resource Utilization) ed avranno un ruolo essenziale per garantire una permanenza umana su Marte e Luna. Tramite un processo chimico noto come reazione di Sabatier, dall'anidride carbonica, che costituisce il 95% della debole atmosfera marziana, e dall'idrogeno, estraibile dai ghiacci marziani tramite processi di idrolisi, è possibile ottenere metano e ossigeno, entrambi essenziali per fornire energia ed ambienti respirabili ai colonizzatori del pianeta rosso.

Lo strumento MOXIE a bordo del rover Perseverance, ha proprio nei giorni in cui scriviamo questo testo, dimostrato la fattibilità della produzione di Ossigeno a partire da CO₂ marziana (Fig. 7).

Lo studio di questo tipo di reazioni chimiche è alla base anche dei sistemi di propulsione adottati nei razzi che ci consentiranno di effettuare viaggi interplanetari. Fino a quando non disporremo di una propulsione nucleare affidabile per i viaggi spaziali, sia essa di tipo nucleare chimico o elettrico, dovremo nel breve periodo, e quindi per i prossimi primi viaggi sulla Luna e su Marte, avvalerci di propulsione di tipo chimico che saranno basate principalmente su idrogeno, metano, elio. I razzi di Space X di Elon Musk sono dotati di motore propulsivo chiamato Raptor che adotta questo tipo di propulsione chimica, migliorata in molti punti rispetto a quella classica adottata nelle prime missioni Apollo degli Anni 60/70 del secolo scorso.

For Mars, a gravity that is relatively more similar to Earth's should modify these effects in a positive sense, but it is a hypothesis that has to be proved. In any case, the factor of the different gravity will mean that the design of human habitats will be substantially different between those predicted for the Moon and Mars.

On the energy front, the space simulation in the terrestrial environment focuses on the case of Mars on the study of chemical reactions that can make it possible to use the resources available on the red planet to produce useful energy for future colonizers. These technologies are identified in space jargon as ISRU (In-Situ Resource Utilization) and will play an essential role in ensuring a human stay on Mars and the Moon. Through a chemical process known as the Sabatier reaction, from carbon dioxide, which constitutes 95% of the weak Martian atmosphere, and from hydrogen, extractable from the Martian ice through hydrolysis processes, it is possible to obtain methane and oxygen, both essential to supply energy and breathable structures to the colonizers of the red planet. The MOXIE instrument aboard the Perseverance rover, in the days in which we are writing this text, demonstrated the feasibility of oxygen production starting from Martian CO₂.

The study of this type of chemical reactions is also the basis of the propulsion systems adopted in rockets that will allow us to make interplanetary travels. Until we have reliable nuclear propulsion for space travel, be it of the chemical or electric nuclear type, we will have to in the short term, and therefore for the next first voyages to the Moon and Mars, make use of chemical propulsion that will be based mainly on hydrogen, methane, helium. Elon Musk's Space X rockets are equipped with a propulsive engine called Raptor which adopts this type of chemical propulsion, improved in many points compared to the standard one adopted in the first Apollo missions of the 60s / 70s of the last century.

Ces technologies sont identifiées dans le jargon spatial comme ISRU (In-Situ Resource Utilization) et joueront un rôle essentiel pour assurer un séjour humain sur Mars et sur la Lune.

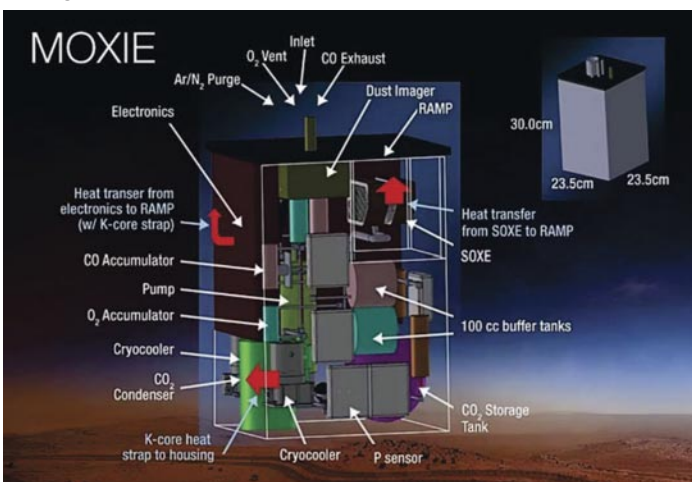
Grâce à un processus chimique connu sous le nom de réaction de Sabatier, à partir du dioxyde de carbone, qui constitue 95% de la faible atmosphère martienne, et de l'hydrogène, extractible de la glace martienne par des processus d'hydrolyse, il est possible d'obtenir du méthane et de l'oxygène, tous les deux essentiels pour fournir de l'énergie et des environnements respirables aux colonisateurs de la planète rouge. L'instrument MOXIE à bord du rover Perseverance, au moment où nous écrivons ce texte, a démontré la faisabilité de la production d'oxygène à partir du CO₂ martien (Fig. 7).

L'étude de ce type de réactions chimiques est également à la base des systèmes de propulsion adoptés dans les fusées qui nous permettront d'effectuer des voyages interplanétaires. Tant que nous n'aurons pas une propulsion nucléaire fiable pour les voyages spatiaux, que ce soit de type nucléaire, chimique ou électrique, nous devons utiliser à court terme, et donc pour les prochains premiers voyages vers la Lune et Mars, des propulsions chimiques qui seront fondées principalement sur l'hydrogène, le méthane, l'hélium.

Les fusées Space X d'Elon Musk sont équipées d'un moteur propulsif appelé Raptor qui adopte ce type de propulsion chimique, améliorée en de nombreux points par rapport à la propulsion classique adoptée lors des premières missions Apollo des années 60/70 du siècle dernier.

Sur la Lune, le défi de produire de l'énergie de manière durable pour les colonies humaines qui s'y trouvent est d'une toute autre nature. La Lune a une durée de la journée équivalente à env. 27 jours terrestres. Cela implique que les colonies humaines, pour tirer le meilleur parti de la précieuse lumière du soleil, devront être situées aux pôles lunaires.

Fig. 7): Structure of the MOXIE on board @Credits NASA



Sulla Luna, la sfida di produzione di energia in maniera sostenibile per colonie umane ivi collocate e di tutt'altro tipo.

La Luna ha una durata del giorno equivalente a ca. 27 giorni terrestri. Questo implica che colonie umane, per sfruttare al massimo la preziosa luce solare, dovranno essere collocate ai poli lunari. Il polo sud della Luna offre una vasta regione ricoperta da crateri di impatto molto antichi, risalenti alle prime fasi di vita del satellite terrestre. In questi crateri si sono depositati strati di ghiaccio mantenuti a temperature tra le più fredde del sistema solare. Il ghiaccio, costituisce un'importante materia prima utilizzabile, sempre grazie a processi di idrolisi dell'acqua, per la produzione di Ossigeno ed Idrogeno, elementi base di alimentazione di qualunque sistema vitale /energetico legato alla presenza di esseri umani.

A differenza di Marte, la Luna ha un suolo contenente parti abbastanza significative di Elio 3. Questo componente presenta un interesse notevole per impieghi nell'ambito della produzione di energia nucleare di fusione. I piani di ricerca per l'utilizzo della fusione nucleare per produrre energia sulla terra hanno subito vari slittamenti negli ultimi decenni, ma è indiscutibile che la fusione consentirà all'umanità in un futuro non lontanissimo di risolvere definitivamente i propri problemi energetici.

L'elio 3 presenta sulla luna potrà essere una fonte molto utile per questo scopo. La sua estrazione ed utilizzo, tuttavia, pone dei problemi ingegneristici notevoli, principalmente legati alla necessità di trattare ampie aree della superficie lunare per ottenere quantità di prodotto che giustifichino l'investimento necessario.

Appare chiaro, come sia nel caso di Marte, tramite le tecnologie per il trattamento della CO2 marziana, che nel caso della Luna, con le potenzialità di sfruttamento connesse all'Elio - 3, la preparazione necessaria alla colonizzazione dello spazio avrà un impatto diretto sul futuro dell'economia terrestre, per la quale i problemi connessi al cambiamento climatico, riduzione di CO2 e ricerca di fonti energetiche alternative richiedono una soluzione rapida ed efficace.

On the Moon, the challenge of producing energy in a sustainable manner for human colonies located there is the next step. The Moon has a duration of the day equivalent to approx. to 27 Earth days. This implies that human colonies, to make the most of the precious sunlight, will have to be located at the lunar poles.

The Moon's south pole offers a vast region covered with very ancient impact craters, dating back to the earliest stages of the Earth's satellite. These craters have deposited layers of ice kept at temperatures among the coldest in the solar system. Ice is an important raw material that can be used, again thanks to water hydrolysis processes, for Oxygen and Hydrogen production, basic elements of power for any vital system is linked to the presence of human beings.

Unlike Mars, the Moon has soil containing relatively significant parts of Helium 3. This component has a considerable interest in the production of nuclear fusion energy.

Research plans for the use of nuclear fusion to produce energy on earth have undergone various slips in recent decades, but it is indisputable that fusion will allow humanity to definitively solve its energy problems.

The helium 3 present on the moon could be a very useful source for this purpose. Its extraction and use, however, poses significant engineering problems, mainly related to the need to treat large areas of the lunar surface to obtain quantities of product that justify the necessary investments.

It appears clear, as in the case of Mars, through the technologies for the treatment of Martian CO2, that in the case of the Moon, with the exploitation potential connected to Helium - 3, the preparation necessary for the colonization of space will have a direct impact on the future of the terrestrial economy, for which the problems related to climate change, CO2 reduction and seek for alternative energy sources require a quick and effective solution.

Le pôle sud de la Lune offre une vaste région couverte de cratères d'impact très anciens, datant des premiers stades du satellite terrestre. Ces cratères ont déposé des couches de glace maintenues à des températures parmi les plus froides du système solaire.

La glace est une matière première importante qui peut être utilisée, toujours grâce aux procédés d'hydrolyse de l'eau, pour la production d'oxygène et d'hydrogène, éléments de base d'alimentation de tout système vital / énergétique lié à la présence d'êtres humains.

Contrairement à Mars, la Lune a un sol contenant des parties assez importantes d'hélium 3. Ce composant est d'un intérêt considérable pour son utilisation dans la production d'énergie de fusion nucléaire.

Les plans de recherche pour l'utilisation de la fusion nucléaire pour produire de l'énergie sur terre ont subi divers retards au cours des dernières décennies, mais il est incontestable que la fusion permettra à l'humanité dans un avenir pas trop lointain de résoudre définitivement ses problèmes énergétiques.

L'hélium 3 présent sur la lune pourrait être une source très utile à cet effet. Son extraction et son utilisation posent cependant d'importants problèmes d'ingénierie, principalement liés à la nécessité de traiter de grandes zones de la surface lunaire pour obtenir des quantités de produit justifiant l'investissement nécessaire.

Il apparaît clair, comme dans le cas de Mars, à travers les technologies de traitement du CO2 martien, que dans le cas de la Lune, avec le potentiel d'exploitation lié à l'Hélium-3, la préparation nécessaire à la colonisation de l'espace aura un impact direct sur l'avenir de l'économie terrestre, pour laquelle les problèmes liés au changement climatique, à la réduction des émissions de CO2 et à la recherche de sources d'énergie alternatives nécessitent une solution rapide et efficace.

Strettamente legata alla componente di tipo energetico della ricerca vi è l'area della produzione alimentare.

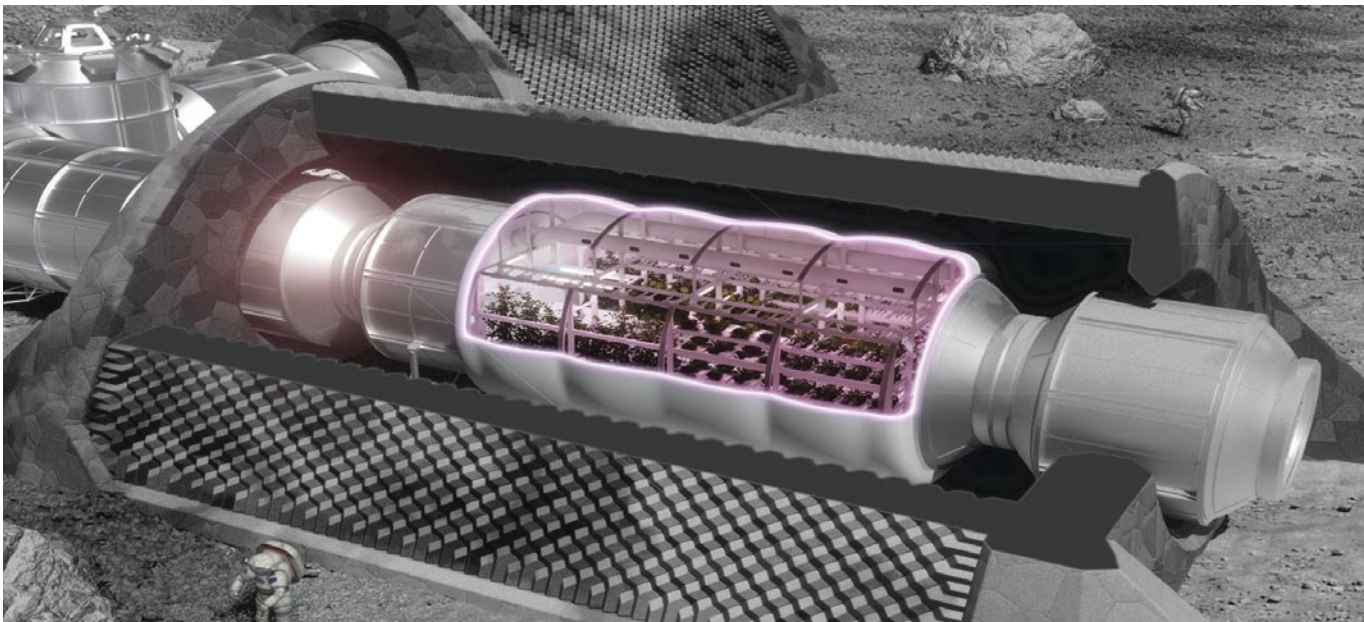
E' indispensabile creare sistemi che consentano di poter produrre cibo in maniera efficiente su Luna / Marte ma anche sulle navette di trasporto interplanetarie.

