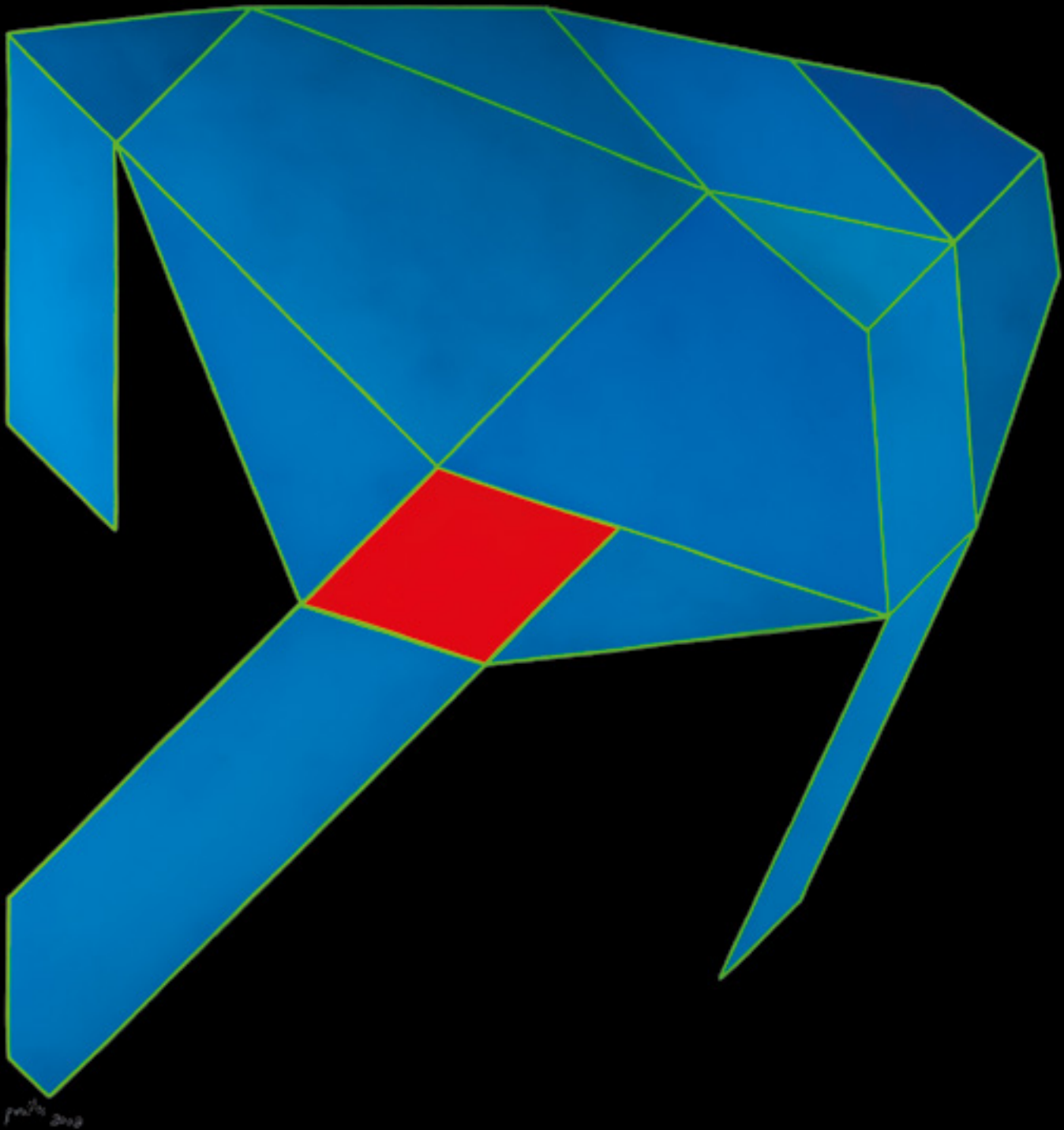


3 2021

CIVILTÀ DELLE MACCHINE

LO SPAZIO



IN COPERTINA

Nel nero mi annego,
Achille Perilli, 2008,
tecnica mista su tela

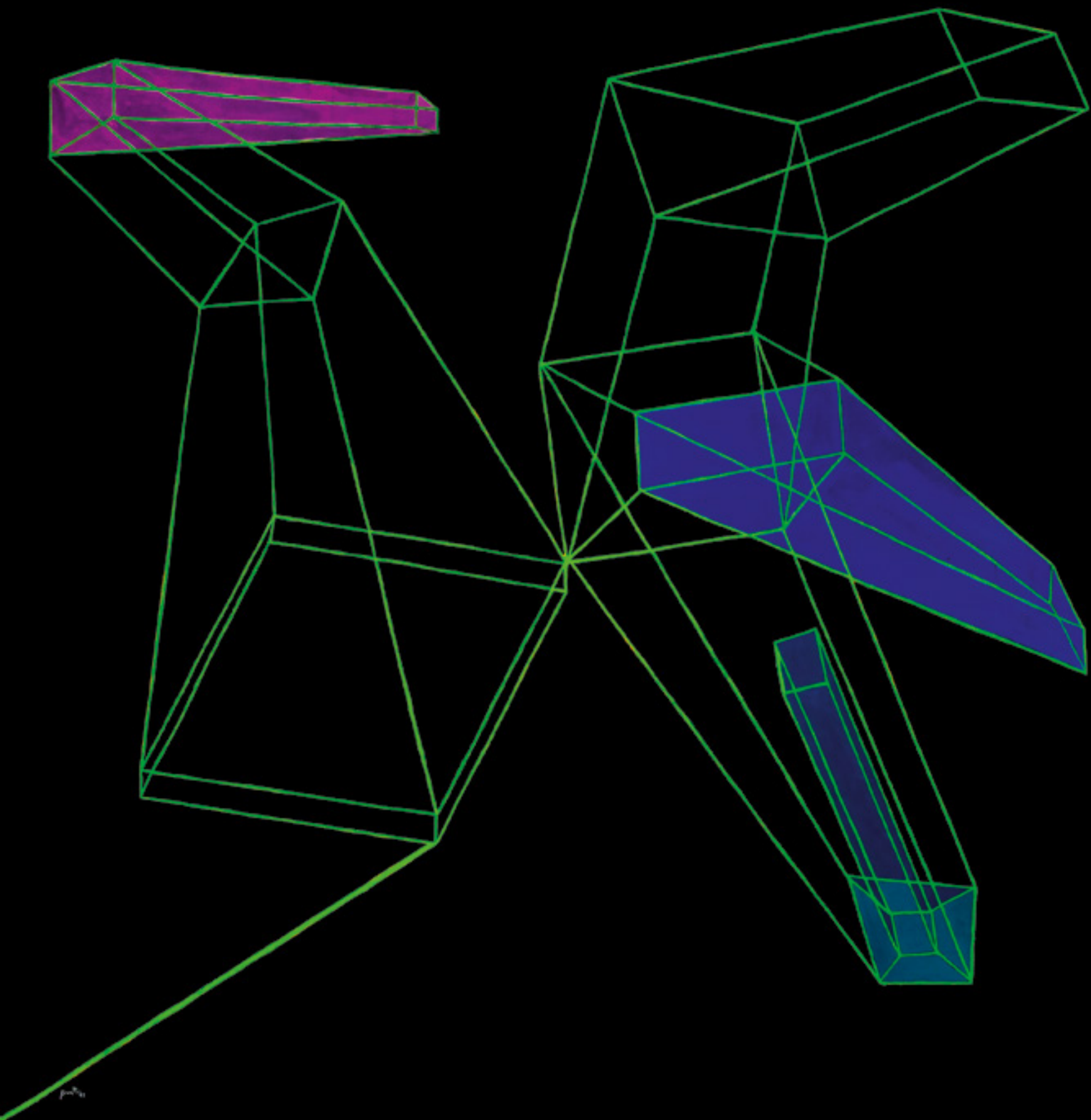
A FRONTE

Le quattro posizioni:
la tenebrosa e frustrata,
Achille Perilli, 1971

ACHILLE PERILLI

Nato a Roma nel 1927, è uno dei più importanti artisti italiani del secondo Novecento. Dopo la formazione con il pittore Aldo Bandinelli, avvenuta insieme a Piero Dorazio, Perilli partecipa alla redazione del manifesto del gruppo Forma 1, affermandosi giovanissimo tra i massimi esponenti teorici della sua generazione. Protagonista della polemica contro i "realismi" del PCI, con il gruppo che si professa formalista e marxista, a partire dalla metà degli anni Cinquanta riscopre Paul Klee e il dadaismo dedicandogli diversi articoli su "Civiltà delle macchine": risale al settembre del 1954 *Antologia Dada* con poesie di Duchamp, Arp e Schwitters; mentre l'anno successivo pubblica il monografico su Klee in cui sottolinea l'importante ruolo del pittore tedesco nel superamento della tradizionale relazione uomo e spazio – nella prospettiva rinascimentale, dunque – per arrivare più in profondità, verso un sentimento del cosmo, sintesi tra pittura e poesia. Proprio dall'universo di Klee, come da quello di Georges Vantongerloo e dai costruttivisti russi Tatlin e Lissitskij, trovano origine le sue geometrie irrazionali, una ricerca viva ancora oggi. In un clima di generale ripensamento della dimensione spaziale e dei linguaggi artistici, tra le nuove teorie della scienza moderna e i conflitti tra astrattismo e realismo del dopoguerra, va quindi contestualizzata la fase più matura della produzione di Perilli, entro la quale si deve ricondurre anche la partecipazione alla *Prima mostra d'arte interplanetaria* (1955) con l'olio *Le celesti praterie*. Organizzata, tra gli altri, da Enrico Prampolini, conosciuto da Perilli all'Art Club, l'associazione internazionale fondata nel 1945, punto di riferimento fondamentale degli artisti più giovani, l'esposizione aveva l'intento di sollecitare un dialogo tra arte e scienza sui temi dello Spazio

interplanetario e del relativo coinvolgimento dell'immaginazione. Due anni dopo, sulla rivista romana "L'esperienza moderna", nata grazie alla collaborazione con Gastone Novelli, appare una dedica «al primo satellite artificiale dell'uomo» dove si pone l'accento su quel "bip bip", «la prima parola che ci giunge dall'infinito». I versi rivolti al piccolo oggetto sovietico appena lanciato formano una composizione tipografica mista di parole stampate e impresse a penna, affiancata da un *Rayograph* (1922) di Man Ray in cui si intravede il profilo di una trottola che allude alla forma del satellite. Con una sintesi fulminea fatta anche di richiami all'immaginario fantastico di Verne e Wells, i due riescono a riassumere la portata storica dell'evento cogliendolo come atto primigenio di una specie nuova, primitiva, che tenta di sviluppare una comunicazione adatta al mezzo vuoto del cosmo. La stessa percezione la si ritrova sulle pagine de "l'Unità" a firma di Gianni Rodari, che descrive il *tii tii tii* dello Sputnik come il balbettio di un'umanità «che batteva alle porte dell'universo, tremante di audacia e speranza». Perilli e Novelli che raccolgono l'eco artificiale del primo oggetto lanciato nello Spazio, consapevoli d'esser lassù «letteralmente come pesci fuor d'acqua», si inseriscono in una disquisizione che continua nelle pagine post-Gagarin di Maurice Blanchot, il quale vede invece nel commento perpetuo del cosmonauta, la necessità: «che, laggiù, l'uomo del Fuori parli, e che parli di continuo, non solo per rassicurarci e per informarci, ma perché non ha più altro rapporto col vecchio Luogo se non quella parola incessante». La parabola del "bip bip" si conclude nel 1969 in una canzone di David Bowie: il Maggiore Tom, fluttuando nello Spazio, lontano dalla Terra, interrompe la comunicazione con la Torre di controllo – *Can you hear me, Major Tom?* Nessuna risposta dall'infinito. (Elisa Albanesi)



SOMMARIO

4 EDITORIALE
di Marco Ferrante



6 PER UN PATTO UNIVERSALE
di Bruno Tabacci

8 LA SECONDA AVVENTURA SPAZIALE
di Roberto Battiston

14 LO SGUARDO DALL'ALTO PER SALVARE IL PIANETA
di Luigi Pasquali

18 MEDICINA MARZIANA
di Stefano Gustincich

22 LA VITA CHE VERRÀ
di Massimo Sideri

LA CORSA AL GHIACCIO 26
di Andrea Sommariva

CATASTO LUNARE 30
di Alessandro Gili

DOTTRINA DELLO SPAZIO CELESTE 32
di Sergio Marchisio

OPPORTUNITÀ POLITICHE PER L'EUROPA 36
di Nicola Mirenzi

PEOPLE, PLANET, PROSPERITY 40
di Gabriella Arrigo



STORIA DIMENTICATA DEL CIELO NOTTURNO.
LE DUE LUNE DI ERIK ASPHAUG 44
di Daniela Sessa

LONTANO SOPRA IL MONDO.
DA BABILONIA A SPACE ODDITY 48
di Massimiliano Panarari

INFINITO VARIABILE.
UNA DECLINAZIONE POETICA DELLO SPAZIO 54
di Chandra Candiani



58 L'INSOSTENIBILE RITROSIA DEGLI ALIENI
di Tommaso Pincio

62 UNA DOMENICA SU MARTE.
LO SPIRITO DI ELON MUSK
di Francesco Pontorno

68 L'ERA DELLA SPECIE MULTIPLANETARIA
di Roberto Vittori

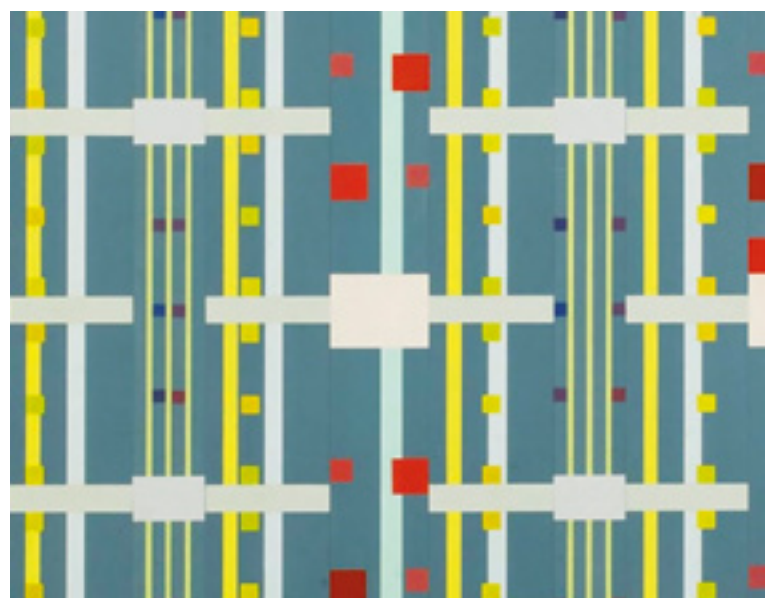
70 L'INVENTORE DI MALINDI
di Barbara Frandino

VITE AL SOLE DEGLI ASTROMEZZADRI 74
di Michele De Feudis

TORINO, DA DETROIT A TOLOSA 80
di Niccolò Serri

GLI OCCHI DI JAMES WEBB 84
di Camilla Povia

TRADUZIONI 86





MARCO FERRANTE

Superficie lunare,
Giulio Turcato, 1967,
poliuretano espanso, olio,
acrilico e microsferi vitree,
Collezione Paneghini,
Campus Reti, Busto Arsizio

EDITORIALE

C'è un fervoroso affollamento mediatico sulle avventure orbitali di Jeff Bezos della Blue Origin (spin-off astrale di Amazon), Richard Branson della Virgin Galactic, ed Elon Musk di SpaceX. Visto con gli occhi dell'Occidente la qualità dei protagonisti ha qualcosa di familiare e confortante, una parentela con le grandi avventure dei magnati americani a cavallo dei due secoli precedenti, il genere Henry Clay Frick e Andrew Carnegie della United States Steel, il commodoro Vanderbilt della ACT, John D. Rockefeller della Standard Oil.

Verso le stelle, in una specie di ridefinizione radicale dell'orizzonte del capitalismo. Perché c'è un aspetto nuovo in questa frontiera che oltrepassa l'animalesca energia dei tre pionieri. Riguarda il significato della visione che li accomuna, il ruolo dell'uomo nello Spazio. Con sfumature diverse, i protagonisti di questa seconda avventura spaziale dell'uomo guardano lo Spazio non come opportunità economica (non solo), ma come luogo del futuro. Colonizzare lo Spazio assorbe gli slogan hollywoodiani, rimastica avventure interstellari, azzera gli incubi ufologici, e si pone come una prospettiva con molte complicate implicazioni, a partire dal destino della Terra. Origine blu, mito fondante da salvaguardare, secondo Bezos. Oppure, per i pessimisti, futuro simulacro della arrogante cultura umana, come il Colosseo di una civiltà che in fuga dai disastri compiuti, rinnega sé stessa, ma – turisticamente quasi – ne conserva le rovine.

In questo numero "Civiltà delle Macchine" prova a raccontare alcuni degli elementi nuovi che lo Spazio 2.0 impone alle classi dirigenti in discipline molto diverse, il diritto, la medicina, l'economia, l'antropologia, la fisica, la religione, la politica, l'arte. Sull'arte, una nota specifica. Lo Spazio l'ha contaminata per almeno metà del Novecento. Il corredo di immagini che abbiamo scelto per queste pagine è un piccolo estratto del potere fascinatore dell'infinito sulle composizioni umane: ad esempio l'autoritratto di Jean Cocteau in un accumulo di coni, o le forme circolari che ricorrono in una buona parte di questa galleria.

Se veramente lo Spazio sarà il luogo della colonizzazione, come sarà la vita che verrà? Naturalmente non ci sono risposte, perché non ce ne sono ancora. Troverete spunti, idee, suggestioni, quasi tutte ottimistiche: rispetto alle prospettive della medicina, o ai progressi che la geosservazione dai satelliti in orbita consente riguardo alla salvaguardia dell'ambiente terrestre, e più in generale rispetto al significato di tutte le cose grandemente nuove che abbiamo davanti. È un ottimismo non programmatico, è semplicemente il risultato spontaneo delle parole di chi ha contribuito a questo numero. In fondo, quello che dovrebbe orientarci nelle trasformazioni che osserviamo è il punto di vista sul moderno, quello che di moderno c'è nella estenuante, necessaria migliorativa trattativa tra la scienza e l'umanità. ■



BRUNO TABACCI

Double Spheres Object,
Bruno Munari, 1963,
plastica e gomma,
Museum of Modern Art
(MoMA), New York

PER UN PATTO UNIVERSALE

Trovarsi sotto assedio è una condizione esistenziale o psicologica che può capitare in qualsiasi momento della storia, sia che venga provocata da un conflitto militare, o per effetto di una crisi sanitaria. In qualche modo questa era anche la condizione degli americani che nella notte tra il 4 e il 5 ottobre del 1957 si riversarono nelle strade delle loro città per scovare con lo sguardo lo Sputnik, il primo satellite lanciato dall'Unione Sovietica. Quel suo "bip" ripetuto tre volte al secondo era infatti l'annuncio trionfale che Mosca aveva raggiunto la superiorità strategica. Le immagini televisive in bianco e nero di quella sera mostrano i cittadini americani che scrutano il cielo con curiosità mista a incredulità, i volti tirati nello sforzo di comprendere come sia possibile che l'umanità da poco uscita dalla seconda guerra mondiale stia ragionando davvero di olocausto nucleare.

La classe dirigente di Washington però reagì con sangue freddo. Tre giorni dopo il lancio dello Sputnik 2, il 7 novembre, il presidente Eisenhower in un messaggio radiotelevisivo alla nazione sul ruolo della «scienza nella sicurezza nazionale» rassicurò gli americani e gli alleati che la forza militare di tutto il mondo libero era «decisamente più grande di quella dei paesi comunisti». Con quelle parole, Eisenhower sottolineava l'importanza della ricerca spaziale nel progresso dell'uomo. E la storia prese un altro corso.

Per capire la rilevanza del programma Apollo – che costò l'equivalente di 283 miliardi di dollari di oggi – dobbiamo valutare nel suo complesso lo stimolo che in seguito ha dato all'innovazione in diversi e strategici settori

dell'imprenditoria come aeronautica, scienza e tecnologia dei materiali, elettronica, software, sistemi di sicurezza, alimentazione, solo per citarne alcuni – rafforzando allo stesso tempo le capacità dei settori pubblico e privato. Una svolta ben compresa dalla classe dirigente italiana che decise di investire nel settore spaziale facendo sì che il nostro paese lanciasse nel 1964 il suo primo satellite, il San Marco 1. Da quel giorno, peraltro, il patrimonio di conoscenze scientifiche e competenze tecnologiche e professionali che il sistema-paese ha messo in campo è cresciuto costantemente, facendo leva in primo luogo su un grande network di università, istituzioni di formazione di eccellenza e centri di ricerca attivi dislocati al nord come al centro, al sud e sulle isole, che hanno accompagnato l'Italia nella costruzione di una filiera produttiva completa in ambito spaziale, con una rete di aziende pubbliche e private di grande, media e piccola dimensione estremamente competitive e intrinsecamente innovative.

Ma, specie negli ultimi anni, il paese ha potuto fare leva anche su un assetto istituzionale normativo, divenuto organico con la legge del gennaio 2018 che ha accorciato e reso più efficiente la catena decisionale, facendo perno sulla presidenza del Consiglio dei ministri nell'ottica della valorizzazione della costante ricerca di un punto di equilibrio complessivo tra i tanti interessi particolari presenti nel settore. Proprio in tale ottica il governo attuale ha ritenuto lo Spazio meritevole di un apposito capitolo all'interno del PNRR, con uno stanziamento complessivo di 2,3 miliardi, nella consapevolezza del vantaggio competitivo e delle ricadute econo-

omiche globali di un adeguato sviluppo delle tecnologie e delle applicazioni spaziali.

Sicurezza, accesso allo Spazio, connettività, osservazione della Terra, navigazione globale, studio ed esplorazione umana e robotica dei pianeti e dell'universo: ognuno di questi singolarmente assunto è un settore strategico su cui porre attenzione, per il quale sono state impegnate risorse con l'obiettivo di accrescere le capacità produttive del paese, perseguito anche attraverso la nuova imprescindibile chiave di lettura orizzontale della sostenibilità ambientale. Una chiave di lettura che solo a prima vista può apparire paradossale: sia pure infinito e distante infatti, l'universo non può e non deve diventare la nuova discarica dell'umanità, né il nuovo teatro di antichi conflitti geopolitici.

Al contrario ciò che davvero risulta indispensabile, non solo per l'Italia ma per tutto il pianeta, è la costruzione di un rinnovato patto che unisca le nazioni per arrivare all'elaborazione di un diritto comune dello Spazio. Su questo il governo è pronto a fare la sua parte in ogni occasione, nel G20 a guida italiana nel corso di quest'anno, attraverso le relazioni che uniscono i 22 paesi aderenti all'ESA, e con i propri alleati storici europei e atlantici. Se c'è un luogo dove egoismi e sovranismi non hanno senso, quello è lo Spazio. Nell'universo da soli ci si perde senza speranza. Uniti, nel vincolo della comune appartenenza all'umanità, ci si apre a un nuovo percorso ricco di fascino e opportunità. ■





ROBERTO BATTISTON

LA SECONDA AVVENTURA SPAZIALE

Quando Colombo partito dal porto di Palos raggiunse le Americhe nel 1492 o quando i fratelli Wright, nel 1903, presero il volo sulle spiagge di Kitty Hawk accadde qualcosa che avrebbe cambiato la storia del mondo. Nessuno poteva prevedere allora con precisione cosa sarebbe successo nei decenni o nei secoli a venire ma oggi, guardando indietro, capiamo perché questi eventi siano stati così importanti. Entrambi hanno segnato l'ingresso dell'umanità in due "ambienti" inediti, fino a quel momento preclusi: un nuovo continente nel caso di Colombo, il cielo nel caso dei fratelli Wright.