La ricerca in questo campo si è principalmente focalizzata su prodotti di natura vegetale, collocati in serre pressurizzate e non, nelle quali vengono installati speciali sistemi di illuminazione per simulare i livelli di luce effettivi presenti negli ambienti spaziali (fig.8).

Altro scenario possibile della ricerca in ambito alimentare è quello legato alla possibilità futura di produrre carne sintetica. Esperimenti in questo campo vengono ormai condotti con una certa intensità ed alcuni test sono stati effettuati sulla Stazione Spaziale internazionale.

L'utilizzo delle risorse necessarie al sostentamento della popolazione spaziale, richiederà l'impiego di sistemi di riciclo dei prodotti biologici delle attività umane. I sistemi di riciclo, includenti le tecniche per il controllo dei parametri ambientali destinati ad ospitare gli astronauti, denominati nel complesso ECLSS (Environmental Control and Life Support System) sono già ampiamente operativi sulla ISS e consentono un recupero di ca. 80% di tutta l'acqua impiegata dagli astronauti. Per la colonizzazione umana della Luna e soprattutto di Marte, questo livello di riciclo deve essere aumentato portandolo alle soglie del 100%, vista la difficoltà ed il costo di trasportare acqua su grandi distanze nello spazio partendo dalla terra.

Fig. 8): Concept of space greenhouse @Credits EDEN ISS project.



It is essential to create systems that make it possible to produce food efficiently on the Moon / Mars but also on interplanetary transport shuttles. Research in this field has mainly focused on plant-based products, placed in pressurized and non-pressurized greenhouses, in which special lighting systems are installed to simulate the actual light levels present in spatial environments (fig. 8).

Another possible scenario of research in the food sector is that linked to the future possibility of producing synthetic meat. Experiments in this field are now being conducted with a certain intensity and some tests have been carried out on the International Space Station.

The use of the resources necessary for the sustenance of the space population will require the use of recycling systems for biological products of human activities. The recycling systems, including the techniques for the control of the environmental parameters destined to host the astronauts, named in the ECLSS complex (Environmental Control and Life Support System) are already widely operational on the ISS and allow recovery of approx. 80% of all water used by astronauts. For the human colonization of the Moon and especially of Mars, this level of recycling must be increased bringing it to the threshold of 100%, given the difficulty and cost of transporting water over large distances in space starting from the earth.

Le domaine de la production alimentaire est étroitement lié à la composante énergétique de la recherche.

Il est essentiel de créer des systèmes permettant de produire efficacement de la nourriture sur la Lune / Mars mais aussi sur des navettes de transport interplanétaire.

Les recherches dans ce domaine se sont principalement concentrées sur les produits végétaux, placés dans des serres pressurisées et non pressurisées, dans lesquelles des systèmes d'éclairage spéciaux sont installés pour simuler les niveaux de lumière réels présents dans les environnements spatiaux (fig.8)

Un autre scénario possible de la recherche dans le secteur alimentaire est celui lié à la possibilité future de produire de la viande synthétique. Des expériences dans ce domaine sont actuellement menées avec une certaine intensité et certains tests ont été réalisés sur la Station Spatiale Internationale.

L'utilisation des ressources nécessaires à la subsistance de la population spatiale nécessitera l'utilisation de systèmes de recyclage des produits biologiques des activités humaines.

Les systèmes de recyclage, y compris les techniques de contrôle des paramètres environnementaux destinés à accueillir les astronautes, nommés dans le complexe ECLSS (Environmental Control and Life Support System) sont déjà largement opérationnels sur l'ISS et permettent une récupération d'env. 80% de toute l'eau utilisée par les astronautes.

Pour la colonisation humaine de la Lune et surtout de Mars, ce niveau de recyclage doit être augmenté en l'amenant au seuil de 100%, compte tenu de la difficulté et du coût de transport de l'eau sur de grandes distances dans l'espace à partir de la Terre.

Le tecnologie proposte per questo scopo, alcune come quella classica delle "Water Walls" e loro evoluzioni, vengono suggerite anche per l'installazione sulle navette di trasporto Terra- Marte / Luna (fig.9).

Colonie permanenti su corpi planetari e navette di navigazione interplanetarie richiedono la costruzione di habitat idonei per l'equipaggio umano. Come costruire sulla Luna e su Marte? Che tipo di materiali impiegare nelle navette spaziali? Come proteggere gli astronauti dalle radiazioni presenti nello spazio e sulla superficie di Luna / Marte? A tutti questi interrogativi cerca di trovare soluzione l'architettura spaziale congiuntamente a una lunga serie di discipline scientifiche dedicate.

Inizialmente, l'architettura nello spazio si occuperà della costruzione di ambienti piccoli e modulari che cresceranno man mano che le colonie spaziali avranno un maggior numero di abitanti. Anche in questo caso le tecniche impiego delle risorse in loco (ISRU) svolgeranno un ruolo fondamentale per ridurre i costi di trasporto di materiali nello spazio.

Gli habitat spaziali dovranno ottimizzare l'impiego dell'energia, dei materiali, saranno dotati di sistemi avanzati di "home automation" e gestione della sicurezza, prevederanno laboratori specializzati per la stampa 3d e per la medicina spaziale. Essenziali per la realizzazione degli habitat, saranno gli studi sull'ergonomia, sugli spazi vitali e l'igiene per gli astronauti, la decontaminazione degli ambienti, le telecomunicazioni con i sistemi satellitari collocati nello spazio, sulla terra e con i sistemi robotici autonomi incaricati di svolgere funzioni ricognitive e di costruzione sulle superfici planetarie. Saranno disponibili sia habitat di superfici che sotterranei, ricavati in ambienti come caverne e tubi di lava, ampiamente presenti sia sulla Luna che su Marte. Ci sarà, nel complesso, anche molto "design" innovativo da sviluppare e ci auguriamo che il Made in Italy/Europe svolgerà un ruolo significativo nella realizzazione delle future case spaziali.

The technologies proposed for this purpose, some such as the classic ones of the "Water Walls" and their evolutions, are also suggested for installation on the Earth-Mars / Moon transport shuttles (fig.9).

Permanent colonies on planetary bodies and interplanetary navigation shuttles require the construction of suitable habitats for the human crew. How to build on the Moon and Mars? What kind of materials to use in space shuttles? How to protect astronauts from the radiation present in space and on the surface of the Moon / Mars? Space architecture together with a long series of dedicated scientific disciplines tries to find a solution to all these questions.

Initially, architecture in space will deal with the construction of small and modular environments that will grow as the space colonies have a greater number of inhabitants. Also, in this case, the techniques for the use of resources on-site (ISRU) will play a fundamental role in reducing the costs of transporting materials into space. The space habitats will have to optimize the use of energy, materials, will be equipped with advanced "home automation" and security management systems, and will include specialized laboratories for 3D printing and space medicine.

Essential for the creation of habitats will be the studies on ergonomics, living spaces and hygiene for astronauts, the decontamination of environments, telecommunications with satellite systems located in space, on earth and with autonomous robotic systems in charge of performing reconnaissance and construction functions on the planetary surfaces. Both surface and underground habitats will be available, obtained in environments such as caves and lava tubes, widely present on both the Moon and Mars. Overall, there will also be a lot of innovative design to be developed and we hope that made in Italy / Europe will play a significant role in the creation of future space houses.

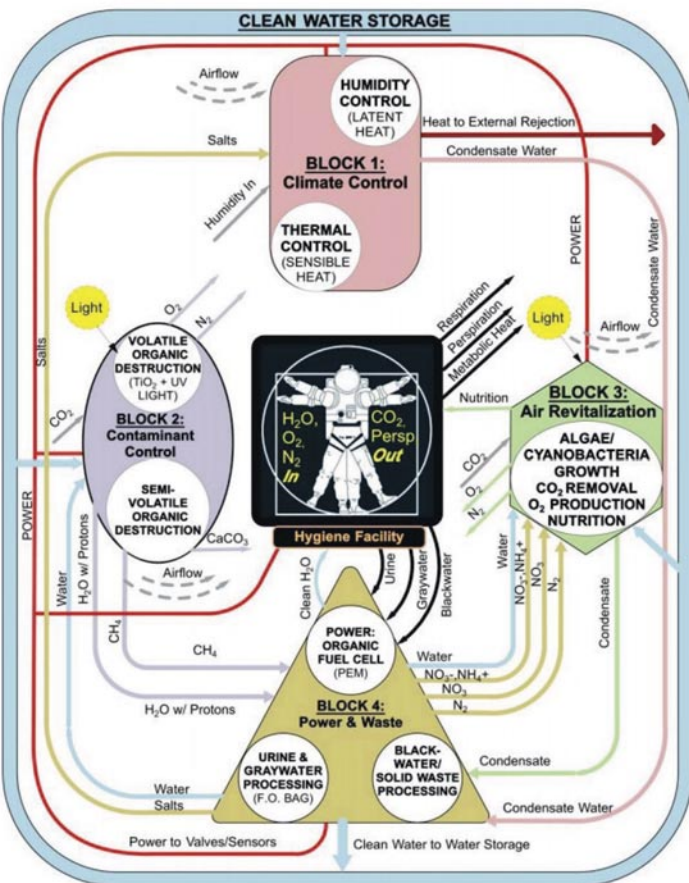
Les technologies proposées à cet effet, dont certaines comme la classique des « Murs d'Eau » et leurs évolutions, sont également proposées pour une installation sur les navettes de transport Terre-Mars / Lune (fig. 9)

Les colonies permanentes sur les corps planétaires et les navettes de navigation interplanétaire nécessitent la construction d'habitats appropriés pour l'équipage humain. Comment construire sur la Lune et Mars? Quel type de matériel utiliser dans les navettes spatiales? Comment protéger les astronautes des radiations présentes dans l'espace et à la surface de la Lune / Mars? L'architecture spatiale associée à une longue série de disciplines scientifiques dédiées tente de trouver une solution à toutes ces questions. Dans un premier temps, l'architecture dans l'espace traitera de la construction d'environnements petits et modulaires qui se développeront à mesure que les colonies spatiales auront un plus grand nombre d'habitants. Dans ce cas également, les techniques d'utilisation des ressources sur site (ISRU) joueront un rôle fondamental dans la réduction des coûts de transport des matériaux dans l'espace.

Les habitats spatiaux devront optimiser l'utilisation de l'énergie, des matériaux, seront équipés de systèmes avancés de « domotique » et de gestion de la sécurité, et comprendront des laboratoires spécialisés pour l'impression 3D et la médecine spatiale. Les études sur l'ergonomie, les espaces de vie et l'hygiène pour les astronautes, la décontamination des environnements, les télécommunications avec des systèmes satellitaires situés dans l'espace, sur terre et avec des systèmes robotiques autonomes chargés d'effectuer des fonctions de reconnaissance et de construction sur les surfaces planétaires seront essentielles pour la création d'habitats. Des habitats de surface et souterrains seront disponibles, obtenus dans des environnements tels que des grottes et des tubes de lave, largement présents sur la Lune et sur Mars.

Dans l'ensemble, il y aura aussi beaucoup de « design » innovant à développer et nous espérons que le Made in Italy / Europe jouera un rôle significatif dans la création de futures maisons spatiales.

Fig. 9: Typical diagram of a "Water Wall" @Credits NASA.



La seguente tabella riassume alcune delle caratteristiche e tipologie principali studiate per gli habitat planetari.

La classificazione distingue tra strutture integrate principalmente sulla terra e trasportate successivamente in loco nello spazio, strutture parzialmente prefabbricate e strutture completamente realizzate nell'ambiente planetario da colonizzare.

A loro volta, le varie tipologie sono suddivisibili nei loro sistemi componenti secondo la stessa classificazione.

La classificazione può essere applicabile a tutte le tipologie di oggetti da installare nelle colonie, incluse le tute spaziali, i sistemi per la mobilità superficiale o per lo sfruttamento minerario.