Le conseguenze economiche, politiche, culturali di questi eventi sono state immense: il calcolo del valore generato dall'investimento dei reali di Castiglia sulle caravelle di Colombo o dei due fratelli americani costruttori di biciclette è sostanzialmente impossibile ma, probabilmente, se rapportato al periodo storico, farebbe impallidire anche le straordinarie capitalizzazioni degli odierni giganti del web. È con questo spirito che è opportuno avvicinarsi alla vicenda spaziale e alla sua evoluzione contemporanea, per cercare di capirla e di intuirne gli sviluppi.

Lo Spazio è per eccellenza un ambiente dal quale l'umanità è stata da sempre esclusa. In fondo nell'atmosfera siamo immersi e con il mare abbiamo avuto a che fare da quando

esistiamo. Con lo Spazio no, abbiamo dovuto aspettare decine di migliaia di anni dalla comparsa dell'*homo sapiens* per arrivare, solo alla metà del secolo scorso, alla gara tra Unione Sovietica e Stati Uniti per la conquista dell'ambiente spaziale, dallo Sputnik alla Luna e tutto il resto. La durata dell'attesa è però proporzionale alla grandiosità di ciò che questo nuovo luogo ci offre: che si tratti di osservazione della Terra, di navigazione, di telecomunicazioni, di risorse o di turismo spaziali, sono potenzialità di cui abbiamo, fino a ora, solo graffiato la superficie. Nonostante ciò, lo Spazio ci ha già cambiato la vita, rimpicciolendo la Terra fino a renderla globalmente accessibile a tutti, quotidianamente.

A ben vedere la nostra astronave l'abbiamo sempre avuta, anche se per lo più non ce ne accorgiamo: il nostro pianeta ci trasporta attraverso uno spazio illimitato senza dover fare nulla. Si tratta più di un'idea che di qualcosa di concreto. Oggi però la popolazione è talmente cresciuta nel numero di persone e nella quantità di risorse che utilizziamo da avere iniziato ad alterare in modo significativo il millimetrico equilibrio climatico in cui la nostra specie e tutte le sue civiltà si sono sviluppate negli ultimi 11.000 anni. Per cui le opportunità che ci sono offerte dall'ambiente spaziale sono grandi quanto le sfide con cui dobbiamo confrontarci sulla Terra: inevitabile considerare quello che un visionario come Elon Musk

Cape Kennedy,
Mario Schifano, 1970,
gelatina al bromuro
d'argento/carta.
Foto della serie *Viaggio in*
USA, Fondo Mario Schifano,
CSAC, Università di Parma

Gli storici si guarderanno indietro e potranno affermare che nel corso degli anni Venti del XXI secolo l'umanità, dopo pochi decenni di sviluppo tecnologico, ha iniziato una corsa allo Spazio che ha tratto la sua potente energia dalla transizione delle risorse dei governi verso una dimensione economica dello Spazio dei privati

sostiene apertamente, cioè che la soluzione passi attraverso la realizzazione della vocazione multiplanetaria della nostra specie, colonizzando non più altri continenti ma altri pianeti. Può sembrare un'idea insopportabilmente elitaria e destinata al fallimento quella di far arrivare su Marte una minuscola colonia di umani per liberarsi dei problemi della vecchia Terra oberata dal peso di otto miliardi di persone, ma in fondo è quello che abbiamo sempre fatto. Basti pensare ai piccoli gruppi di coloni in rotta con il loro governo o deportati dalla madre patria, e al loro contributo alla conquista del Nord America o dell'Australia.

Abbiamo quindi a che fare con idee, ambizioni, comportamenti già visti nella storia umana, ma che si applicano questa volta a un ambiente in cui tutto è immensamente più grande. Se ci poniamo da questo punto di vista, cavalcando una visione che dalla fantascienza asimoviana ci ha portato in poche decine di anni a uno sviluppo scientifico e tecnologico che dà credibilità agli arditi piani degli odierni *Space barons* (Musk, Bezos, Branson ecc.), capiamo meglio alcune delle pulsioni profonde presenti oggi nel settore spaziale. Tra un secolo o due, auspicando che ci si arrivi senza troppe catastrofi, gli storici si guarderanno indietro e potranno affermare che nel corso degli anni Venti del XXI secolo l'umanità, dopo pochi decenni di sviluppo tecnologico, ha iniziato una corsa allo Spazio che ha tratto la sua potente energia dalla transizione delle risorse dei governi verso una dimensione economica dello Spazio dei privati. Perché è di questo che stiamo parlando: *that's economy, stupid!*

Ci sono oggi un numero crescente di segnali inequivocabili. Da vent'anni la NASA sostiene la privatizzazione delle orbite basse. Oggi i servizi di SpaceX e Orbital ATK per fornire il trasporto cargo verso la ISS e di SpaceX e Boeing per l'analogo trasporto degli astronauti, sono una realtà. Se da una parte la transizione è stata sostenuta da fondi pubblici, le imprese americane ci hanno messo meno di dieci anni per realizzarla, fornendo i servizi richiesti dalla NASA ma allo stesso tempo sviluppandosi ed espandendosi sul mercato internazionale. In questo periodo sono apparsi sulla scena vari unicorni, cioè start up che hanno avuto un successo tale da capitalizzare almeno un miliardo di dollari, indice di una transizione economica in atto: esempi sono SpaceX, in realtà un multiunicorno, Planet, costellazioni di nanosatelliti, Rocket Lab, lanciatori per piccoli satelliti. Visitando il Kennedy Space Center si rimane sbalorditi nel vedere gli storici edifici della NASA costellati dalle insegne delle principali imprese spaziali private americane, una sorta di Las Vegas dello Spazio.

Ora tocca alla Stazione Spaziale Internazionale: si potrebbe pensare che privatizzarla sia molto più sfidante, ed è vero, in quanto i privati

in questo caso sono obbligati a investire per utilizzare parti della costosa infrastruttura. Ma la NASA, sostenuta e indirizzata da un Congresso molto attento agli aspetti commerciali oltre che tecnico-scientifici, ha messo in atto, da tempo, una serie di azioni incentivanti che stanno iniziando a dare i primi frutti. Fra i tanti, è recentissimo l'annuncio di Axiom: all'inizio del 2022 sarà effettuata la prima missione di un Dragon interamente privata, che porterà in orbita due imprenditori, un israeliano e un canadese oltre a un ex astronauta ESA e un quarto ospite. Si tratta di un primo assaggio, i piani di Axiom sono molto ambiziosi e puntano a mandare in orbita una serie di laboratori da collegare alla ISS per poi staccarli, nel 2028, e realizzare una stazione autonoma.



Sign Gestalt E48,
Giovanni Pizzo, 1980,
tempera e collage su
cartonlegno applicato
su alluminio

A tale progetto, ambizioso e di lungo termine, collaborano sia la NASA che SpaceX, ma anche TAS-Italia: questa è solo una delle cooperazioni a geometria variabile in cui le compagnie del "New Space" iniziano a prendere in mano il testimone dell'orbita bassa, passo necessario per permettere alla NASA di sviluppare progetti ancora più ambiziosi come una base lunare, anche in questo caso con un coinvolgimento dei privati, o, in prospettiva, una missione umana verso Marte. Grazie a questa e a molte altre iniziative, l'economia spaziale statunitense è oggi in rapidissimo sviluppo con il sostegno di un *venture capital* dieci, venti volte più intenso che in Europa.

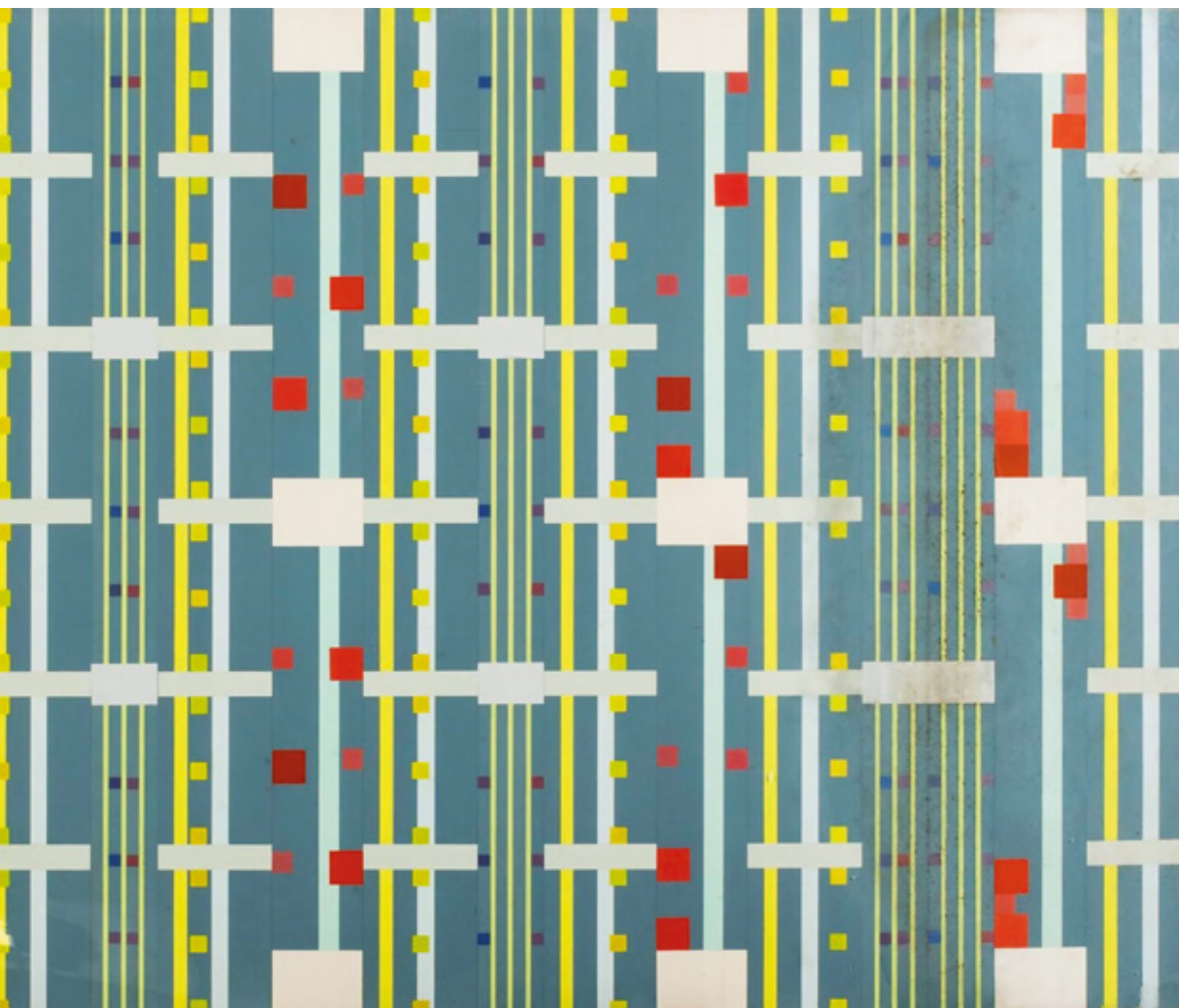
L'Europa, appunto. Nel vecchio continente si discute molto di economia dello Spazio: gli inve-

stimenti pubblici sono aumentati da quando la Commissione europea, nei primi anni del 2000, ha iniziato a occuparsi di Spazio in quanto attività a forte impatto industriale ed economico, quindi politico, in grado di servire e sviluppare i settori più diversi della società, dall'industria ai servizi, dalla scienza alla diplomazia, dalla gestione delle emergenze alla sicurezza. Ma il ritmo di questa crescita è ancora troppo lento rispetto a quello d'oltreoceano.

La politica spaziale europea si muove nella complessità di un sistema comunitario che esprime 27 voci diverse e in cui, oltre l'ESA, operano ancora in modo autonomo alcune importanti agenzie nazionali, sul cui ruolo ci si sta sempre più interrogando. L'allineamento tra

l'ESA e la Commissione, recentemente dotatasi di una Agenzia dell'Unione europea per il programma spaziale (EUSPA), è cruciale anche se risulta urgente una calibrazione che garantisca la coerenza e complementarità dell'azione di questi due importanti attori. Se da una parte la Comunità europea è certamente uno dei sistemi economici più grandi del mondo in termini di popolazione, qualità della vita e livello tecnologico, appare evidente la mancanza o la debolezza di alcuni elementi necessari per competere con il sistema statunitense o con i nuovi attori dello Spazio contemporaneo, primo tra tutti la Cina.

Abbiamo già parlato dell'assenza di verticalità del potere politico europeo. Un altro tema è



In un contesto in cui si stanno muovendo con rapidità le grandi potenze spaziali e in cui la dimensione economica sta mettendo in gioco il suo formidabile peso, tutti i paesi europei, Italia inclusa, dovrebbero capire quanto sia importante, in questo frangente, l'antico adagio che "l'unione fa la forza"

Cape Kennedy,
Mario Schifano, 1970,
gelatina al bromuro
d'argento/carta.
Foto della serie *Viaggio in
USA*, Fondo Mario Schifano,
CSAC, Università di Parma

la scarsità dell'investimento privato di rischio, il *venture capital*, limitato in Europa in tutti i settori economici, ma particolarmente nel settore spaziale, dove, con l'uscita del Regno Unito dall'UE, l'unico fondo *venture capital* attivo e dedicato interamente allo Spazio è l'italiano Primo Space, partecipato dal Fondo europeo di investimento, mentre un altro con caratteristiche analoghe sta muovendo i primi passi in Francia. Tale ritardo è un grave handicap per lo sviluppo economico dello Spazio in Europa: non solo per la quantità di risorse private che vengono rese disponibili con questo tipo di investimenti, decine di volte inferiori rispetto a quelle che si muovono sul mercato americano, ma anche e soprattutto, per le modalità e lo spirito, con cui vengono investiti questi fondi.

Le politiche spaziali europee, parlo volutamente al plurale, sono dominate, se non addirittura "drogate", dall'investimento pubblico. È come se spesso si confondesse il rischio insito nelle attività spaziali, che si riduce con un'industria caratterizzata da alti livelli di qualità e competitività per efficienza e tecnologie, con il rischio di mercato, insito in tutte le attività di carattere economico. Lo sviluppo tecnologico attuale suggerisce come in Europa ci si debba concentrare sul secondo aspetto piuttosto che sul primo.

Per far crescere l'Europa dello Spazio è necessario far crescere la capacità di affrontare il rischio di impresa: non è un obiettivo facile da raggiungere per motivi culturali e politici, ma l'esempio americano ci può essere utile per identificare azioni specifiche per affrontare i passaggi intermedi a sostegno di questo processo. Tra queste azioni ne vorrei elencare alcune che ritengo particolarmente importanti, partendo dall'approvazione di uno "Space act" europeo, che, tra le altre cose, renda strategica e quindi protetta, l'attività spaziale. Non si parla molto di questo aspetto, ma una potenza spaziale come quelle statunitense, russa, cinese o indiana non lancerebbe mai un *payload* nazionale utilizzando un vettore e una base di lancio di un altro paese. In queste potenze spaziali, gli attori industriali competono, anche con azioni di *lobbying* e ricorsi legali, per il mercato interno, sapendo che non sono esposti a un rischio collegato all'intervento di competitori internazionali. Il mercato europeo della difesa è protetto in tal senso, ma non quello spaziale, in particolare il settore dei lanciatori. La mancanza di una legge di sistema a livello europeo che sappia affrontare questo tipo di problemi, è un elemento su cui è necessario lavorare.

Un'altra criticità è quella dei programmi: il volume delle attività spaziali americane è molto più grande di quello europeo perché vi sono più programmi attivi. Sul lato civile, l'Europa ha un forte programma di osservazione della Terra, Copernicus, un ottimo programma di naviga-

zione satellitare, Galileo, ma è ancora indietro in settori cruciali come ad esempio il monitoraggio degli *Space debris* o le megacostellazioni per le telecomunicazioni.

La dimensione dell'esplorazione umana dello Spazio, fondamentale negli Stati Uniti, è invece praticamente assente in Europa, dopo il tentativo, abortito agli inizi degli anni Duemila, che aveva portato al progetto di Ariane 5 e allo sviluppo del modulo ATV. Quella dell'esplorazione umana è una dimensione il cui rapporto costo-benefici può essere a lungo discusso, ma la cui mancanza indubbiamente pesa sulle ambizioni spaziali europee. Nonostante i progressi della robotica, gli astronauti rimangono gli ambasciatori dello Spazio presso il grande pubblico e lo rimarranno a lungo.

Non dobbiamo infine dimenticare il peso dello Spazio statunitense nel settore militare, che include programmi che in Europa sono considerati sostanzialmente civili come il GPS o il monitoraggio degli *Space debris*, oltre a una moltitudine di programmi di specifica rilevanza per la difesa. Tale questione è stata affrontata a livello europeo grazie all'iniziativa francese che, nell'attuale Commissione, ha portato alla creazione di una nuova direzione generale DEFIS, che raggruppa Industria, Spazio e Difesa e dipende dal commissario Thierry Breton. Si tratta di una decisione importante i cui effetti, auspicabilmente positivi per lo Spazio europeo, si vedranno nei prossimi anni.

In questo contesto qual è il ruolo dell'Italia? Il nostro paese ha una lunga tradizione e una buona filiera spaziale, ma è spesso in difficoltà quando deve partecipare al competitivo gioco di squadra dei rapporti europei, che si tratti dell'ESA o della Commissione europea. Sono rapporti in cui conta la qualità della partecipazione e la coerenza dell'azione nel tempo, elementi sfidanti per un paese che non fa dell'organizzazione e della continuità i propri punti di forza. Siamo spesso anticipatori, fondatori delle più prestigiose istituzioni europee: ma allo stesso tempo meno presenti, specie in tempi recenti, nei processi di vertice delle istituzioni europee che si occupano di Spazio.

In queste condizioni è sempre in agguato il rischio di concentrarsi sulle attività nazionali nonostante siamo tra i primi contributori dei programmi europei, spendendo in questo modo più degli altri paesi ma perdendo, allo stesso tempo, occasioni preziose, lasciando ad altri ruoli internazionali che potremmo ricoprire in modo autorevole ed efficace. In un contesto in cui, come abbiamo visto, si stanno muovendo con rapidità le grandi potenze spaziali e in cui la dimensione economica sta mettendo in gioco il suo formidabile peso, tutti i paesi europei, Italia inclusa, dovrebbero capire quanto sia importante, in questo frangente, l'antico adagio che "l'unione fa la forza". ■



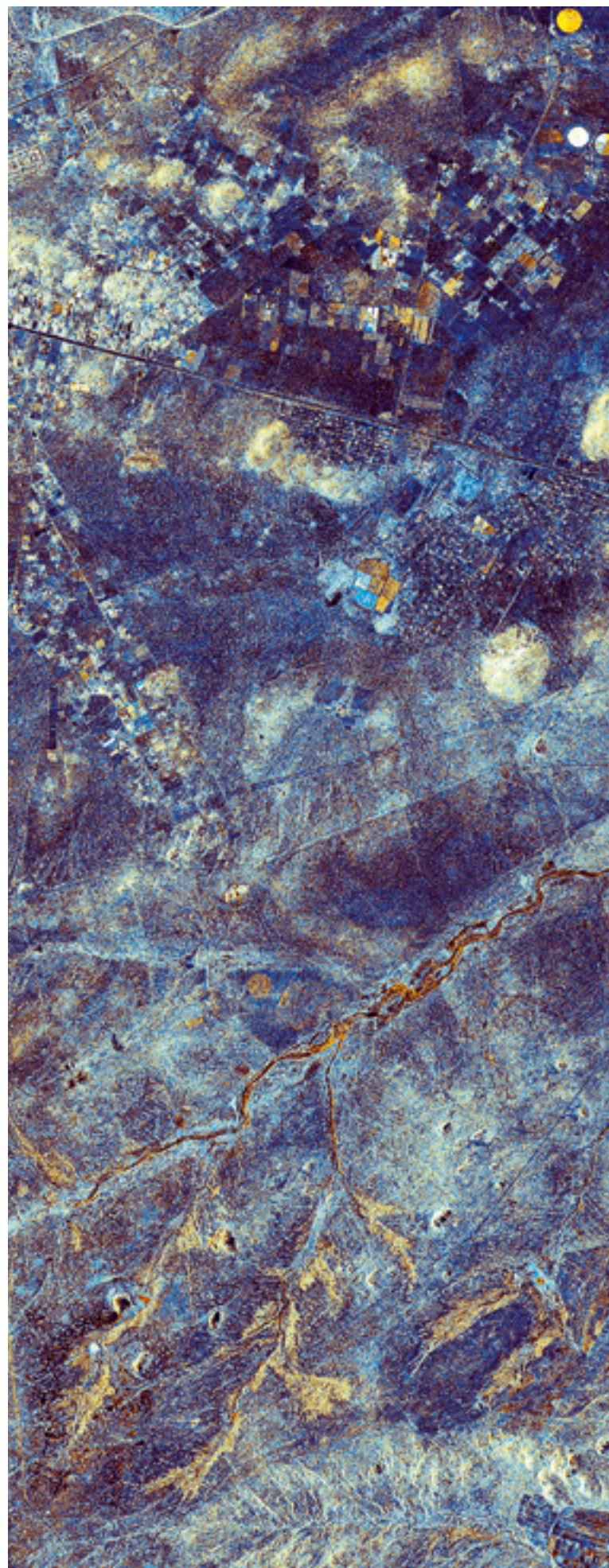
LUIGI PASQUALI

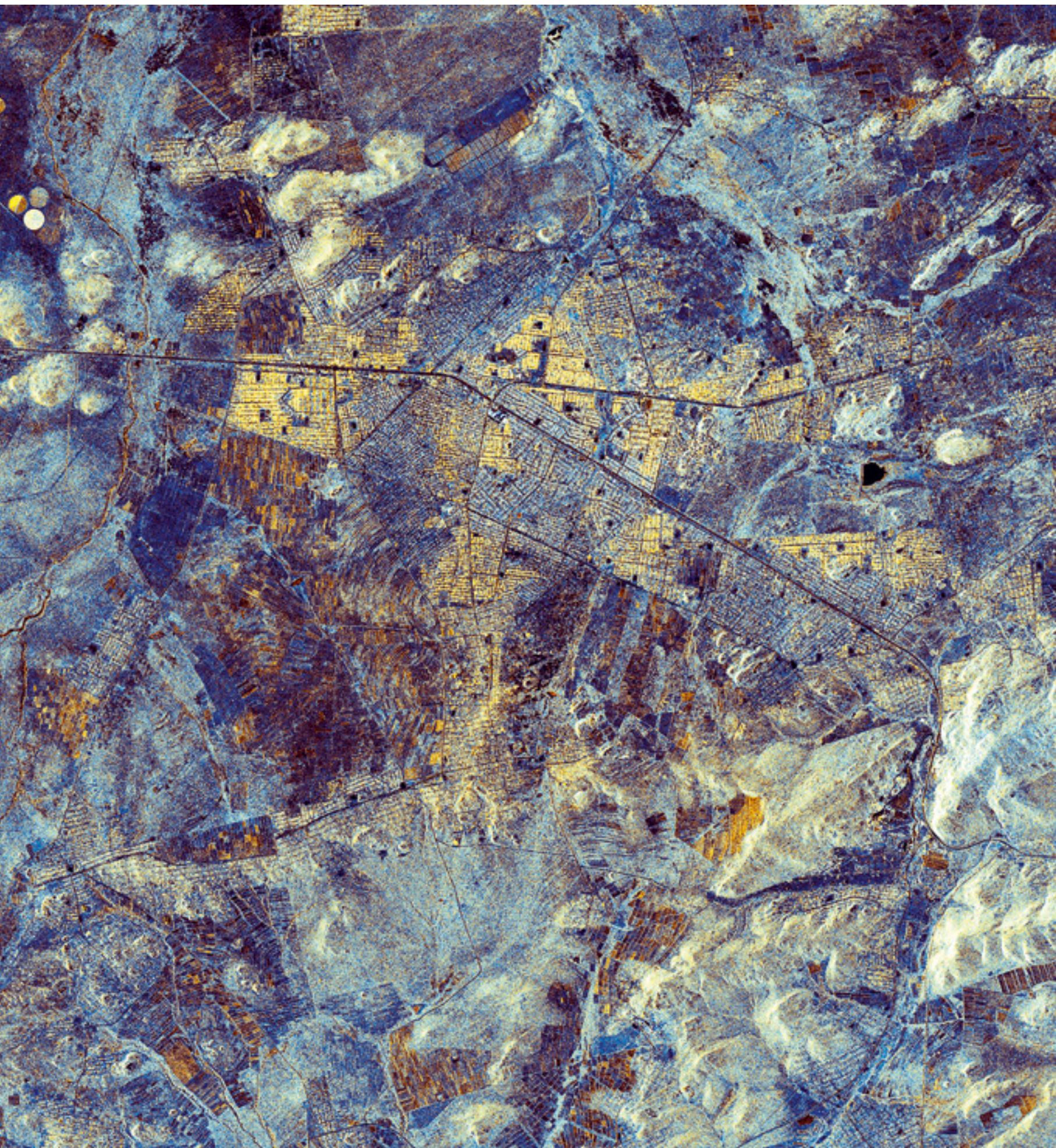
Limpopo, Sudafrica, 2020, immagine acquisita dai satelliti COSMO-SkyMed second generation, elaborata e distribuita da e-GEOS

LO SGUARDO DALL'ALTO PER SALVARE IL PIANETA

Una superficie azzurra coperta da nuvole. Il 14 agosto del 1959 la Terra appare così al suo primo fotografo orbitante. Sono passati appena due anni dal lancio dello Sputnik, ce ne vorranno ancora dieci per il primo uomo sulla Luna, eppure gli occhi del satellite NASA Explorer 6 riescono già nell'impresa di raccontare da lontano, seppure in piccola parte, ciò in cui siamo immersi quotidianamente.