STRUTTURE PRINCIPALI	STRUTTURE DERIVANTI DA QUELLE PRINCIPALI		
	PRE-INTEGRATE	PREFABBRICATE	IN-SITU
PRE-INTEGRATE	Tipo scatolato ("scatoletta di tonno"), nodo Modulo lungo tipo ISS Impianto combustibile ISRU Modulo di accesso EVA Sistema energetico	"Scatoletta di tonno" con nodo e collegamento flessibile. Espansione gonfiabile di modulo rigido o pre-integrato	Regolite marziano o lunare collocato su modulo rigido per protezione da radiazioni o micrometeorite
PREFABBRICATE	Gonfiabili con parti pre-integrate Moduli telescopici con nodi pre-integrati	Forme sferiche gonfiabili con parti telescopiche e tunnel di collegamento	Regolite marziano o lunare collocate su moduli gonfiabili o telescopici per protezione da radiazioni e micrometeoriti. Gonfiabile collocato in cratere, depressione della superficie planetaria o caverna / tubo di lava.
IN-SITU	Produzione di cemento da regolite lunare o marziano Volte in muratura o caverne con moduli pre-integrati e rigidi all'interno	Gusci in cemento. Volte in muratura o tubi di lava/caverne con habitat gonfiabili pressurizzati.	Produzione in loco di materiale vitreo o sigillanti da impiegare sotto pressione per la chiusura di tubi lava o di paratie tra murature.

Tab. 2: Tipologie costruttive di habitat di superficie planetari. Elaborato da @Cohen, M.M. (2002)

Alla fine saranno realizzate intere città come il **"Moon Village"** (fig.10) previsto per la Luna, o le città marziane già sviluppate come concept da varie organizzazioni scientifiche del mondo.

The following table summarizes some of the main characteristics and typologies studied for planetary habitats. The classification distinguishes between structures integrated mainly on earth and subsequently transported on-site in space, partially prefabricated structures and structures completely built in the planetary environment to be colonized. In turn, the various types can be divided into their component systems according to the same classification.

The classification can apply to all types of objects to be installed in colonies, including space suits, systems for surface mobility or mining.

MAIN STRUCTURES	STRUCTURES DERIVING FROM THE MAIN ONES		
	PRE-INTEGRATED	PREFABRICATED	IN-SITU
PRE-INTEGRATED	Box type ("tuna can"), node Long module type ISS ISRU fuel system EVA access module Energy system	"tuna can" with node and flexible connection. Inflatable expansion of rigid or pre-integrated module.	Martian or lunar regolith placed on a rigid module for protection from radiation or micrometeorite
PREFABRICATED	Inflatables with pre-integrated parts Telescopic modules with pre-integrated nodes	Inflatable spherical shapes with telescopic parts and connecting tunnels	Martian or lunar regolith placed on inflatable or telescopic modules for protection from radiation and micrometeorites. Inflatable placed in the crater, planetary surface depression or cave/lava tube.
IN-SITU	Production of cement from lunar or martian regolith Vaults in masonry or caves with pre-integrated and rigid modules inside	Concrete shells. Masonry vaults or lava tubes/caves with pressurized inflatable habitats.	On-site production of vitreous material or sealants to be used under pressure for closing lava tubes or bulkheads between walls.

Tab. 2: Constructive typologies of planetary surface habitats. Elaborated by @Cohen, M.M. (2002)

In the end, entire cities will be built such as the **"Moon Village"** (fig.10) planned for the Moon, or the Martian cities already developed as a concept by various scientific organizations around the world.

Le tableau suivant résume certaines des principales caractéristiques et typologies étudiés pour les habitats planétaires.

La classification distingue les structures intégrées principalement sur terre et ensuite transportées sur site dans l'espace, les structures partiellement préfabriquées et les structures entièrement construites dans l'environnement planétaire à coloniser.

À leur tour, les différentes typologies peuvent être divisées en leurs systèmes de composants selon la même classification. La classification peut être applicable à tous les types d'objets à installer dans les colonies, y compris les combinaisons spatiales, les systèmes pour la mobilité de surface ou pour l'exploitation minière.

STRUTTURE PRINCIPALI	STRUTTURE DÉCOULANT DES CELLES PRINCIPALES		
	PRÉ-INTEGRÉES	PREFABRIQUÉS	IN-SITU
PRÉ-INTEGRÉES	Type en boîte ("scatoletta di tonno"), nœud Module long type ISS Système de carburant ISRU Module d'accès EVA Système énergétique	« Tuna can » avec nœud et connexion flexible. Extension gonflable de module rigide ou pré-intégré	Réolite martienne ou lunaire placée sur un module rigide pour la protection contre les radiations ou les micrométéorites
PREFABRIQUÉS	Gonflables avec pièces pré-intégrées Modules télescopiques avec nœuds pré-intégrés	Formes sphériques gonflables avec parties télescopiques et tunnels de liaison	Réolite martienne ou lunaire placée sur des modules gonflables ou télescopiques pour la protection contre les radiations et les micrométéorites. Gonflable placé dans un cratère, une dépression de surface planétaire ou une grotte/tube de lave
IN-SITU	Production de ciment à partir de régolite lunaire ou martien Voûtes de maçonnerie ou de grotte avec modules pré-intégrés et rigides à l'intérieur	Coques en béton. Voûtes en maçonnerie ou tubes de lave / grottes avec habitats gonflables sous pression.	Production sur site de matériaux vitreux ou de mastics à utiliser sous pression pour fermer les tubes de lave ou les cloisons entre les murs.

Tab. 2: Types de construction d'habitats de surface planétaires. Retravaillé par @Cohen, M.M. (2002)

Au final, des villes entières seront construites comme le **"Moon Village"** (fig.10) prévu pour la Lune, ou les villes martiennes déjà développées en tant que concept par de différentes organisations scientifiques à travers le monde.

Fig. 10): Concept of "Moon Village" with ISRU stations (detail) (Inocente et al 2019, Khoshenvis et al, 2005)



Un ingrediente importante della colonizzazione dello spazio, in tempi abbastanza brevi, sarà la possibilità di sfruttare le risorse minerarie presenti sugli asteroidi, che giocheranno il ruolo di fonti di approvvigionamento di risorse necessarie per la creazione di una civiltà nello spazio, ma anche fonti alternative di materiali minerari che sulla terra sono in via di esaurimento.

Le attività minerarie spaziali saranno una componente fondamentale anche della permanenza umana sulla Luna e su Marte.

Lo sfruttamento delle miniere spaziali richiederà la messa a punto di varie tecnologie necessarie per l'individuazione delle risorse, l'estrazione, il trasporto, il raffinamento dei materiali, la produzione delle materie prime e l'attivazione della rete di distribuzione sia nello spazio che sulla terra.

Il valore economico delle risorse estratte è previsto essere immensamente maggiore di tutte le risorse minerarie disponibili sulla terra. In riferimento, per es., ad un tipo di asteroide classificato come S (ferro-roccioso) e per un peso di 2 miliardi di tonnellate di un singolo asteroide di questo tipo, si prevedono valori economici delle risorse estratte nelle seguenti quantità:

Component	Quantità	Valore/kg	Valore totale.
Roccia	1.8 Miliardi tons	0	0
Ferro	200 Miliardi tons	\$ 0.70	\$ 140 miliardi
Nickel	30 Milioni tons	\$ 13	\$ 390 miliardi
Cobalto	1.5 Milioni tons	\$ 60	\$ 90 miliardi
Gruppo del Platino	7.5	\$ 40.000	\$ 300 miliardi

Tab. 3: Valore economico dei metalli di un tipico asteroide di tipo S

Un elemento comune caratterizza e caratterizzerà sempre di più l'esplorazione dello Spazio e sarà una componente chiave ed imprescindibile della sua realizzazione: le telecomunicazioni. I satelliti collocati intorno alla terra con gli apparati di telecomunicazioni terrestri hanno giocato un ruolo fondamentale nello sviluppo tecnologico ed economico del nostro pianeta e l'industria satellitare nel suo complesso, costituisce oggi ca. il 70% di tutta l'industria spaziale.

An important ingredient of the colonization of space, in a fairly short time, will be the possibility of exploiting the mineral resources present on asteroids, which will play the role of sources of supply for the creation of civilization in space, but also alternative sources of mineral materials that on earth are running out. Space mining activities will also be a fundamental component of human permanence on the Moon and Mars. The exploitation of space mines will require the development of various technologies necessary for the identification of resources, the extraction, the transport, the refinement of materials, the production of raw materials and the activation of the distribution network both in space and on earth. The economic value of the mined resources is predicted to be immensely greater than all the mineral resources available on earth. With reference, for example, to a type of asteroid classified as S (iron-rocky) and for a weight of 2 billion tons of a single asteroid of this type, economic values of the resources extracted are expected in the following quantities:

Component	Quantità	Valore/kg	Valore totale.
Roccia	1.8 Miliardi tons	0	0
Ferro	200 Miliardi tons	\$ 0.70	\$ 140 miliardi
Nickel	30 Milioni tons	\$ 13	\$ 390 miliardi
Cobalto	1.5 Milioni tons	\$ 60	\$ 90 miliardi
Gruppo del Platino	7.5	\$ 40.000	\$ 300 miliardi

Tab. 3: Economic value of the metals of a typical S-type asteroid

A fundamental element that characterizes the exploration of Space and will be essential to the creations of life in space: telecommunications. The satellites placed around the earth with the terrestrial telecommunications equipment have played a fundamental role in the technological and economic development of our planet and the satellite industry constitutes approx. 70% of the entire space industry.

Un ingrédient important de la colonisation de l'espace, dans un temps assez court, sera la possibilité d'exploiter les ressources minérales présentes sur les astéroïdes, qui joueront le rôle de sources d'approvisionnement de ressources nécessaires à la création d'une civilisation dans l'espace, mais aussi de sources alternatives de matières minérales qui sont en train de s'épuiser sur la Terre.

Les activités minières spatiales seront également une composante fondamentale de la permanence humaine sur la Lune et sur Mars. L'exploitation des mines spatiales nécessitera le développement de diverses technologies nécessaires à l'identification des ressources, à l'extraction, au transport, au raffinage des matériaux, à la production de matières premières et à l'activation du réseau de distribution tant dans l'espace que sur la Terre. La valeur économique des ressources extraites devrait être immensément supérieure à toutes les ressources minérales disponibles sur terre. En référence, par exemple, à un type d'astéroïde classé S (fer-rocheux) et pour un poids de 2 milliards de tonnes d'un seul astéroïde de ce type, les valeurs économiques des ressources extraites sont attendues dans les quantités suivantes :

Components	Quantité	Valeur/kg	Valeur totale.
Roche	1.8 milliards tonnes	0	0
Fer	200 milliards tonnes	\$ 0.70	\$ 140 milliards
Nickel	30 millions tonnes	\$ 13	\$ 390 milliards
Cobalt	1.5 millions tonnes	\$ 60	\$ 90 milliards
Groupe Platine	7.500 tonnes	\$ 40.000	\$ 300 milliards

Tab. 3: Valeur économique des métaux d'un astéroïde de type S

Un élément commun caractérise et caractérisera de plus en plus l'exploration de l'espace et sera une composante clé et essentielle de sa réalisation: les télécommunications. Les satellites placés autour de la terre avec les équipements de télécommunications terrestres ont joué un rôle fondamental dans le développement technologique et économique de notre planète et de l'industrie des satellites dans son ensemble constituent aujourd'hui env. 70% de l'industrie spatiale toute entière.

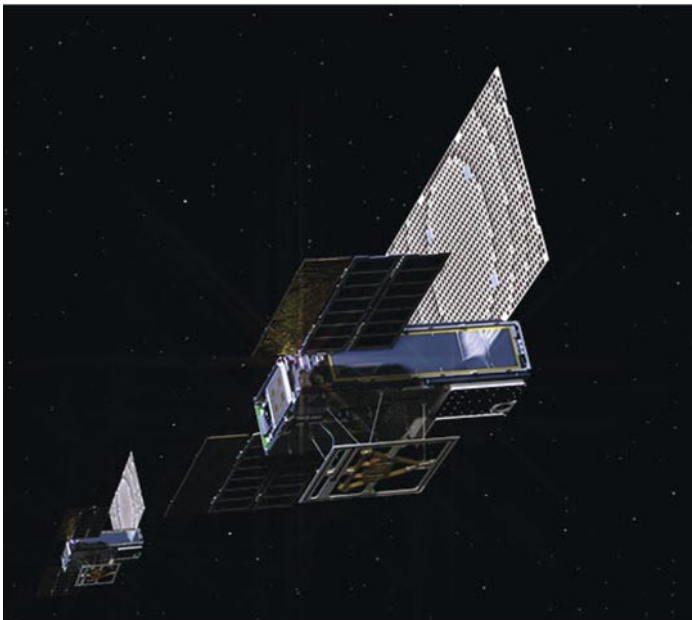


Fig. 11): An image of MarCo (Mars Cube One) @credits NASA

Nel futuro, apparati di telecomunicazioni sempre più sofisticati e leggeri saranno impiegati sia per la comunicazione ed esplorazione interspaziale che con la terra, renderanno possibile la creazione di un'internet del sistema solare e permetteranno un'esplorazione dettagliata dell'aree più remote del sistema solare, quelle che partano alla distanza di Giove dalla terra.