Nei decenni a venire questa capacità si sarebbe affinata progressivamente fino ad arrivare alla geosservazione come la conosciamo oggi. Il pixel ha da tempo ceduto il posto al dato, o meglio: all'informazione. Osserviamo la Terra con sensori di tecnologie diverse, che estraggono informazioni capaci di completarsi l'una con l'altra, elaborate con algoritmi in grado di produrre ulteriori informazioni. Tutto questo si traduce in un tipo di conoscenza che la specie umana non aveva mai sperimentato fino a oggi e che si pone a servizio dei cittadini nei settori più diversi: dalla gestione delle emergenze all'agricoltura di precisione, alla tutela dell'ambiente, fino alla lotta ai cambiamenti climatici. Non è un caso che di recente un report della Conferenza delle Nazioni Unite sul Commercio e lo Sviluppo (UNCTAD) abbia sottolineato l'importanza delle tecnologie spaziali per il raggiungimento entro il 2030 dei Sustainable and Development Goals.





Nella tutela dell'ambiente lo Spazio, divenuto ormai ambito operativo da cui si agisce per migliorare la vita sulla Terra, rappresenta un vero e proprio *game changer*. Oggi, grazie alla combinazione di satelliti di telerilevamento, come le Sentinelle europee del programma Copernicus e gli italiani COSMO-SkyMed, e di strumenti altamente tecnologici a terra riusciamo a sapere moltissimo sullo stato di salute del nostro pianeta: monitoriamo i ghiacciai, le temperature e il grado di inquinamento degli oceani, la qualità dell'aria, riusciamo persino a seguire gli spostamenti della fauna selvatica per preservare gli ecosistemi. Di più, i dati satellitari consentono di prendere decisioni capaci di conciliare l'interesse dell'individuo e il bene comune.

Un tipico esempio arriva dall'agricoltura di precisione. Grazie a intelligenza artificiale e *machine learning* la scelta su quanta acqua e fertilizzante usare, cosa piantare e in quale momento, può essere addirittura automatizzata. Secondo i dati diffusi dal WWF, la produzione di un solo chilo di pasta comporta il consumo di quasi 2000 litri d'acqua. Una quantità spropositata che verrebbe drasticamente ridotta con vantaggi per il singolo agricoltore, ma anche per l'ambiente. Senza considerare che l'allocazione ragionata di queste risorse produrrebbe una riduzione delle emissioni di anidride carbonica pari al 14%.

Questo nuovo modo di concepire il *decision making* è applicabile a contesti anche molto diversi. In ambito urbano, ad esempio, i dati satellitari supportano azioni di prevenzione. È il caso delle cosiddette "isole di calore", aree della città in cui il calore ristagna anche durante le ore notturne. Satelliti come Sentinel-3, sono in grado di individuare le zone colpite da anomalie termiche. Incrociando questo dato con quelli relativi alla distribuzione della popolazione sul territorio, le amministrazioni pubbliche possono programmare interventi a tutela delle fasce più a rischio, anziani e bambini, sia nell'immediato che nel lungo periodo.

Anticipare i problemi e offrire una soluzione ancor prima che i danni siano visibili sono i prossimi passi dello "Space for citizens". L'emblema di questa corsa ad anticipare il futuro è il Digital Twin Earth a cui sta lavorando l'Unione europea. Una replica digitale del pianeta alimentata continuamente proprio con i dati di osservazione della Terra, combinati con misurazioni *in situ* e intelligenza artificiale. Il modello simulerà l'evoluzione dell'atmosfera, degli oceani, il ghiaccio e la Terra con una precisione finora inimmaginabile. Non solo, il gemello in *bit* del nostro pianeta tenderà di catturare il comportamento umano, permettendo ai leader mondiali di prevedere gli impatti degli eventi meteorologici e dei cambiamenti climatici sulla società e di valutare gli effetti delle diverse politiche climatiche.



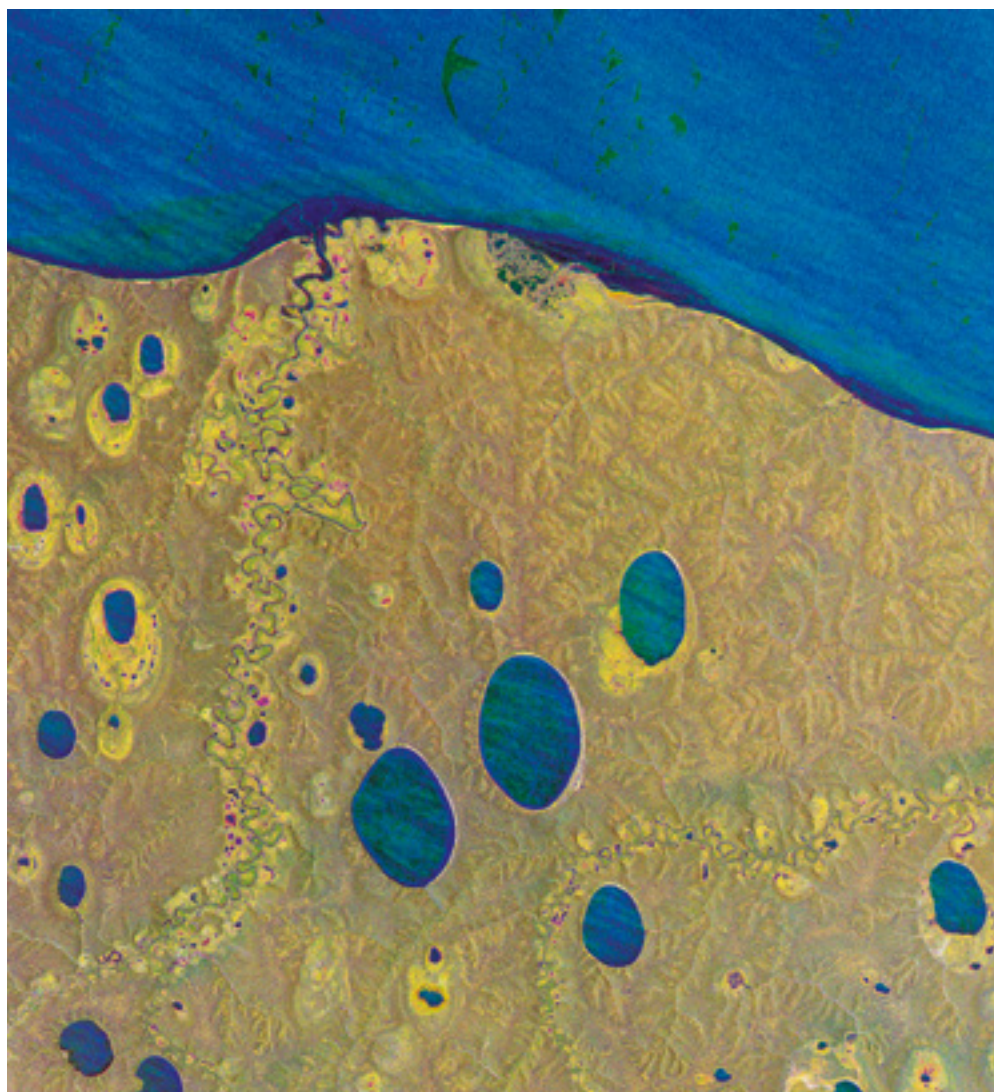
Come specie umana abbiamo costruito tardivamente la nostra consapevolezza ecologica, per molti versi questo processo è ancora in corso. È un errore da non ripetere oltre l'atmosfera terrestre. Per supportare la sostenibilità, le attività spaziali devono essere sostenibili a loro volta. La popolazione dei detriti spaziali è cresciuta drasticamente dal primo lancio di un satellite artificiale nel 1957 fino a diventare una seria minaccia per la sicurezza, l'incolumità e la riuscita delle attività spaziali.

Le nuove, numerose costellazioni, spesso di proprietà di attori privati, hanno reso ancora più affollata l'orbita terrestre e continueranno a farlo in futuro. Secondo alcune previsioni, richiamate di recente anche dal direttore dell'ESA Josef Aschbacher, seguiranno a lanciare satelliti al ritmo di mille all'anno. Che fine faranno una volta che la loro vita operativa sarà conclusa? Continueranno ad accumularsi alle porte del nostro pianeta fino a impedire l'accesso allo Spazio alle generazioni successive? Si andranno ad aggiungere alle altre "mine vaganti" che già oggi mettono a repentaglio asset strategici per garantire servizi essenziali come le telecomunicazioni?

L'atmosfera terrestre attrae naturalmente i detriti orbitanti meno ingombranti verso il basso e li incenerisce nel suo strato inferiore. Ironicamente, questo aiuto prezioso nella lotta all'inquinamento spaziale è minacciato proprio dall'inquinamento del nostro pianeta. Secondo uno studio presentato ad aprile alla Conferenza europea sui detriti spaziali, i livelli crescenti di anidride carbonica potrebbero rendere meno densa l'atmosfera e quindi più difficile lo smaltimento degli *space debris*. Anche qualora riuscissimo a invertire questa tendenza, sarebbe necessario fare di più. Abbiamo già a disposizione servizi avanzati di Space Traffic Management, capaci di valutare le probabilità di impatto fra oggetti orbitanti, di impostare manovre di *collision avoidance* e di supportare il *deorbit* degli assetti satellitari.

Nel 2025, il satellite dimostrativo Clear-Space-1 testerà le tecnologie per il *rendezvous*, la cattura e il rientro dei satelliti a fine vita e della spazzatura spaziale. Se tutto andrà come programmato, un oggetto verrà fisicamente rimosso dalla sua orbita. Non basterà, è chiaro, ma segnerà un percorso obbligato, indispensabile per preservare lo Spazio e la Terra. ■

Per supportare la sostenibilità, le attività spaziali devono essere sostenibili a loro volta. La popolazione dei detriti spaziali è cresciuta drasticamente dal primo lancio di un satellite artificiale nel 1957 fino a diventare una seria minaccia per la sicurezza, l'incolumità e la riuscita delle attività spaziali



←← Colniza, Brasile, 2020, immagine acquisita dai satelliti COSMO-SkyMed second generation, elaborata e distribuita da e-GEOS

← Siberia, 2020, immagine acquisita dai satelliti COSMO-SkyMed, elaborata e distribuita da e-GEOS



Jol Deago

STEFANO GUSTINCICH

Senza titolo,
Francesco del Drago, 1975,
acrilico su tela

MEDICINA MARZIANA

La consapevolezza che lo Spazio possa divenire un nuovo fronte di competizione geopolitica, di controllo di risorse geologiche e di gestione dei dati terrestri – su scala inimmaginabile solo poco tempo fa – ci propone nuove sfide tecnologiche interdisciplinari. Tra queste un ruolo fondamentale viene svolto dalla medicina, in quanto la necessità di preservare la salute è centrale per qualsiasi progetto che comporti dei lunghi periodi continui lontano dalla Terra. La possibile colonizzazione in pianta stabile della Luna suggerisce la messa in opera di protocolli di diagnosi e assistenza al servizio di comunità complesse e numerose. È ragionevole immaginare la necessità di fornire cure *on demand* durante i lunghi viaggi verso nuove mete quali il pianeta Marte. Questa sfida necessita una pianificazione di sviluppo tecnologico a lungo termine e, in modo simile a quanto già avvenuto per gli aspetti ingegneristici, potrebbe avere un impatto importante sullo sviluppo della stessa medicina terrestre.