Queste aree saranno esplorate anche con i discendenti evoluti degli attuali Cubesat, come MarC0 (fig.11), un primo Cubesat con queste finalità che è stato impiegato in una missione di test verso Marte.

La descrizione delle varie tecnologie riportate in questo breve sommario apre uno scenario di forte interconnessione tra la futura tecnologia spaziale e l'innovazione tecnologica ed economica terrestre.

Ad es., l'agricoltura e l'alimentazione spaziale hanno il compito di produrre la massima quantità di cibo in poco spazio con la minore quantità di acqua possibile. Questa semplice considerazione è generatrice dell'applicazione della ricerca alimentare spaziale in moltissimi contesti dell'agricoltura ed alimentazione terrestre, per esempio, ma non esclusivamente, in quelli dei paesi in via di sviluppo, anche nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile fissati dall'Organizzazione delle Nazioni Unite (fig. 12).

Anzi, a conclusione di questa disamina e per stabilire un legame indissolubile tra la nostra futura permanenza sulla Luna e su Marte ed un futuro di progresso sostenibile sulla Terra, possiamo costruire facilmente una tabella di comparazione per mostrare come gli obiettivi ONU fissati per lo sviluppo armonioso della nostra civiltà possano essere più facilmente perseguiti sviluppando le tecnologie necessarie per la colonizzazione dello Spazio:

Fig. 12): Sustainable development goals set by the UN.



In the future, increasingly sophisticated and lightweight telecommunications equipment will be employed for both inter-space communication and exploration, will make possible the creation of a solar system internet and will allow detailed exploration of the most remote areas of the solar system, those that start at the distance of Jupiter from the Earth. These areas will also be explored with the evolved descendants of the current Cubesats, such as MarC0 (fig. 11), the first Cubesat with these purposes that was used in a test mission to Mars.

The description of the technologies reported in this brief summarised the scenario of strong interconnection between future space technology and terrestrial technological and economic innovation.

For example, agriculture and space food have the task of producing the maximum amount of food in a small space with the least amount of water possible. This simple consideration generates the application of space food research in many contexts of agriculture and terrestrial food, for example, but not exclusively, in those of developing countries, also to achieve the sustainable development goals set. from the United Nations Organization (fig. 12).

Indeed, at the end of this examination and to establish an indissoluble link between our future stay on the Moon and Mars and a future of sustainable progress on Earth, we can easily build a comparison table to show how the UN goals set for a harmonious development of our civilization can be more easily pursued by developing the technologies necessary for the colonization of Space:

À l'avenir, des équipements de télécommunications de plus en plus sophistiqués et légers seront utilisés soit pour la communication et l'exploration inter-spaziale soit avec la Terre, et permettront de créer un Internet du système solaire et une exploration détaillée des zones les plus éloignées du système solaire, celles qui partent à la distance de Jupiter à la Terre.

Ces domaines seront également explorés avec les descendants évolués des CubeSats actuels, tels que MarC0 (fig.11), un premier CubeSat avec ces objectifs qui a été utilisé dans une mission de test vers Mars.

La description des différentes technologies rapportées dans ce bref résumé ouvre un scénario d'interconnexion forte entre la future technologie spatiale et l'innovation technologique et économique terrestre.

Par exemple, l'agriculture et l'alimentation spatiale ont pour tâche de produire le maximum de nourriture dans un petit espace avec le moins d'eau possible. Cette simple considération engendre l'application de la recherche spatiale sur l'alimentation dans de nombreux contextes de l'agriculture et de l'alimentation terrestre, par exemple, mais pas exclusivement, dans les pays en voie de développement, également en vue d'atteindre les objectifs de développement durable fixés par l'Organisation des Nations Unies. (fig.12)

En effet, à l'issue de cet examen et pour établir un lien indissoluble entre notre futur séjour sur la Lune et Mars et un avenir de progrès durable sur Terre, nous pouvons facilement construire un tableau de comparaison pour montrer comment les objectifs de l'ONU fixés pour notre civilisation peuvent être plus facilement poursuivis en développant les technologies nécessaires à la colonisation de l'espace:

Tab. 4: Applicazioni dei benefici della ricerca spaziale al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile ONU.

Obiettivo Sostenibile	Descrizione	Tecnologia spaziale collegata
1	No poverty	Ricerca sull'alimentazione spaziale
2	Zero Hunger	Ricerca sull'alimentazione spaziale
3	Good Health and Well-being	Applicazioni della medicina spaziale
4	Quality Education	Acquisizione di conoscenze STEM da parte delle nuove generazioni.
5	Gender Quality	Applicazione sistematica della parità di genere nella ricerca spaziale.
6	Clean water and Sanitation	Tecnologie per il riciclo dell'acqua, tecniche di decontaminazione di habitat planetari
7	Affordable and Clean energy	Trattamento della CO2 su Marte, fotovoltaico avanzato, fusione nucleare.
8	Decent work and economic growth	Effetti positive sull'economia terrestre indotti dall'economia dello spazio. Crescita del numero di persone con elevata qualifica professionale, operanti in condizioni di lavoro soddisfacenti ed appaganti.
9	Industry, Innovation and Infrastructure	Effetti positivi sull'economia terrestre indotti dall'economia dello spazio. Nuove tecnologie costruttive delle infrastrutture terrestri, quale risultato della ricerca sui materiali e le costruzioni in ambito spaziale. Effettivi benefici delle telecomunicazioni spaziali.
10	Reduced inequalities	Aumento della ricchezza economica della popolazione terrestre, accesso ai benefici dell'economia spaziale da parte dei popoli dei paesi in via di sviluppo.
11	Sustainable cities and communities	Effetti positivi sulla costruzione delle città terrestri derivanti dalla costruzione di città sulla Luna e su Marte: autonomia energetica, riduzione di sfruttamento di risorse, inclusione della popolazione, materiali ecosostenibili, medicina territoriale.
12	Responsible consumption and production	Ottimizzazione dell'impiego delle risorse terrestri con tecniche derivanti da applicazioni spaziali, uso di risorse minerarie nello spazio, ottimizzazione nella produzione di cibo.
13	Climate action	Impiego di tecnologie legate al trattamento della CO2, monitoraggio del clima terrestre tramite impiego specializzato di satelliti in orbita terrestre.
14	Life below water	Riduzione dell'impatto umano sulla fauna marina tramite miglioramento di tecniche di allevamento ittico, impiego di alghe e vegetali marini per la preservazione della vita sottomarina, aumento della produzione alimentare sulla superficie terrestre con tecniche di derivazione spaziale, monitoraggio della vita sottomarina tramite tecnologie satellitari.
15	Life on Land	Alimentazione, monitoraggio ambiente
16	Peace, Justice and strong institutions	Collaborazione internazionale per la ricerca spaziale come fattore coadiuvante nel mantenimento della pace internazionale ed elemento di innesco per la collaborazione istituzionale tra paesi.
17	Partnerships for the goals	Riduzione della conflittualità internazionale: lo spazio fornisce una prospettiva globale ed un comune percorso di crescita e costituisce una piattaforma di aiuto per condividere a livello internazionale gli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Tab. 4: Applications of the benefits of space research to the achievement of the UN Sustainable Development Goals.

Sustainable goal	Description	Connected space technology
1	No poverty	Space food research
2	Zero Hunger	Space food research
3	Good Health and Well-being	Application of space medicine
4	Quality Education	Acquisition of STEM knowledge by new generations.
5	Gender Quality	Systematic application of gender equality in space research.
6	Clean water and Sanitation	Technologies for water recycling, decontamination techniques of planetary habitats.
7	Affordable and Clean energy	CO2 treatment on Mars, advanced photovoltaics, nuclear fusion.
8	Decent work and economic growth	Positive effects on the earth economy induced by the space economy. Growth in the number of people with high professional qualifications, operating in satisfactory and fulfilling working conditions.
9	Industry, Innovation and Infrastructure	Positive effects on the earth economy induced by the space economy. New construction technologies of terrestrial infrastructures, as a result of research on materials and construction in the space sector. Real benefits of space telecommunications.
10	Reduced inequalities	Increase in the economic wealth of the earth's population, access to the benefits of the space economy by the peoples of developing countries.
11	Sustainable cities and communities	Positive effects on the construction of terrestrial cities deriving from the construction of cities on the Moon and Mars: energy autonomy, reduction of exploitation of resources, the inclusion of the population, eco-sustainable materials, territorial medicine.
12	Responsible consumption and production	Optimization of the use of terrestrial resources with techniques deriving from space applications, use of mineral resources in space, optimization in food production.
13	Climate action	Use of technologies related to the treatment of CO2, monitoring of the earth's climate through specialized use of satellites in earth orbit.
14	Life below water	Reduction of human impact on marine fauna through the improvement of fish farming techniques, use of algae and marine plants for the preservation of underwater life, increase in food production on the earth's surface with space-based techniques, monitoring of underwater life using satellite technologies.
15	Life on Land	Power supply, environment monitoring
16	Peace, Justice and strong institutions	International collaboration for space research is an adjuvant factor in the maintenance of international peace and a trigger for institutional collaboration between countries.
17	Partnerships for the goals	Reduction of international conflict: space provides a global perspective and a common path of growth and constitutes a promotional platform for sharing sustainable development goals at an international level.

Tab. 4: Application des avantages de la recherche spatiale à la réalisation des objectifs de développement durable

Cible durable	Description	Technologie spatiale connectée
1	Aucune pauvreté	Recherche sur les aliments dans l'espace
2	Zéro faim	Recherche sur les aliments dans l'espace
3	Bonne santé et Bien-être	Applications de la médecine spatiale
4	Education de qualité	Acquisition des connaissances STEM par les nouvelles générations
5	Qualité de l'Égalité des sexes	Application systématique de l'égalité des sexes dans la recherche spatiale
6	Eau propre et Hygiène	Technologies de recyclage de l'eau, techniques de décontamination des habitats planétaires
7	Énergie abordable et propre	Traitement du CO2 sur Mars, photovoltaïque avancé, fusion nucléaire
8	Travail satisfaisant et développement Économique	Effets positifs sur l'économie terrestre induits par l'économie spatiale. Croissance du nombre de personnes possédant des qualifications professionnelles élevées, opérant dans des conditions de travail satisfaisantes et épanouissantes
9	Industrie, Innovation et Infrastructures	Effets positifs sur l'économie terrestre induits par l'économie spatiale. Nouvelles technologies de construction d'infrastructures terrestres, issues de la recherche sur les matériaux et les constructions dans le secteur spatial. Effets bénéfiques des télécommunications spatiales.
10	Réduction des Inégalités	Augmentation de la richesse économique de la population terrestre, accès aux bénéfices de l'économie spatiale par les peuples des pays en développement.
11	Villes et Communautés durables	Effets positifs sur la construction de villes terrestres découlant de la construction de villes sur la Lune et sur Mars: autonomie énergétique, réduction de l'exploitation des ressources, inclusion de la population, matériaux éco-durables, médecine territoriale.
12	Consommation et Production Responsables	Optimisation de l'utilisation des ressources terrestres avec des techniques issues des applications spatiales, utilisation des ressources minérales dans l'espace, optimisation de la production alimentaire.
13	Actions pour le climat	Utilisation des technologies liées au traitement du CO2, surveillance du climat terrestre grâce à l'utilisation spécialisée
14	Vie sous l'eau	Réduction de l'impact humain sur la faune marine par l'amélioration des techniques de pisciculture, l'utilisation d'algues et de plantes marines pour la préservation de la vie sous-marine, l'augmentation de la production alimentaire à la surface de la Terre avec des techniques spatiales, monitoring de la vie sous-marine à l'aide de technologies satellitaires.
15	Vie sur la terre	Alimentation, monitoring de l'environnement
16	Paix, Justice et institutions fortes	Collaboration internationale pour la recherche spatiale en tant que facteur complémentaire du maintien de la paix internationale et déclencheur d'une collaboration institutionnelle entre les pays.
17	Partage des objectifs	Réduction des conflits internationaux: l'espace offre une perspective globale et une voie commune de croissance et constitue une plateforme d'aide pour le partage des objectifs de développement durable au niveau international.

Spazio all'umanità: il ruolo della gioventù

Anni strani questi: la crisi che viviamo non è la prima e non sarà neanche l'ultima, ma differente da quelle economico-finanziarie cui avevamo fatto l'abitudine.

Negli scorsi decenni le crisi si sono dette per lo più finanziarie, con luoghi di dibattito e confronto apparentemente molto lontani dal quotidiano, e sebbene consci delle ricadute delle decisioni sulle nostre vite, abbiamo delegato ogni azione in luoghi lontani, quasi fantomatici quali Piazza Affari o Wall Street.

Quella attuale invece è una crisi completamente nuova, una crisi insolita che coinvolge, con fare devastante, le emozioni, una difficoltà sociale segnata da sofferenze, che ci costringe a guardare avanti con occhi nuovi.

L'impoverimento delle relazioni ci ha portato ad una loro riscoperta: mai come oggi riconosciamo l'importanza delle relazioni con persone a noi care nella vita reale. Mai come oggi ci interroghiamo con apprensione sul loro presente e sul loro futuro: la persona amica, parente o collega come sta affrontando questa fase difficile?

Ce la farà a ripartire?

Space to Humanity - the Role of Youth

Crazy years we are living: crisis we are currently facing is not the first and it will not even be the last one, but it is certainly different from the economic crisis we're used to know. In recent decades, crisis have been mostly defined as financial and discussed in places of debate and comparison apparently far away from the everyday, and, although we are aware of the impact in our lives of the decisions taken, we delegate every action to distant places, almost imaginary, like Piazza Affari or Wall Street.

The current crisis is totally new: it is an unusual crisis that involves feelings in a devastating way, it is a social trouble, marked by sorrow, and it is forcing us to look forward with new eyes.

The reduction of social relationships reveals their value: never before today we recognise the importance of relationships with our loved ones in real life.

Never before today we wondered with concern about the present and the future of our dears: how the loved ones, the relatives or our colleagues are enduring this rough patch?

Will they be able to restart?

Ce sont des années étranges: la crise que nous traversons n'est pas la première et ce ne sera même pas la dernière, mais différente de celles économiques et financières auxquelles nous nous habituons.

Au cours des dernières décennies, les crises ont surtout été qualifiées de financières, avec des lieux de débat et de confrontation apparemment très éloignés de la vie quotidienne, et bien que conscients de l'impact des décisions sur nos vies, nous avons délégué chaque action à des lieux lointains, presque fantômes comme Piazza Affari ou Wall Street.

La crise actuelle, en revanche, est une crise complètement nouvelle, une crise inhabituelle qui implique, avec un effet dévastateur, des émotions, une difficulté sociale marquée par la souffrance, qui nous oblige à regarder en avant avec des yeux nouveaux. L'appauvrissement des relations nous a conduit à leur redécouverte: jamais comme aujourd'hui nous ne reconnaissons l'importance des relations avec des personnes qui nous sont chères dans la vraie vie.

Jamais comme aujourd'hui nous ne nous sommes interrogés avec appréhension sur leur présent et leur avenir: comment l'ami, le parent ou le collègue fait-il face à cette phase difficile?

Pourra-t-il recommencer?

In questo contesto, particolarmente delicata è la condizione della fascia di popolazione giovane, la generazione c.d. *millennial*. L'età media sta inesorabilmente aumentando, la società sta dunque invecchiando e ragazzi e le ragazze da decenni non sono più i protagonisti della vita politica e sociale, venendo percepiti come un problema anziché come una risorsa.

Potrebbe sembrare una esagerazione, ma si noti quante energie vengono spese per 'intrattenerli' come pubblico e/o consumatori, anziché coinvolgerli come soggetti attivi della vita sociale e culturale, in confronto con il mondo.

Confinare questa generazione nella pseudo-realtà della propria stanza è certamente più comodo che assumersi la responsabilità di educarla a nuove prospettive ed ambizioni, ad "alimentare e curare i propri sogni".

Eppure viviamo un'epoca storica sbalorditiva, in un crescendo di invenzioni, prospettive, dialogo e consapevolezza globale. Le dinamiche sociali, dal quartiere ai centri urbani, sono sempre più interconnesse.

Una prospettiva che sembra aver superato i confini del mondo e sia passata oltre, invadendo lo spazio vicino a noi, e dove il vicino a noi non è più la bassa orbita atmosferica o l'alta, e neanche la Luna, ma forse si è già passati oltre pensando al primo pianeta da abitare, Marte.

Certo si può scegliere di non guardare in alto: i problemi a terra sono già moltissimi e mentre alcuni si superano altri sembrano diventati endemici, quasi un tutt'uno con il mondo e l'umanità stessa. Tanto radicati da apparire come impossibili da sradicare.

Eppure, lo spazio offre un'alternativa.

La *Space Economy*, è l'insieme di tutte le attività economico - finanziarie connesse all'industria dedicata allo spazio. Finanziamenti, servizi offerti, produzione, ma anche la manodopera, o meglio, la prorompente forza-lavoro impiegata in questo settore nuovissimo ed estremamente dinamico qual è l'industria spaziale.

In this context, the young people (*The millennial generation*) condition is particularly delicate. Average age is inexorably increasing, in fact society is ageing and the boys and the girls have no longer been central in political and social life for decades. They are considered a trouble and not a resource.

It would seem an exaggeration, but it should be noted that many energies have been spent in order to entertain them as audience/consumer, instead of engaging them as active subjects in social and cultural life, differently from the rest of the world.

Lock this generation up in the pseudo-reality of their own room is surely easier than taking responsibility for educating young people to new perspectives and ambitions, to "feed and take care of their dreams".

However, we are living an amazing historical period, a crescendo of inventions, perspectives, dialogue and global awareness. Social dynamics are more and more interconnected, from district to urban centres. A perspective that seems have overstepped the edge of earth and gone beyond, invading the space close to us, and where "close to us" is no longer the Earth's low or high atmospheric orbit, and not even the Moon, but maybe we moved beyond, thinking about the first planet to inhabit, Mars.

Obviously, you can choose not to look up: there are already lots of troubles on Earth, and, while some have been overcome, a few seems to have become endemic, almost a single entity with the world and humanity itself. So rooted that seems impossible to eradicate them.

However, the space offers an alternative.

Space Economy is the sum of all the economic and financial activities, linked to the industry dedicated to the space. Funding, services provided, production, but even labour, or, better, irreplaceable workforce employed in this brand new and extremely dynamic field, that is the space industry.

Dans ce contexte, la condition de la tranche jeune de la population est particulièrement délicate, la soi-disant *millénaire*.

L'âge moyen augmente inexorablement, la société vieillit donc et depuis des décennies, les garçons et les filles n'ont plus été les protagonistes de la vie politique et sociale, étant perçus comme un problème plutôt que comme une ressource. Cela peut sembler exagéré, mais notez combien d'énergie est dépensée pour les « divertir » en tant que public et / ou consommateurs, plutôt que de les impliquer en tant que sujets actifs de la vie sociale et culturelle, en comparaison avec le monde. Confiner cette génération dans la pseudo-réalité de sa propre chambre est certainement plus commode que d'assumer la responsabilité de l'éduquer à de nouvelles perspectives et ambitions, pour « nourrir et guérir ses rêves ».

Pourtant, nous vivons à une époque historique stupéfiante, dans un crescendo d'inventions, de perspectives, de dialogue et de prise de conscience mondiale.

Les dynamiques sociales, du quartier aux centres urbains, sont de plus en plus interconnectées.

Une perspective qui semble avoir franchi les frontières du monde est dépassée, envahissant l'espace près de nous, et où le voisin de « nous » n'est plus la basse atmosphère ou l'orbite haute, et même pas la Lune, mais peut-être l'est-elle déjà Je suis passé en pensant à la première planète à habiter, Mars.

Bien sûr, vous pouvez choisir de ne pas lever les yeux: les problèmes sur le terrain sont déjà nombreux et si certains sont surmontés, d'autres semblent être devenus endémiques, dont quasiment un avec le monde et l'humanité elle-même.

Si profondément enraciné qu'il semble impossible à éradiquer. Pourtant, l'espace offre une alternative.

La *Space Economy* est l'ensemble de toutes les activités économiques et financières liées à l'industrie dédiée à l'espace. Le financement, l'offre de services, la production, mais aussi la main-d'œuvre, ou plutôt l'écrasante main-d'œuvre employée dans ce tout nouveau secteur extrêmement dynamique qu'est le spatial.



Ma chi sono coloro che “lavorano nello spazio”?

Una volta avremmo detto astronauti, ma essi non sono che la punta di un iceberg di servizi, professionalità ed eccellenze nell’ambito tecnico-scientifico.

La stessa settorializzazione non è più criterio valido per una analisi di realtà, perché le professionalità impiegate nello spazio o con le tecnologie derivanti dalla ricerca spaziale sono le più differenti e negli ambiti più svariati: agricoltura, medicina, biologia, giurisprudenza, politica, sociologia e design per fare qualche esempio.

In questo processo di evoluzione ed innovazione cui l’umanità tutta è chiamata a partecipare, sarebbe ovvio pensare alla generazione *millennial* come grande protagonista, ma purtroppo così non è.

Vediamo come è la situazione e come può evolversi.

Attualmente l’economica dello spazio non è più un ambito esclusivo del settore pubblico, ma è finalmente entrata in gioco una leva importante: la competizione. L’ingresso nella corsa di aziende private ha portato ad un generale miglioramento di tempi e qualità della produzione, favorendo l’implementazione di forza lavoro giovane, assunta poco dopo il conseguimento della laurea e dottorato.

Da un recente report condotto dalla National Academy of Sciences sulla forza lavoro della NASA, si evince ad esempio che l’età media dei dipendenti si attesta su due picchi: uno sui 35 anni per l’executive e l’altra oltre i 55 per il *management*. La famosissima SpaceX può vantare un’età media di 29 anni, la stessa di Facebook (fonte: inc.com, *Why the Millennials Want to Work for Elon Musk*).

La più nota fra le aziende italiane, ArgoTec, leader nell’ingegneria spaziale ma anche nella ricerca sull’alimentazione per la permanenza nello spazio, pur contando oltre 2 mila dipendenti può vantare un’età media di soli 28 anni (fonte: Corriere della Sera *Argotec, il futuro del lavoro* di Giulia Cimpanelli).

Who are the people “working in the space”?

Once, you would tell astronauts, but they are only the tip of the iceberg made of services, professionalism and excellence in technical and scientific areas.

Sectorization itself is no more a valid criterion for a reality analysis, because practitioners employed in space or in technologies arising from the space research are the most different in many areas: agriculture, medicine, biology, law, politics, sociology and design, for example.

In this evolution and innovation process, to which the whole of humanity is called to participate, it would be obvious to think about the *millennial generation* as the main character, but it is not so.

Let’s see how the situation is and it could evolve.

Currently the space economy is no longer an exclusive field of public sector, but finally a significant factor came into play: competition.

The entry of private companies into the play prompted a general improvement in schedule and quality of production, favouring the implementation of young workforce, hired shortly after graduating and finishing the PhD.

A recent report about NASA workforce made by National Academy of Sciences shows that employers’ average age stands on two peaks: one of 35 years for the executive roles and the other made of the over 55 for *management*.

The famous SpaceX have proudly an average age of 29, same as Facebook (source: inc.com *Why the Millennials want to work for Elon Musk*).

The best known of Italian industries, ArgoTec, leader in space engineering and in research for space nutrition, has an average age of only 28 years (source: Corriere della Sera *Argotec, Il futuro del lavoro* by Giulia Cimpanelli).

Mais qui sont ceux qui « travaillent dans l'espace » ?

Autrefois, on aurait dit astronautes, mais ils ne sont que la pointe de l'iceberg des services, du professionnalisme et de l'excellence dans le domaine technico-scientifique.

La sectorisation elle-même n'est plus un critère valable pour une analyse de la réalité, car les professionnels employés dans l'espace ou avec les technologies issues de la recherche spatiale sont les plus diversifiés et dans les domaines les plus variés: agriculture, médecine, biologie, droit, politique, sociologie. et la conception pour donner quelques exemples.

Dans ce processus d'évolution et d'innovation auquel toute l'humanité est appelée à participer, il serait évident de penser la génération *millénaire* comme un grand protagoniste, mais ce n'est malheureusement pas le cas. Voyons comment la situation est et comment elle peut évoluer.

Actuellement, l'économie de l'espace n'est plus un domaine exclusif du secteur public, mais un levier important est enfin entré en jeu: la concurrence. L'entrée dans la course des entreprises privées a conduit à une amélioration générale des délais et de la qualité de production, favorisant la mise en place d'une main-d'œuvre jeune, embauchée peu après l'obtention d'un diplôme et d'un doctorat.

Par exemple, un rapport récent de la National Academy of Sciences sur l'effectif de la NASA montre que l'âge moyen des employés atteint deux sommets: l'un de plus de 35 ans pour les non-cadres et l'autre de plus de 55 ans pour les cadres. Le très célèbre SpaceX peut se vanter d'avoir en moyenne 29 ans, de même que Facebook (source: inc.com, *Why the Millennials Want to Work for Elon Musk*).

La plus connue des entreprises italiennes, ArgoTec, leader de l'ingénierie spatiale mais aussi de la recherche sur l'alimentation pour rester dans l'espace, malgré plus de 2000 salariés, peut se targuer d'un âge moyen de seulement 28 ans (source: Corriere della Sera, *Il futuro del lavoro* de Giulia Cimpanelli).

A proposito di Italia, ragazze e ragazzi cosa provano nei confronti dello spazio? C'è o non c'è questo *feeling* (Dante dall'alto non ce ne voglia per l'inglese proprio in questo anno di festeggiamenti)? E qual è?

Come Associazione Nemesis Planetarium, che da anni opera nelle Marche nella divulgazione scientifica sostenendo un approccio trasformativo, cioè cercando di innescare un meccanismo di sensibilizzazione della cittadinanza affinché si metta in moto un circolo virtuoso di richiesta ed offerta di sapere scientifico, lo abbiamo chiesto a studenti e studentesse italiane agli ultimi anni delle superiori.