Negli ultimi anni, la ricerca biomedica ha raccolto una gran mole di dati sugli effetti della permanenza nello Spazio degli astronauti. Lo Spazio è, per definizione, un ambiente ostile all'uomo. I due maggiori pericoli derivano dalla radiazione spaziale e dalla microgravità. La prima è composta da protoni ad alta energia prodotti da eventi solari, da ioni pesanti contenuti nei raggi cosmici galattici e da particelle secondarie frutto dell'interazione con gli elementi protettivi del veicolo spaziale. Mentre le missioni svolte a bassa orbita sono protette dagli effetti della sfera magnetica terrestre, le esplorazioni dello Spazio profondo espongono gli astronauti a massicce quantità di raggi cosmici ed eventi solari. I rischi per la salute sono inoltre aumentati dalla microgravità, dal contatto limitato con la Terra, dagli effetti fisiologici e psicologici dell'isolamento e dell'essere immersi in un ambiente ostile.

Gli effetti sulla fisiologia cellulare sono molteplici. Le cellule, esposte a un continuo stress ossidativo, sono costrette a compensare con una risposta cronica che può diventare insufficiente per impedire l'ossidazione patologica dei propri componenti molecolari. Il DNA – sede dell'informazione genetica dell'individuo – può accumulare dei danni che provocano cambiamenti irreversibili della sequenza del genoma. Le vie di controllo dell'espressione genica proprie di ogni cellula e tessuto vengono modificate, impedendo l'adattamento cellulare alle condizioni di stress. La lunghezza delle sequenze alle terminazioni dei cromosomi, i telomeri, può modificarsi suggerendo un impatto sull'invecchiamento. La composizione del microbioma, normalmente presente sulla nostra pelle e nel nostro sistema digerente, può cambiare alterando il virtuoso rapporto simbiotico con questi microrganismi. Tali cambiamenti sono evidenti nell'alterazione della funzionalità di molti sistemi. L'apparato cardiovascolare, tra i molteplici effetti, presenta segni di invecchiamento con irrigidimento delle arterie. Questi sono accompagnati dalla degenerazione del tessuto muscolare, dalla perdita di tessuto osseo, dalle disfunzionalità del sistema immunitario, da danni al sistema epatico e dall'alterazione dei ritmi cir-



Untitled (Full Colored Butterfly 761), Mark Grotjahn, 2008, matita colorata su carta, 120,9 x 96,5 cm © Mark Grotjahn

cadiani. Di particolare interesse è l'accumulo di mutazioni nel genoma che comporta un aumentato rischio di cancerogenesi.

Un piano a lungo termine per la medicina spaziale deve poter usufruire e adattare l'innovazione tecnologica in atto nella medicina personalizzata. Partendo dalla constatazione dell'enorme eterogeneità molecolare delle malattie e dei limiti tecnologici ed economici nel formulare nuovi trattamenti terapeutici per il singolo individuo, la medicina nello Spazio dovrebbe porsi come obiettivi a lungo termine lo sviluppo delle scienze omiche per la produzione di dati di monitoraggio dello stato di

salute in *real time*, e la messa a punto di sistemi autonomi di sintesi e manifattura di farmaci su piattaforme innovative a RNA.

Lo sviluppo di sensoristica accompagnata da analisi di *high-throughput* omico (genomica, trascrittomica, proteomica, lipidomica, metabolomica ecc.) dovrebbe fornire i dati in tempo reale per una valutazione obiettiva dello stato dell'individuo. In particolare, sono necessarie nuove tecnologie portatili di sequenziamento del genoma e di analisi dell'espressione genica che possano fornire istantaneamente informazioni sull'accumulo di mutazioni, il loro potenziale impatto sulla salute e sulla presenza di marcatori biologici di malattia.

Nuove piattaforme tecnologiche per le terapie a RNA possono rappresentare il *toolbox* di soluzioni per una medicina personalizzata *on demand*. Le molecole di RNA sono composte da quattro basi (G, U, C e A) il cui ordine ne definisce la sequenza. Gli RNA vengono sintetizzati dal genoma delle cellule di un individuo che ne produce decine di migliaia di tipi diversi, ognuno con la propria sequenza. Essi contengono l'informazione per la sintesi delle proteine, i costituenti principali del nostro organismo del quale ne definiscono la struttura e le attività. Recentemente, grazie a massicci investimenti, è stato dimostrato che gli RNA stessi possono rappresentare due nuove classi di farmaci da utilizzare a seconda delle esigenze terapeutiche: RNA messaggeri che fanno produrre grandi quantità della proteina di interesse alle cellule del paziente e altri molto corti che inibiscono l'espressione di una proteina bersaglio mediante un riconoscimento specifico della sequenza dell'RNA messaggero che la codifica. La prima tecnologia è stata utilizzata per i vaccini a RNA per combattere il virus SARS CoV-2 e può essere adattata alla sintesi di proteine terapeutiche *ad hoc* necessarie per la cura. La seconda si basa sulle regole di appaiamento delle basi (G con C e A con U) al fine di disegnare RNA, definiti di interferenza o antisense, che si appaiano specificatamente all'RNA messaggero bersaglio. Se l'RNA codifica per una proteina coinvolta nella malattia, questi RNA inibitori ne possono impedire la sintesi e quindi essere curativi. Accoppiata a sistemi di nano- e micro-fluidica e sintesi chimica tali da poter sintetizzare il farmaco in autonomia, questa piattaforma tecnologica presenta potenzialità illimitate per le esigenze di una medicina personalizzata nello Spazio in quanto nuovi farmaci possono essere prodotti semplicemente cambiando la sequenza dell'RNA terapeutico.

In conclusione, come gli investimenti nell'ingegneria spaziale hanno contribuito all'innovazione e allo sviluppo economico terrestre fin dall'impresa dell'Apollo 11, prevediamo che la medicina nello Spazio sarà fonte di innovazione *disruptive* per le nostre capacità di diagnosi e cura sulla Terra. ■

VALENTINA FOSSATI

Cellule orbitanti

La ricerca condotta presso il New York Stem Cell Foundation Research Institute si concentra sullo studio delle malattie del cervello: Parkinson, Alzheimer, Sclerosi multipla, che affrontiamo attraverso il ricorso a nuovi modelli di cellule che negli ultimi dieci anni sono venuti nella nostra disponibilità. Oggi, com'è noto, siamo in grado di convertire una goccia di sangue di un paziente in cellule staminali con le quali si possono generare tutte le cellule che occorrono per la nostra esplorazione, compresi i neuroni che muoiono aggrediti da patologie degenerative.

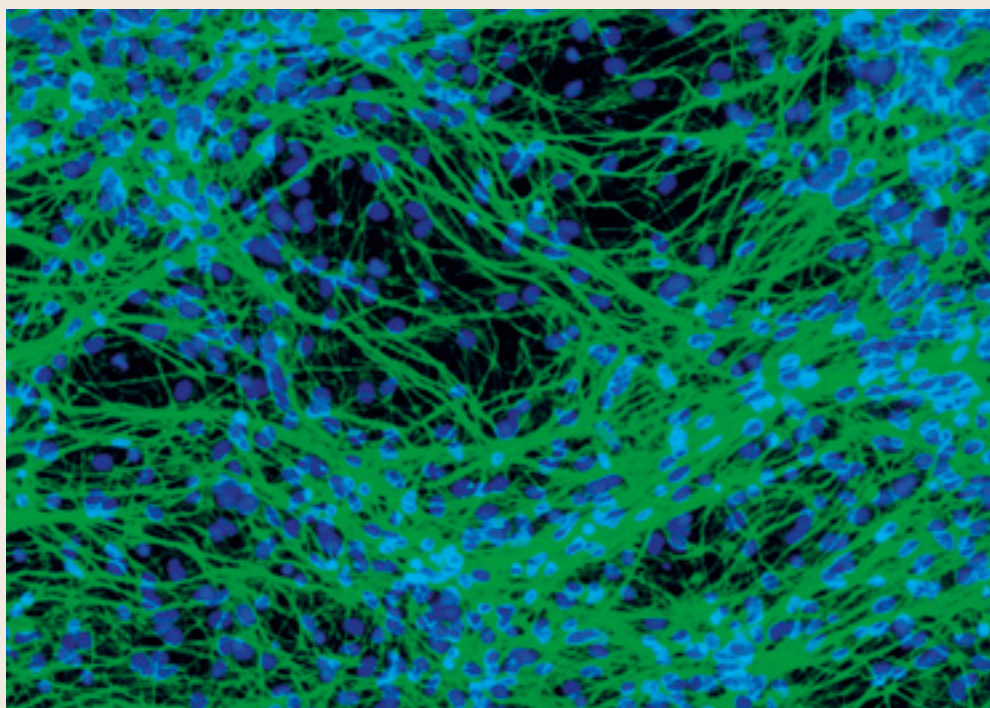
Da qualche anno, è stato possibile estendere la ricerca, letteralmente al di là dell'orizzonte, sulle cellule di chi è afflitto da quelle malattie, e osservare il loro comportamento in un contesto di microgravità qual è quello della Stazione Spaziale Internazionale (ISS), con indubbe ricadute e benefici cognitivi. Si tratta – come si comprende – solo di uno dei tantissimi studi apprestati nell'ISS, che ha offerto innumerevoli opportunità non solo alla ricerca biomedica, ma per molteplici applicazioni: dalle gomme delle automobili allo "slime" con cui giocano i bambini, alla produzione di birra.

Siamo riusciti a mandare in orbita le cellule derivate dai pazienti allo scopo di effettuare uno studio specifico sul loro comportamento, persuasi come siamo che la gravità costituisce un fattore cruciale che influenza le cellule e le loro dinamiche. È ben noto fin dagli studi effettuati sugli astronauti in missione nello Spazio, che la gravità modifica significativamente la distribuzione dei fluidi corporei e contribuisce ad attivare il sistema immunitario, trasformando il citoscheletro delle cellule, ovvero la loro forma e la loro abilità nel muoversi. Attraverso lo studio di un agglomerato di cellule (organoide) si

è potuto ipotizzare che sia possibile la variazione delle interazioni cellulari; e se si riuscirà, come ci si augura, a identificare qualche meccanismo che può facilitare la comprensione di quello che accade nelle patologie neurodegenerative, allora si potranno ottenere maggiori opportunità nella cura di tali malattie. Le cellule che sono oggetto del nostro studio sono un insieme di neuroni e microglia, e rappresentano le cellule immunitarie del cervello, cioè quelle che hanno il compito precipuo di innescare i meccanismi di difesa in caso di aggressioni da batteri o da virus.