Il titolo del sondaggio, i cui risultati sono consultabili sul sito ufficiale (sito web www.nemesisplanetarium.org), è *Can you feel the space?* ed è stato proposto a studentesse e studenti del Liceo Scientifico Galileo Galilei di Macerata, per la cui sensibilità e disponibilità ringraziamo il corpo docente.

Perché l'inglese? Perdonatemi a questo punto una breve digressione sull'uso della lingua.

Se è vero che è importante mantenere un linguaggio comprensibile ai più e che la lingua italiana è ricca ed esaustiva, è altrettanto vero che la lingua inglese è quella adottata per la comunicazione internazionale. Conoscerlo è dunque *conditio sine qua non* per non rimanere tagliati fuori dall'economia dello spazio.

Eppure, l'inglese in Italia continua ad essere un ostacolo, persino per le generazioni più giovani, come, lo vedremo in seguito, conferma il nostro campione.

Il sondaggio è stato strutturato in modo da mettere in evidenza alcuni fattori che consideriamo importanti e necessari per lo sviluppo di una mente sensibile al tema spazio.

Con le domande iniziali si è sondato il contesto culturale di riferimento, nello specifico l'offerta formativa scientifica e spaziale. Si è poi indagato il livello di conoscenza e sensibilità all'industria spaziale, e le prospettive professionali nel settore.

In Italy, what do youngsters feel about space?

Is this *feeling* real or not? As Association Nemesis Planetarium, which has been operating in scientific disclosure in the Marche region for years, supporting a transformative approach, that is trying to trigger a citizenship awareness-raising mechanism in order to start a virtuous circle of request and offer of scientific knowledge, we asked some Italian students attending the last years of high school.

The title of the poll, the results of which are on the official website (<http://www.nemesisplanetarium.org>), is *“Can you feel the space?”* and the poll has been carried out among students of Liceo Scientifico Galileo Galilei in Macerata, with a special thanks to the teachers for the support and collaboration they offered.

Why in English? At this point, forgive me the digression about the use of this tongue. It is true that the use of a commonly understandable language is important, the Italian language is certainly very rich and exhaustive. It is also true that the English language is chosen for international communication. Knowing English is the needed condition not to be cut off from the space economy.

However, in Italy English is still an obstacle, even to the youngest generation, as the interviewed students have proved. We organised the pull in order to underline some factors we consider important and necessary to develop a Space oriented mind. We tested the cultural context with the first questions, in particular the scientific and spatial educational offer. Then, we tested the Level of knowledge and interest in space industry and the possible professional growth in this area.

Results are sadly not encouraging in any of the three areas, and, avoiding a too detailed analysis, it is impressive that boys and girls stated they have participated in not significant number of scientific events during their school career: 63,3% of interviewees chooses “less than 5”.

En parlant d'Italie, que pensent les filles et les garçons de l'espace? Y a-t-il ou non ce sentiment (Dante d'en haut ne veut pas parler anglais en cette année de célébrations) ? Et qui ?

Comme l'Association Nemesis Planetarium, qui opère dans les Marches depuis des années dans la diffusion scientifique en soutenant une approche transformatrice, c'est-à-dire en essayant de déclencher un mécanisme de sensibilisation à la citoyenneté afin qu'un cercle vertueux de demande et d'offre de connaissances scientifiques soit mis en mouvement, nous avons fait la demande aux étudiants et étudiants italiens des dernières années du lycée.

Le titre de l'enquête, dont les résultats sont disponibles sur le site officiel (site www.nemesisplanetarium.org), est *Can you feel the space ?* Et il a été proposé aux étudiants du Liceo Scientifico Galileo Galilei à Macerata, pour la sensibilité et la disponibilité desquels nous remercions le personnel enseignant.

Pourquoi l'anglais? À ce stade, pardonnez-moi une brève digression sur l'utilisation de la langue. S'il est vrai qu'il est important de maintenir une langue compréhensible pour la plupart des gens et que la langue italienne est riche et complète, il est également vrai que la langue anglaise est celle adoptée pour la communication internationale. Le savoir est donc *conditio sine qua non* pour ne pas être coupé de l'économie spatiale. Pourtant, l'anglais en Italie continue d'être un obstacle, même pour les jeunes générations, comme nous le verrons plus tard, confirme notre champion.

L'enquête a été structurée de manière à mettre en évidence certains facteurs que nous considérons importants et nécessaires pour le développement d'un esprit sensible à l'espace. Avec les questions initiales, le contexte culturel de référence a été sondé, en particulier l'offre de formation scientifique et spatiale. Nous avons ensuite étudié le niveau de connaissance et de sensibilité à l'industrie spatiale, ainsi que les perspectives professionnelles du secteur.



I risultati non sono purtroppo entusiasmanti in nessuno dei tre obiettivi fissati e, senza entrare nel merito di un'analisi troppo approfondita, ciò che più impressiona è il numero irrisorio di eventi a carattere scientifico a cui i ragazzi e le ragazze hanno ammesso di aver partecipato nel loro percorso di studi: il 63,3% degli intervistati sceglie meno di 5!

E ad aggravare la situazione 83,3% risponde che tali eventi non sono stati organizzati da uno dei 4 atenei presenti in tutta la regione Marche. Ciò nonostante, circa la metà del campione dichiara di seguire quotidianamente canali social e testate a tema scientifico, pur non avendo per la maggior parte nozione di cosa sia una 'pseudoscienza'.

In merito alla loro familiarità con l'industria aerospaziale la fa da padrone SpaceX, mentre meno note sono le aziende italiane. Ben oltre il 50% ritiene di avere pochissime probabilità di lavorare con lo spazio. Fra le cause domina la complessità degli studi e la mancanza di offerte lavorative.

A proposito di inglese: il 15% del campione indica proprio nella difficoltà ad apprendere la lingua uno dei maggiori ostacoli alla carriera.

In ultimo: oltre il 63% del campione sarebbe disponibile ad esperienze di studi formativi all'estero in ambito di ricerca spaziale, ma ben il 90% ammette di non aver mai cercato un'offerta simile in nessuno dei siti delle varie agenzie spaziali o più in generale nel web.

Ne emerge un quadro desolante, con evidente scollamento fra i giovani intervistati e lo sviluppo della ricerca spaziale, che vivono come qualcosa di lontano e non collegato alla loro realtà: il 60% del campione afferma di non conoscere nessuno che lavori nel settore. Stiamo parlando è vero di un territorio provinciale, probabilmente differenti sarebbero stati i risultati se il campione avesse avuto una collocazione in qualche grande città, ma ciò non di meno la popolazione italiana è sparsa sul territorio e le realtà medio piccole sono moltissime.

And the situation gets more serious because 83,3% of them answers that any of the 4 universities in the Marche region hasn't organised those events.

Nevertheless, about half of the sample claims to follow on a daily basis social channels and magazines about scientific matters, but most of them don't know what the concept of pseudoscience means. They know the aerospace engineering thanks to SpaceX, while Italian industries are much less known.

More than 50% of them believe to have a very low probability to work in the space area. The most relevant causes are the high complexity of the education and the lack of job offers.

And about what we learned of the English tongue: 15% of the sample defines the difficulty in studying English as one of the most important obstacles to the future career. In the end: over 63% of the sample declare that they would be willing to study abroad space research, but also 90% declare not to have searched this kind of opportunity from any space agency website or even on Internet.

These data portray a distressing reality, a wide gap divides the young interviews and the space research development, which they consider not linked to their reality. 60% of the sample state they don't know anyone working in this field. We are talking about a small provincial area and, if the sample was from some big Italian cities, probably the results would be different. Nevertheless, the Italian population is generally spread in the medium-small communities.

Taking into consideration these cultural contexts, we have to work hard, in particular people who deals with education and training.

In the first place, universities should activate all-ages science and technology promotion programs, since they are widely present all over Italy.

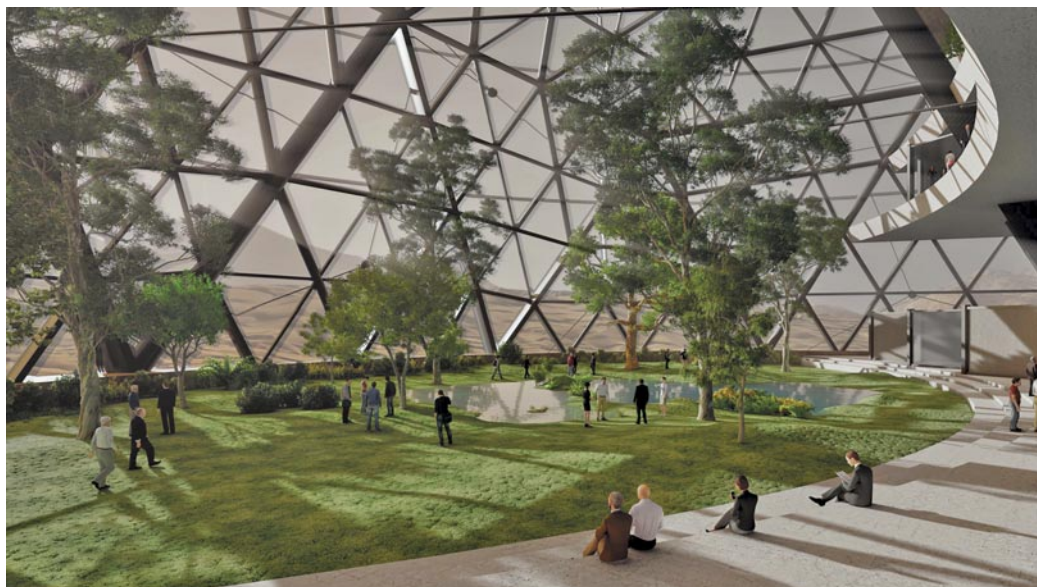
Malheureusement, les résultats ne sont passionnants dans aucun des trois objectifs fixés et, sans entrer dans les mérites d'une analyse trop approfondie, ce qui est le plus impressionnant est le nombre négligeable d'événements scientifiques dans lesquels les garçons et les filles ont admis avoir participé dans leurs études: 63,3% des personnes interrogées en choisissent moins de 5 ! Et pour aggraver la situation, 83,3% ont répondu que ces événements n'étaient pas organisés par l'une des 4 universités présentes dans toute la région des Marches. Néanmoins, environ la moitié de l'échantillon a déclaré suivre quotidiennement les canaux des médias sociaux et les publications scientifiques, bien qu'ils n'aient pour la plupart aucune idée de ce qu'est la « pseudoscience ».

En ce qui concerne leur familiarité avec l'industrie aérospatiale, SpaceX est roi, tandis que les entreprises italiennes sont moins connues. Plus de 50% pensent qu'ils ont très peu de chances de travailler avec l'espace. Parmi les causes dominent la complexité des études et le manque d'offres d'emploi. En parlant d'anglais: 15% de l'échantillon pointe la difficulté à apprendre la langue comme l'un des principaux obstacles à la carrière.

Enfin: plus de 63% de l'échantillon seraient disponibles pour des études de formation à l'étranger dans le domaine de la recherche spatiale, mais jusqu'à 90% admettent n'avoir jamais cherché une offre similaire dans aucun des sites des différentes agences spatiales ou plus. .en général sur le Web.

Une image sombre se dégage, avec une nette déconnexion entre les jeunes interrogés et le développement de la recherche spatiale, qui vivent comme quelque chose de lointain et sans rapport avec leur réalité: 60% de l'échantillon déclare ne connaître personne qui travaille dans le secteur.

Il est vrai que nous parlons d'un territoire provincial, probablement les résultats auraient été différents si l'échantillon avait eu un emplacement dans une grande ville, mais néanmoins la population italienne est répartie sur le territoire et les réalités moyennes-petites sont très nombreuses .



Se ci riferiamo quindi a questi ultimi contesti culturali il lavoro da fare è dunque ancora molto, soprattutto per chi si occupa di formazione a vari livelli e titoli. Tra i primi soggetti ci sono certamente le università che, distribuite capillarmente su tutto il territorio italiano, dovrebbero mettere in atto programmi di promozione scientifica e tecnologica rivolti ad ogni fascia di età scolare.

Non possono però con questo esimersi dall'impegno i grandi enti nazionali il cui fine è proprio la promozione della presenza dell'Italia ai maggiori tavoli di trattativa, mi riferisco in tal senso all'Agenzia Spaziale Italiana, all'Istituto Nazionale di Astrofisica e volendo alla più internazionale Agenzia Spaziale Europea di cui l'Italia è pur sempre uno dei principali membri.

Sarebbe compito di queste agenzie, sostenute anche dal comparto pubblico, promuovere sul territorio iniziative per sensibilizzare non solo i giovani ma tutta la cittadinanza composta anche in parte proprio dai genitori degli studenti, anch'essi fattore chiave per la crescita formativa dei ragazzi e delle ragazze.

Per fortuna da diversi anni, al fianco degli operatori nazionali più noti, stanno nascendo realtà interessanti, promosse da privati o enti del terzo settore, interessati ad aprire delle finestre attraverso cui dare uno sguardo al futuro ed alle opportunità che esso si riserva.