Allo stato attuale si può parlare ragionevolmente di significativi passi in avanti compiuti nella ricerca sulla comprensione del ruolo che queste cellule giocano nello sviluppo e nella progressione delle malattie poiché il loro cattivo funzionamento può procurare danni o addirittura uccidere i neuroni. Pertanto la messa in orbita di un patrimonio cellulare così consistente potrà sicuramente offrire risposte promettenti circa il comportamento delle cellule stesse; ciò procurerà indubbe ricadute in termini di conoscenza. Rappresenterà inoltre, questa esperienza, un indiscutibile vantaggio perfino in vista del compimento dei numerosi progetti di esplorazione spaziale: le imminenti missioni sulla Luna ad esempio (Artemis Program) e gli astronauti che restano nello Spazio per tempi prolungati, anche un anno, oppure l'ipotizzato viaggio su Marte e il turismo spaziale che si sta lentamente concretizzando. La messe di dati che ci accingiamo a raccogliere quindi potrà costituire un ulteriore beneficio in grado di facilitare la previsione degli eventuali effetti che la microgravità potrà avere sulle persone, prima che questi viaggi diventino routine. ■

Neuroni derivati da cellule staminali umane che potrebbero essere usate per i futuri trattamenti di malattie degenerative come il Parkinson e l'Alzheimer, di Yirui Sun







MASSIMO SIDERI

The Martian,
di Ridley Scott, 2015

LA VITA CHE VERRÀ

Nell'affascinante museo dell'aeronautica di Vigna di Valle, nei pressi del Lago di Bracciano, una fedele replica del Wright Flyer Type 4 – l'aereo che nel 1903 riuscì a sollevarsi per 59 secondi grazie a un motore di appena 16 cavalli – ammonisce inconsciamente sulle differenze tra volo nell'atmosfera e fuori dall'atmosfera: gli aerei sono nati fin dalle origini con uno scopo ben preciso, far volare l'essere umano. I missili no. In altri termini i fratelli Wright, affrontando e smentendo l'antico mito di Icaro, prendevano spunto dalla natura. La emulavano. La tecnologia degli aerei, ancora oggi, coopta le soluzioni sviluppate dal darwinismo negli uccelli, a partire dalle ali e dall'aerodinamica. Ma lo Spazio è un'altra sfida. Da quanto ne sappiamo nello Spazio non vive né sopravvive nulla, se non, per poco tempo, i tardigradi. Nessun animale può raggiungere il vuoto o vivere nel cosmo. La natura in questo caso non ci è stata di aiuto e, in tal senso, potremmo anche argomentare sul fatto che l'*homo sapiens*, raggiungendo lo Spazio, ha superato i limiti stessi dell'ecosistema terrestre.

La premessa è necessaria per comprendere qual è lo stato dell'arte della nuova corsa allo Spazio (lo Spaziocene), quella che dovrebbe portarci dall'esperienza "mordi e fuggi" del passato, e da quella intermedia e attuale della vita nella Stazione Spaziale Internazionale, alla fase di

colonizzazione vera e propria con una permanenza dell'uomo e della donna in un ambiente ostile alla vita. Vale la pena ricordare che allo stato attuale la tecnologia ci permetterebbe già di raggiungere Marte sebbene con mille incognite. L'umanità è "già stata" su Marte. Con i robot. Può sembrare un gioco di parole ma sottolinearlo è fondamentale per capire che la sfida tecnologica non è il viaggio di andata. Semmai è quello di ritorno. Possiamo raggiungere il pianeta rosso sebbene la distanza minore da percorrere, anche con il favore del punto orbitale più vicino, sia cento volte quella tra la Terra e la Luna (400.000 chilometri *versus* 40 milioni circa). Qual è l'incognita allora? Ne esistono di due tipologie. La prima famiglia di problemi, la più scontata per certi versi, è quella tecnologica, legata all'origine stessa dei missili. Licenziamola subito.

Non sono in molti a sapere che la prima testimonianza storica di un proto-missile ci riporta in quella che oggi è l'Italia, nella città di Tarentum, Taranto. La fonte è Aulus Gellius che nei suoi scritti cita un greco di nome Archytas vissuto 400 anni prima di Cristo. L'inventore intratteneva i cittadini della Magna Grecia con un piccione di legno che volava grazie a un principio di propulsione, la qual cosa lo rendeva tecnicamente più simile a un razzo che a un uccello, nonostante la forma. Il razzo, com'è più noto, venne poi sviluppato dai cinesi come fuoco di artificio – una canna di bambù con una mistura

La grande sfida dello Spaziocene è legata al contenuto delle navicelle: donne e uomini. L'umanità ha bisogno di cibo e acqua per sopravvivere, ma non solo. Una missione di colonizzazione si porta dietro anche tutte le tematiche psicologiche e sociologiche della civiltà sulla Terra



esplosiva – e poi come arma – la battaglia di Kai-Keng del 1232 per cacciare i mongoli invasori (www.grc.nasa.gov). In sostanza per un missile è più facile partire che atterrare. La soluzione geniale sviluppata dalla NASA per scendere sulla Luna nel 1969 con un “ascensore” (modulo lunare Eagle), ma forse ancor di più gli insuccessi di SpaceX di far riatterrare sempre in piedi i suoi missili, sono i migliori esempi per capirne la complessità. Non ultimo dobbiamo considerare il propellente come sfida tecnologica: portarlo su Marte sarebbe troppo costoso. Non portarlo significherebbe restare prigionieri come accadde al comandante Shackleton e all’equipaggio della Endurance al Polo Sud durante la prima guerra mondiale, senza poter compiere il miracolo di tornare con una scialuppa alla civiltà.

La soluzione che stiamo studiando è la produzione *in loco*, sfruttando almeno in parte il fatto che l’atmosfera marziana abbondi di CO₂ (metano e ossigeno possono essere prodotti con una semplice elettrolisi e per ora un esperimento con Perseverance è riuscita a isolare il secondo). Ma senza voler minimizzare la portata di questa famiglia di problematiche scientifiche e tecnologiche, la grande sfida dello Spaziocene è legata al contenuto delle navicelle: donne e uomini. L’umanità ha bisogno di cibo e acqua per sopravvivere, ma non solo. Una mis-

sione di colonizzazione si porta dietro anche tutte le tematiche psicologiche e sociologiche della civiltà sulla Terra. Non sembra esagerato dire che nello Spazio dovremmo trasferire l’intera gerarchia delle necessità umane della famosa Piramide di Maslow, partendo da quelli della base (fisiologici) fino a quelli più complessi.

L’esperienza ricca e avvincente delle missioni sulla ISS è di aiuto solo in parte: la Stazione Spaziale è, rispetto a Marte, a “due passi” dalla Terra. Qualsiasi problematica su Marte (dai 40 milioni di chilometri circa la distanza aumenta fino a 60 milioni lungo le fasi orbitali) è destinata a rimanere senza possibilità di aiuto. Un qualunque problema di salute o anche di semplice mano d’opera è destinato su Marte a rimanere insolubile. La carenza di un semplice pezzo di ricambio può essere la distanza siderale tra il successo e un disastroso fallimento (in quanti ricordano che la stessa ripartenza del modulo lunare Eagle dalla superficie del nostro satellite è stata possibile grazie all’utilizzo della penna spaziale Fisher che venne usata al posto di una levetta che si era rotta? La missione Apollo 11 è stata a un millimetro dal fallimento, come abbiamo scoperto solo con le più recenti testimonianze). Ecco perché il piano B, anzi i piani B: una prima fase di colonizzazione della Luna, con degli insediamenti umani già programmati

→ Casa Albero, l’elemento bagno, Giuseppe Perugini, Raynaldo Perugini e Uga De Plaisant, 1968-71, Fregene. Foto di Stefano Perego

→ Prospetto della Casa Albero, Giuseppe Perugini, disegno autografo, Archivio Studio Perugini

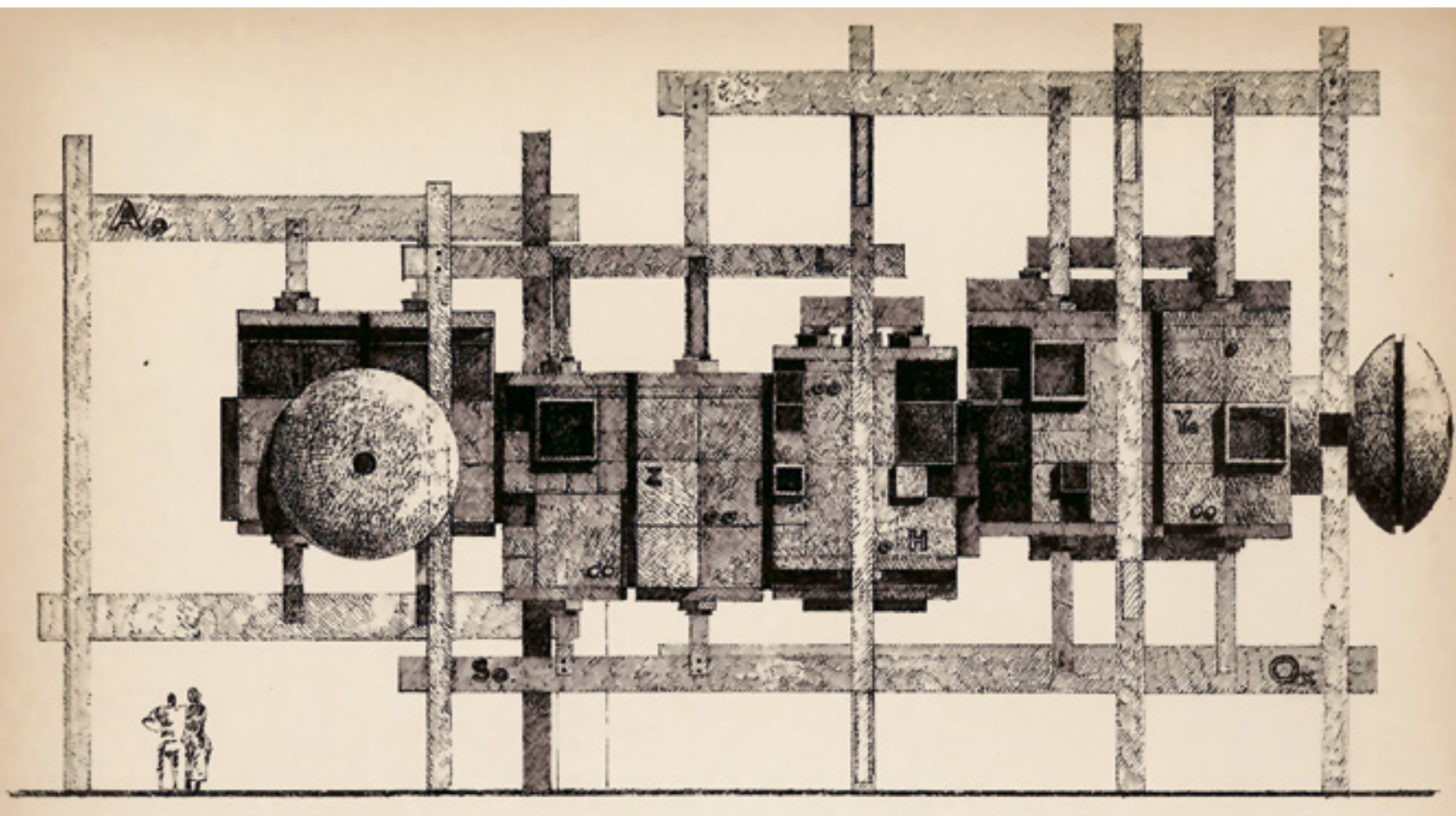
per questo decennio (il Covid-19 ha inevitabilmente ritardato anche questi progetti), oltre alle esperienze che già stiamo sviluppando al Polo Sud. Come ha testimoniato Loredana Faraldi, la ricercatrice che ha passato tutta la pandemia insieme ai suoi colleghi nella base Concordia in Antartide, durante l'inverno glaciale nessun aereo poteva sperare di atterrare sul pack, rendendo impossibile qualunque missione di soccorso. Vivere a quelle latitudini è l'esperienza più vicina a quella di un astronauta.

Tutte queste considerazioni ci permettono di intuire quanto le tematiche anche psicologiche della Piramide di Maslow siano di centrale importanza per pianificare la colonizzazione, commettendo gli errori qui sulla Terra per non commetterli quando saremo nello Spazio (Neil Armstrong). I bisogni fisiologici – non solo mangiare e bere ma anche respirare e dunque produrre ossigeno – sono la base su cui costruire l'intera progressione della Piramide, fino alle esigenze culturali che in un periodo di circa due anni (tanto sarebbe necessario per una missione su Marte considerando il tempo per ritornare alla giusta distanza operativa per pianificare un rientro) sarebbero importanti per permettere agli astronauti di cercare e trovare un equilibrio psicologico. Un libro, una comunicazione (ci vogliono circa venti minuti per comunicare

tra Marte e la Terra) o anche una semplice doccia possono rappresentare il muro tra sentirsi ancora parte della civiltà o provare un pericoloso senso di estraniamento e abbandono da essa.