E' il caso ad esempio del CNS Center for Near Space, dipartimento dell'oramai affermato Italian Institute for the Future, che dalla sua fondazione promuove una piattaforma condivisa progettuale per l'habitat spaziale del futuro (approfondimenti www.instituteforthefuture.it/center-near-space/), piattaforma nella quale raccogliere contributi di privati e per realizzare un progetto non solo condiviso ma partecipato.

Per stimolare la partecipazione ogni progetto deve essere essenzialmente noto, è necessario adoperarsi per farlo conoscere, ed è in questa direzione che le azioni del CNS si muovono, contribuendo così fortemente alla promozione delle opportunità che lo spazio riserva per il futuro, azioni

However, the important national entities, such as Italian Space Agency, National Institute of Astrophysics or even European Space Agency (and Italy is one of the leading members of this agency), have to reach their aim of including Italy in the major negotiation tables. Also supported by public sector, these agencies should promote initiatives, in order to sensitize not only young people, but also all citizens, including students' parents, who are a key factor in the youngsters' education and training.

Fortunately, over the last years some interesting projects are emerging, alongside the best-known national bodies and promoted by private-sectors and third sector organisations.

Their goal is to open doors through which you can look at the future and its opportunities.

The CNS Center for Near Space is a good example. CNS is part of the Italian Institute for the Future, which from its foundation has been promoting a sharing design platform about space habitat in the future (to deepen <https://www.instituteforthefuture.it/center-near-space/>).

Private inputs are collected on the platform, in order to realize a shared and collective project.

In order to encourage participation, every project should be well-known. It is important to take action to make it known. CNS contributes significantly to the promotion of opportunities that the space offers for the future, addressing to citizens and in particular to youngsters. Considering the negative context, it's really necessary to include them, even with direct testimonies.

Another interesting example is the Moon Village Association, headquartered in Vienna and its members are from more than 47 countries. Nemesis Planetarium is its Italian division, acting as point of reference and organising meetings, in order to encourage professionals, who want to contribute with their skills and their time to specific projects, internationally shared.

Par conséquent, si l'on se réfère à ces derniers contextes culturels, il y a encore beaucoup de travail à faire, en particulier pour les personnes impliquées dans la formation à différents niveaux et les qualifications. Parmi les premières matières, il y a certainement les universités qui, largement réparties sur tout le territoire italien, devraient mettre en œuvre des programmes de promotion scientifique et technologique destinés à toutes les tranches d'âge scolaire. Cependant, avec cet engagement, les grands organismes nationaux dont le but est précisément de promouvoir la présence de l'Italie aux grandes tables de négociation ne peuvent pas se soustraire à cet engagement, je me réfère en ce sens à l'Agence spatiale italienne, à l'Institut national d'astrophysique et à la plus internationale de l'Agence spatiale européenne dont l'Italie est toujours l'un des principaux membres. Ce serait la tâche de ces agences, également soutenues par le secteur public, de promouvoir des initiatives dans le domaine de sensibilisation non seulement des jeunes mais de tous les citoyens, également en partie composés des parents des élèves, également un facteur clé pour la croissance éducative des garçons et des filles.

Heureusement, depuis plusieurs années, aux côtés des opérateurs nationaux les plus connus, des réalités intéressantes ont émergé, portées par des particuliers ou des entités du tiers secteur, intéressées à ouvrir des fenêtres permettant de jeter un regard sur l'avenir et les opportunités qu'il réserve.

C'est le cas, par exemple, du CNS Center for Near Space, le département italien désormais bien établi de l'Italian Institute for the Future, qui depuis sa fondation promeut une plate-forme de conception partagée pour l'habitat spatial du futur (informations approfondies <https://www.instituteforthefuture.it/center-near-space/>), une plateforme pour collecter les contributions d'individus et réaliser un projet qui n'est pas seulement partagé mais en participation.

Pour stimuler la participation, chaque projet doit être essentiellement connu, il faut travailler pour le faire connaître, et c'est dans ce sens que se déplacent les actions du CNS,



rivolte alla cittadinanza ma soprattutto ai giovani perché è fondamentale, visto il contesto in cui arranchiamo, coinvolgere questi ultimi e anche raggiungerli con testimonianze dirette.

Un'altra realtà interessante è senza dubbio la Moon Village Association, con sede a Vienna e che vanta iscritti da oltre 47 stati. Nemesis Planetarium ne è referente per il comparto italiano e sostiene una serie di incontri, studiati nel linguaggio, che hanno lo scopo di coinvolgere e stimolare la creatività dei professionisti intenzionati a mettere le proprie competenze ed il proprio tempo a disposizione di progetti specifici condivisi a livello globale. Iniziative che con il tam tam quotidiano raccontano la necessità di partecipazione e di un approccio produttivo ed attivo nella visione delle città del futuro. Non dimenticherei di citare anche altre realtà internazionali quali ad esempio Mars Planet, Mars Society o l'Open Lunar Foundation.

Una nota particolare è da dedicare al progetto SGAC acronimo di Space Generation Advisory Council, sostenuto dalle Nazioni Unite e volto a creare una rete globale di studenti e giovani professionisti interessati all'industria dello spazio (sito web www.spacegeneration.org). Una rete nel cui interno molti giovani, attraverso il meccanismo dell'interscambio di informazioni, possono trovare suggerimenti e tutor per i propri percorsi professionali.

Giovani come ad esempio Marco Peroni, ingegnere civile ed imprenditore a Faenza, che da anni lavora ad un progetto sostenibile in termini di qualità di vita volto a schermare la prossima città lunare dalle radiazioni solari estremamente dannose. L'obiettivo di Peroni è proporre una città sulla Luna o su Marte con le finestre nelle abitazioni, a molti sembrerà solo un'idea divertente ma di fatto è uno dei migliori esempi di un approccio totalmente nuovo al futuro, che parta sin da subito dalla necessità di mettere al primo piano la salute e il rispetto della vita e dei luoghi (sito web www.marcoperoni.it).

Thanks to circulation of information day by day, these events underline the necessity of participation and a proactive approach to the vision of the cities of the future.

I wouldn't forget to mention other agencies, as Mars Planet, Mars Society or Open Lunar Foundation.

A special mention goes to the SGAC project, acronym for Space Generation Advisory Council, supported by ONU, that aims at creating a global youngsters and young specialists' net for those who are interested in space industry (website web www.spacegeneration.org).

Through reciprocal exchange of information, young people can find in this net suggestions and tutors for their careers. Among them we find young architects, including Marco Peroni, civil engineer and businessman in Faenza, who has been working on a project about screening the next city on the Moon from solar radiation, which are extremely dangerous, for years.

Peroni's aim is to design a city on the Moon or on Mars, in which houses have windows. That could be fun, but it is one of the best examples of a brand new approach to the future: it places at the first place the health and the respect for life and places (website <https://www.marcoperoni.it/>).

Another noteworthy testimony is from Enrico Trolese, an architect now living on a permanent basis in London.

He is an interior designer, specialized in designing multifunctional spaces which reflect the total respect to the common guidelines of "beauty". For Trolese the concept of "beauty" is expressed by spaces that are functional to hospitality and to the creativity, never aseptic nor boring. (website: www.cgworks.co.uk/)

Very important is the contribution of those who work in sociology, law and politics. In these areas, is growing a shared basis of rules and laws, which become substantial to a worldwide new consciousness which may learn from history the correct meaning of property and equity.

contribuant ainsi fortement à la promotion des opportunités que l'espace réserve pour l'avenir, des actions destinées à la citoyenneté mais surtout aux jeunes car il est fondamental, compte tenu du contexte dans lequel nous luttons, de les impliquer et aussi de les atteindre avec des témoignages directs.

Une autre réalité intéressante est sans aucun doute la Moon Village Association, basée à Vienne et qui compte des membres de plus de 47 États. Nemesis Planetarium est son référent pour le secteur italien et soutient une série de rencontres, étudiées avec la langue, qui visent à impliquer et à stimuler la créativité de professionnels qui ont l'intention de mettre leurs compétences et leur temps à disposition de projets spécifiques partagés.

Des initiatives qui, avec le tam tam quotidien, témoignent du besoin de participation et d'une approche productive et active dans la vision des villes du futur. Je n'oublierai pas de mentionner également d'autres réalités internationales telles que Mars Planet, Mars Society ou l'Open Lunar Foundation. Une note spéciale devrait être consacrée au projet SGAC, acronyme de Space Generation Advisory Council, soutenu par les Nations Unies et visant à créer un réseau mondial d'étudiants et de jeunes professionnels intéressés par l'industrie spatiale (site Web www.spacegeneration.org). Un réseau dans lequel de nombreux jeunes, à travers le mécanisme d'échange d'informations, peuvent trouver des suggestions et des tuteurs pour leurs parcours professionnels.

Parmi eux, des jeunes comme Marco Peroni, ingénieur civil et entrepreneur à Faenza, qui travaille depuis des années sur un projet durable en termes de qualité de vie visant à protéger la prochaine ville lunaire du rayonnement solaire extrêmement nocif. L'objectif de Peroni est de proposer une ville sur la Lune ou sur Mars avec des fenêtres dans les maisons, pour beaucoup cela semblera drôle, mais en fait c'est l'un des meilleurs exemples d'une approche totalement nouvelle du futur, qui part immédiatement du besoin de mettre au premier étage la santé et le respect de la vie et des lieux (site www.marcoperoni.it/).

Un'altra testimonianza che mi sento di riportare è quella di Enrico Trolese, architetto ora in sede stabile a Londra, impegnato nello studio di interni e design per gli ambienti che siano funzionali ma che rispettino le normali linee del “bello” inteso come spazi volti all'accoglienza ed allo stimolo creativo, penalizzando l'approccio asettico e monotono purché funzionale (sito web www.cgtworks.co.uk).

Importante anche il contributo di coloro che lavorano in ambiti quali la sociologia, la giurisprudenza e la politica. Ambienti in cui è in atto l'elaborazione di una base condivisa di norme, leggi e regolamenti, indispensabile alla costruzione di una coscienza mondiale che sappia imparare dalla storia in termini di proprietà ed in termini di mutua equità.

Antonino Salmeri Ricercatore in Diritto Spaziale alla SES Chair dell'Università del Lussemburgo e Giuliana Rotola Stagista all' European Southern Observatory e ricercatrice all'Open Lunar Foundation (co-autori in questo numero), entrambi giovani e preparatissimi, sono senz'altro testimoni di questa vitalità e di questo spirito di innovazione che ci infonde fiducia nel futuro dell'umanità.

Mi sento anche di evidenziare figure come Armando Luciano, dottore in Italia e nel Regno Unito rispettivamente in Relazioni Internazionali ed in European Politics, che a domanda “*Come ti vedi fra qualche anno?*” risponde senza esitare “*Ci sono mille porte aperte, non so in quale entrerò, ma so di certo che il mio destino è lavorare con lo spazio*”.

Potrei chiudere con queste parole che da sole raccontano l'entusiasmo delle nuove generazioni verso il futuro, ma è importante sottolineare un passaggio cruciale e niente affatto scontato: solo con la loro interlocuzione il futuro sarà condiviso e partecipato. Sono loro i portatori di prospettive nuove e immaginari inediti, oltre orizzonti sterili e obsoleti.

Antonino Salmeri, researcher in Special Law at the SES Chair at the University of Luxemburg, and Giuliana Rotola, intern at the European Southern Observatory and researcher at the Open Lunar Foundation (also co-writer of this issue), both young and expert, they are certainly the witnesses of this new vitality and of the spirit of innovation, which gives the trust in the future for all human kind.

In my opinion, a person very important is Armando Luciano, doctor in Italy and United Kingdom in International Relationship and in European Politics.

His answer to the question “*how do you see yourself in few years?: there are thousands of new opportunities, it is not clear yet which one I will embrace, but I certainly know that my destiny is tied up with Space*”.

Luciano's words express the new young generation enthusiasm for the future. And this may last. However, it is also important to underline a crucial and at all obvious concept. The interaction among researchers will assure a shared future, full of contributors. They are the carriers of a new perspective and unpublished scenarios beyond sterile and obsolete horizon.

Un autre témoignage que je voudrais rapporter est celui d'Enrico Trolese, un architecte désormais basé à Londres, engagé dans l'étude des intérieurs et la conception d'environnements fonctionnels mais respectant les lignes normales de la « beauté » entendue comme des espaces destinés à accueillir et stimulus créatif, pénalisant l'approche aseptique et monotone tant qu'elle est fonctionnelle (site www.cgtworks.co.uk/)

La contribution de ceux qui travaillent dans des domaines tels que la sociologie, la jurisprudence et la politique est également importante. Environnements dans lesquels le développement d'une base commune de règles, de lois et de réglementations est en cours, essentiel pour construire une conscience mondiale capable d'apprendre de l'histoire en termes d'appropriation et d'équité mutuelle.

Antonino Salmeri Chercheur en droit spatial à la Chaire SES de l'Université du Luxembourg et Giuliana Rotola Stagiaire à l'European Southern Observatory et chercheuse à l'Open Lunar Foundation (co-auteurs dans ce numéro), jeunes et hautement qualifiés, sont certainement les témoins de cette vitalité et cet esprit d'innovation qui nous donnent confiance en l'avenir de l'humanité.

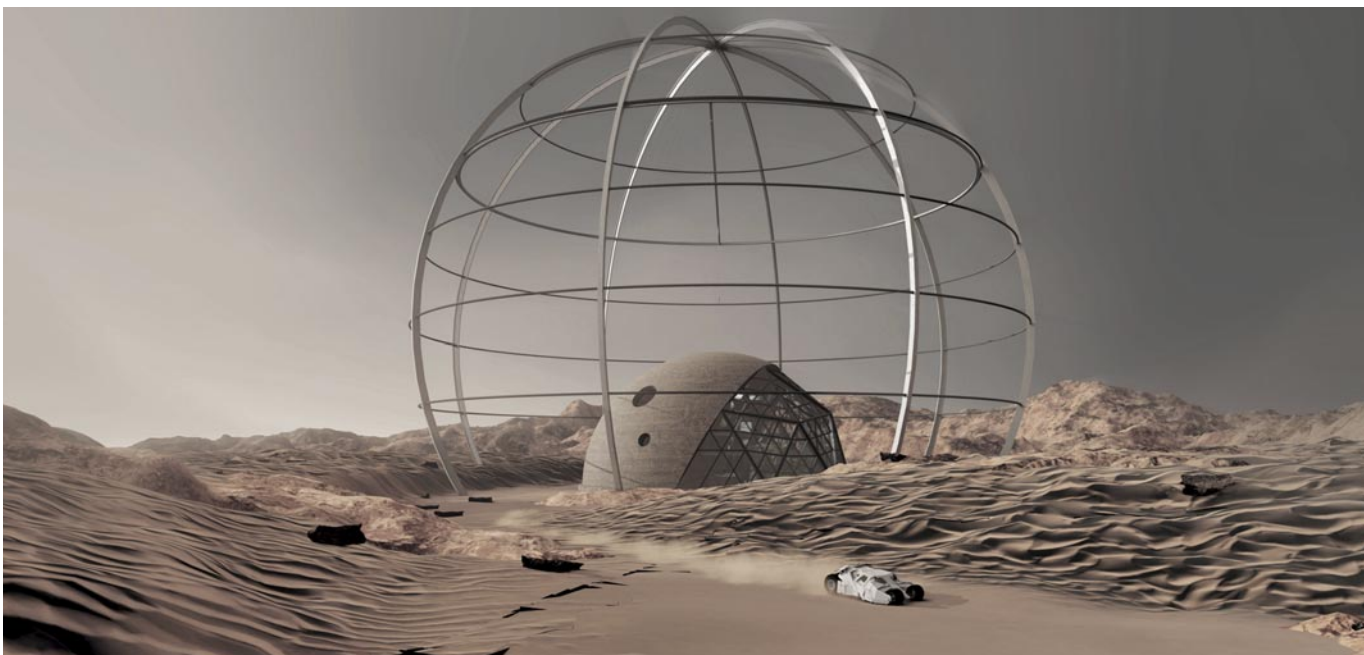
Je voudrais également souligner des personnalités telles qu'Armando Luciano, docteur en Italie et au Royaume-Uni respectivement en relations internationales et en politique européenne, qui se demandent « *Comment vous voyez-vous dans quelques années? Il répond sans hésitation : Il y a mille portes ouvertes, je ne sais pas dans laquelle je vais entrer, mais je sais avec certitude que mon destin est de travailler avec l'espace* ».

Je pourrais terminer par ces mots qui seuls disent l'enthousiasme des nouvelles générations pour l'avenir, mais il est important de souligner un passage crucial et pas du tout évident: ce n'est qu'avec leur dialogue que l'avenir sera partagé qu'il y sera participé. Ils sont porteurs de perspectives imaginaires nouvelles et inédites, au-delà d'horizons stériles et obsolètes.

Les témoignages susmentionnés ont été recueillis lors de l'événement intitulé « I Giovedì di Galassica » et sont disponibles dans leur intégralité sur la chaîne FB Galassica Astronomy Festival.

the testimonies cited above were collected during the event entitled I “Giovedì di Galassica” and are available on demand

le testimonianze sopra citate sono state raccolte durante la kermesse dal titolo I “Giovedì di Galassica” e sono disponibili su richiesta



- 0 - 2006 Fragments / Symbiose
- 1 - 2007 Centres / Peripheries
Annexe - Pays du nord, Pirjo and Matti Sanaksenaho architects
- 2 - 2007 Musicalite de l'oeuvre plastique de Victor Vasarely
Annexe - Liban - Bernard Khoury
- 3/4 - 2007 L'architecture au de la de la forme
Annexe - Autriche - feld72
- 1/2 - 2008 Legami / Liason / Links
Annexe - Espagne - MedioMundo
- 3 - 2008 50 ans - Memoire et Avenir
Annexe - Espagne - Flores & Prats / ITALIE - LabZero
- 4 - 2008 projet de Declaration des Devoirs des Hommes
- 1 - 2009 Utopie et Realité - *hommage à Paolo Soleri*
- 2 - 2009 Sciences de la vie / Architecture
- 3/4 - 2009 projet de "Declaration des Devoirs des Hommes"
et construction de la ville contemporaine
- 1 - 2010 KO-CO2 - *L'architecture après la « prise d'acte » de Copenhague*
- 2 - 2010 Eloge du vide
- 3/4 - 2010 La formation à l'architecture durable
- 1 - 2011 Formation des architectes ? Alphabétisation de scitoyens
pourquoi et comment qualifier la demande en projet
- 2 - 2011 L'Architecture est pour tout
- 3 - 2011 "op.cit."
- 1 - 2012 Sustainability sustains Architecture
a partir des etincelles ou La cité soutenable dans 20 provocations
- 2 - 2012 Sur l'étagement des plans japonais
- 3 - 2012 Architecture au Japon après la "bulle" : limites et possibilités
- 4 - 2012 architecture . . . un signe de paix
- 1 - 2013 Evolution de l'architecture organique, aux Etas Unis et en Europe
- 2 - 2013 Sense of Place : expression in modern japanese architecture
- 3/4 - 2013 Ville et territoire
- 1 - 2014 Ré-Civiliser l'urbain
- 2 - 2014 "zweite Natur, die zu bürgerlichen Zwecken handelt"
- 3/4 - 2013 Utopies urbaines et marines - du rêve à la réalité
- 1 - 2015 Criteria for urban spaces
- 2 - 2015 L'habitat participatif
- 3 - 2015 City Layers - the cities of the future
- 4 - 2015 Arcosanti, un laboratoire urbaine? Sprawl contre Miniaturisation
- 1 - 2016 Architecture et liberté, hommage à Giancarlo De Carlo
- 2 - 2016 Le Corbusier, le mystère du bidet et autres histoires
- 3 - 2016 Vers un nouveau cycle en architecture
- 4 - 2016 À propos de Yona Friedman
- 1 - 2017 Shadrach Woods, entre Synthèse des Arts Majeurs et non art
- 2/3 - 2017 OrbiTecture
- 4 - 2017 Towards the city of dialogs *ouverture au débat*
- 1/2 - 2018 Au-delà de l'architecture : utopie
- 3 - 2018 Conditions préalables l'harmonie
- 4 - 2018 Habitat and inhabitA@tion - Balkrishna Doshi
- 1 - 2019 Le racines du CB
- 2 - 2019 Homme, Matière et Espace
- 1 - 2020 A travers la Méditerranée
- 2 - 2020 Sur la pensée architecturale et sur l'architecture de Reima Pietilä
- 3 - 2020 Architecture, 1000 visages
- 4 - 2020 Accueillir / Intégrer / Rencontrer
- 1 - 2021 Architecture excentrique
- 2 - 2021 L'habitat participatif en france
- 3 - 2021 Bibliothèques, espaces publics pour la ville

le carré bleu



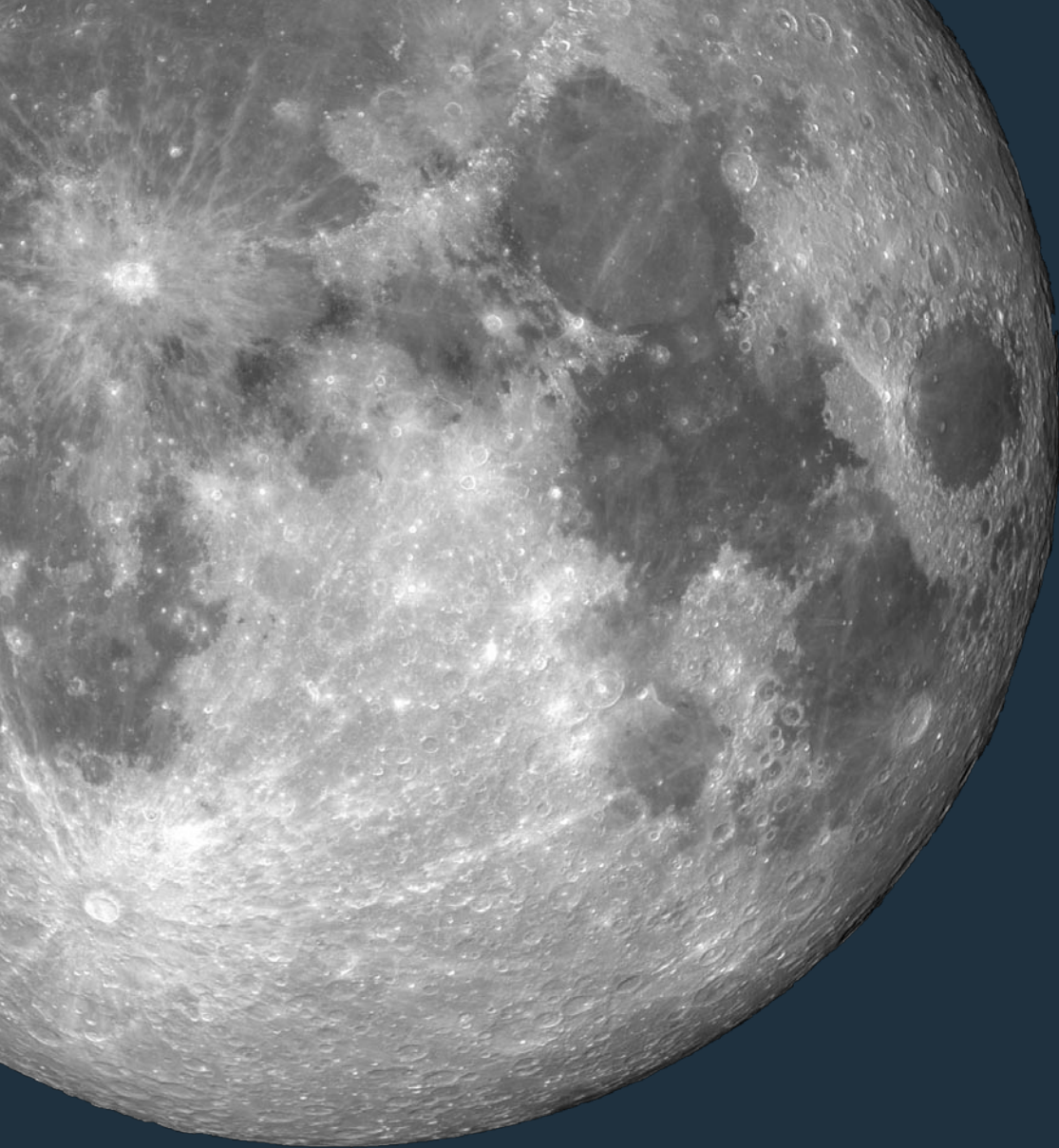
la collection du CB

- n. 1 **MEMOIRE EN MOUVEMENT**
par L. de Rosa, C.Younès, O. Cinqualbre, P. Fouquey, L. Kroll, M. Pica Ciamarra, G. Puglisi, M. Nicoletti, A. Schimmerling
- n. 2 **MULTIVERSES**
parcours possibles, entre espaces et sons
par Francesco Fiotti
- n. 3 **DU SON, DU BRUIT ET DU SILENCE**
par Attila Batar
- n. 4 **L'ARCHITECTURE DURABLE COMME PROJECT**
par Bruno Vellut
- n. 5 **POLYCHROMIES**
par Riccardo Dalisi
- n. 6 **LE SONGE D'UN JOUR D'ETE**
par Georges Edery
- n. 7 **DIFFERENCE / DIFFERER / DIFFERANCE**
par Patrizia Bottaro
- n. 8 **CIVILISER L'URBAIN**
par Massimo Pica Ciamarra
- n. 9 **PORTRAITS DE PLACES À PARIS**
par Attila Batar
- n. 10 **LUNAR FACTORY**
édité par Gennaro Russo - Centre for Near Space. (avec des auteurs différents)



L'Assemblée des Amis du Carré Bleu, octobre 2014, a décidé

- de ne plus faire paraître la revue sur papier
- de diffuser le Carré Bleu seulement par Internet



ISSN 0008-68-78

ISSN 08-6497-248-4



le carré bleu
feuille internationale d'architecture