Come ammoniva il vecchio capitano reduce della prima guerra mondiale ricordato da Primo Levi in "Se questo è un uomo" nei lager bisognava farsi la doccia non perché si potesse sperare di lavarsi, ma perché il semplice rituale era di per sé un baluardo contro la perdita di dignità e di appartenenza all'umanità. Da questo punto di vista la frontiera della Piramide di Maslow nello Spazio è ben rappresentata dai lavori di Valentina Sumini (*Space architect*, MIT e PoliMi) esposti anche alla Biennale di Venezia, con la creazione di spazi di "privacy" personalizzabili per difendere l'equilibrio psicologico e combattere il senso di isolamento di una missione forse paragonabile per rischi solo alle navigazioni atlantiche quattrocentesche, senza il supporto di mappe, di Cristoforo Colombo. «Siamo pionieri, navigatori su una zattera» ricorda il protagonista di "Interstellar" al suo collega di viaggio scienziato. La cura che offre Cooper, non a caso, è una semplice registrazione di un temporale. *L'homo sapiens* deve tornare alla foresta, per trovare il coraggio di abbandonarla nuovamente. Non perché è facile farlo, ma perché è difficile (JFK). ■

*Un libro,
una comunicazione
(ci vogliono circa venti
minuti per comunicare
tra Marte e la Terra)
o anche una semplice
doccia possono
rappresentare il muro
tra sentirsi ancora
parte della civiltà o
provare un pericoloso
senso di estraniamento
e abbandono da essa*





ANDREA SOMMARIVA

LA CORSA AL GHIACCIO

Negli anni Sessanta, il lancio in orbita terrestre dello Sputnik e dei cosmonauti sovietici (a cominciare da Gagarin) e lo sbarco degli astronauti americani sulla Luna avevano creato un'atmosfera di ottimismo. L'uomo poteva lasciare la Terra. Terminata con successo la sfida con l'Unione Sovietica, molti nel governo e nel Congresso americano si domandavano quali fossero i benefici nel continuare l'esplorazione umana dello Spazio. Non essendoci risposte esaurienti, i bilanci della NASA furono ridimensionati.

Dopo questa prima fase, la presenza dell'uomo nello Spazio si è limitata a soggiorni presso la Stazione Spaziale Internazionale con una sempre più ampia partecipazione di imprese private nelle attività spaziali in orbita terrestre, in particolare telecomunicazioni, osservazione della Terra e navigazione. La tecnologia satellitare ha dato origine a un flusso crescente di usi, inclusi trasporti ed efficienza logistica, gestione delle risorse naturali, agricoltura di precisione, ambiente e monitoraggio dei cambiamenti climatici, e ne fa una fonte di crescita economica e sviluppo sostenibile. Nel 2019, il fatturato dell'economia dello Spazio ha raggiunto 400 miliardi di dollari. La quota delle applicazioni commerciali è preponderante (due terzi). Con lo sviluppo dei progetti di internet satellitare e di *in-orbit servicing*, Morgan Stanley stima che l'economia dello Spazio possa lievitare a un trilione di dollari nel 2040.

Dal 1960 a oggi, le agenzie spaziali hanno condotto l'esplorazione robotica del sistema solare, ampliando le nostre conoscenze scien-

tifiche. Molti pensano alla ricerca scientifica come l'obiettivo principale dell'esplorazione dello Spazio, ma stanno perdendo di vista altri obiettivi importanti: quelli di natura economica e commerciale, ossia l'incorporazione a lungo termine del sistema solare nella nostra sfera economica. Non solo l'umanità ha un ruolo guida nel raggiungimento di questi obiettivi, ma la diffusione nello Spazio può garantire la sopravvivenza dell'uomo. Come disse Stephen Hawking: «La sopravvivenza a lungo termine della razza umana è a rischio fintanto che è limitata a un singolo pianeta. Disastri come una collisione di asteroidi o disastri causati dall'uomo, come una guerra nucleare, potrebbero spazzarci via tutti. Una volta che ci saremo sparsi nello Spazio e avremo stabilito colonie indipendenti, il nostro futuro dovrebbe essere sicuro».

Il ritorno dell'uomo sulla Luna è ora nelle agende delle principali agenzie spaziali, come la NASA e l'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Gli Stati Uniti hanno proposto un accordo chiamato Artemis Accords, che riguarda le operazioni sul suolo lunare, e che la NASA ha esteso a 11 partner quali il Canada, il Giappone e i paesi europei, tra cui l'Italia e il Lussemburgo, nonché gli Emirati Arabi Uniti, la Nuova Zelanda e la Corea del Sud. L'ESA collabora con la NASA nella costruzione del Gateway e ha una sua visione sul Moon Village.

Una nuova forma di collaborazione pubblico-privato si sta sviluppando, in cui i governi forniranno supporto iniziale nell'esplorazione delle risorse lunari, nell'avanzamento di tecnologie critiche (telecomunicazione Terra-Luna e navigazione sulla Luna) e nella costruzione di

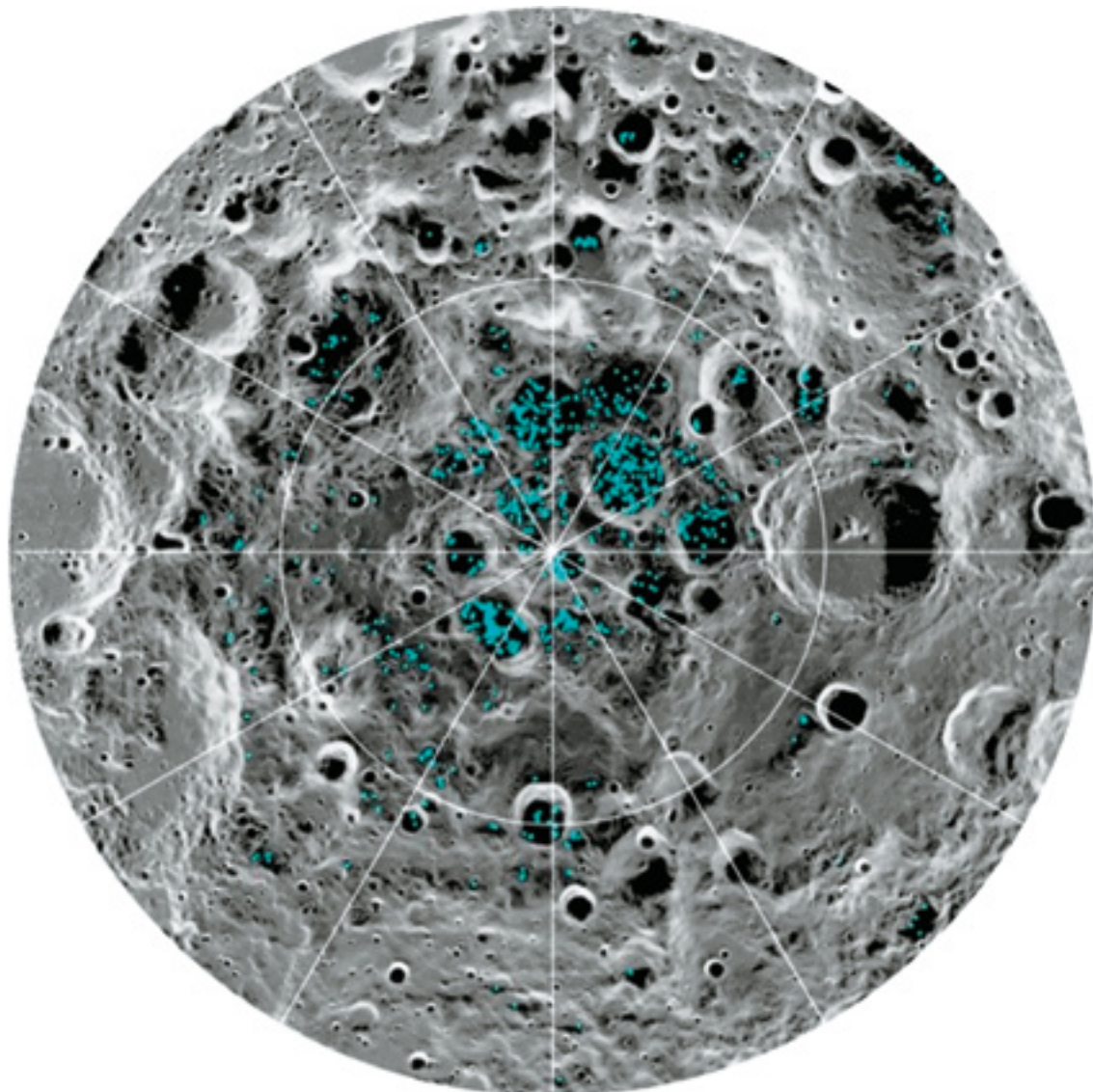
Le risorse lunari offrono ghiaccio, il petrolio dello Spazio, per la produzione di propellente per il rifornimento in orbita di veicoli spaziali riducendone i costi di trasporto, e ossigeno e acqua per i sistemi di supporto alla vita della futura stazione spaziale attorno alla Luna e la base lunare

infrastrutture spaziali (progetto Gateway e una base lunare per una presenza umana sostenibile). Il settore privato prenderebbe poi l'iniziativa nella creazione di nuovi mercati e nella presenza dell'umanità nello Spazio.

Nell'ultimo decennio sono emerse numerose iniziative private che promuovono l'esplorazione e lo sviluppo dello Spazio oltre l'orbita terrestre. Un elenco dei primi dieci miliardari che investono nello Spazio indica che hanno un patrimonio netto comune di oltre 543 miliardi di dollari. Le attività private sulla Luna riguarderanno le telecomunicazioni con la Terra e la navigazione, il turismo, l'utilizzazione delle risorse *in situ* per la costruzione di una base, e lo sfruttamento di risorse lunari. Queste ultime offrono ghiaccio, il petrolio dello Spazio, particolarmente al polo sud della Luna, per la produzione di propellente per il rifornimento in orbita di veicoli spaziali riducendone i costi di trasporto,¹ e ossigeno e acqua per i sistemi di supporto alla vita della futura stazione spaziale attorno alla Luna (il progetto Gateway) e la base lunare. Nel lungo periodo, la riduzione dei costi

di trasporto e l'evoluzione dell'offerta sulla Terra di alcuni minerali (terre rare ad esempio) potrebbero rendere economicamente conveniente portarli dalla Luna.

Le stime del valore dell'economia lunare nel medio periodo sono incerte, ma si ritiene che potrebbe raddoppiare il valore dell'economia dello Spazio a due trilioni di dollari nel 2040. I benefici economici che ne derivano sulla Terra si dividono in due categorie: quelli misurati dai ricavi delle imprese spaziali generati dall'utilizzo delle risorse dello Spazio e dei relativi servizi e prodotti; e quelli che derivano dalle efficienze generate da tali prodotti e servizi. Tra i primi si trovano gli aumenti dei fatturati derivanti dalle attività di *refueling*, dal turismo lunare, dalla costruzione della base lunare, e la conseguente crescita economica e dell'occupazione sulla Terra. Tra i secondi si trovano le opportunità di affari che i progetti sulla Luna offrono ai settori non spaziali, tra cui, ma non esclusivamente, quello degli arredamenti, dell'abbigliamento, e dell'agribusiness. Inoltre, dato che gli impianti per lo sfruttamento delle risorse



Depositi di ghiaccio (in azzurro) delle regioni del polo sud (→) e del polo nord della Luna (↔), 2018

lunari saranno automatizzati, soluzioni di intelligenza artificiale e robotica sviluppate sulla Luna potrebbero avere *spillover* sulle industrie terrestri. Entrambi questi effetti avrebbero conseguenze importanti sulle efficienze e la crescita economica sulla Terra.

Se le società private vogliono cogliere le opportunità derivanti dallo sfruttamento delle risorse lunari è necessaria la certezza sui diritti di proprietà e sull'uso delle risorse spaziali. Gli Artemis Accords ribadiscono i diritti di proprietà sulle risorse estratte dalla Luna, e introducono il concetto di zone di sicurezza intorno a future basi lunari per prevenire interferenze da parte di paesi o società rivali che operano nelle immediate vicinanze. La firma di un Memorandum of Understanding (MoU) tra la Cina e la Russia per la creazione di una base scientifica lunare complica il problema dei diritti di proprietà e dell'uso delle risorse lunari per la presenza di due blocchi in competizione tra di loro.

È auspicabile che i due blocchi raggiungano un accordo su come regolare questi rap-

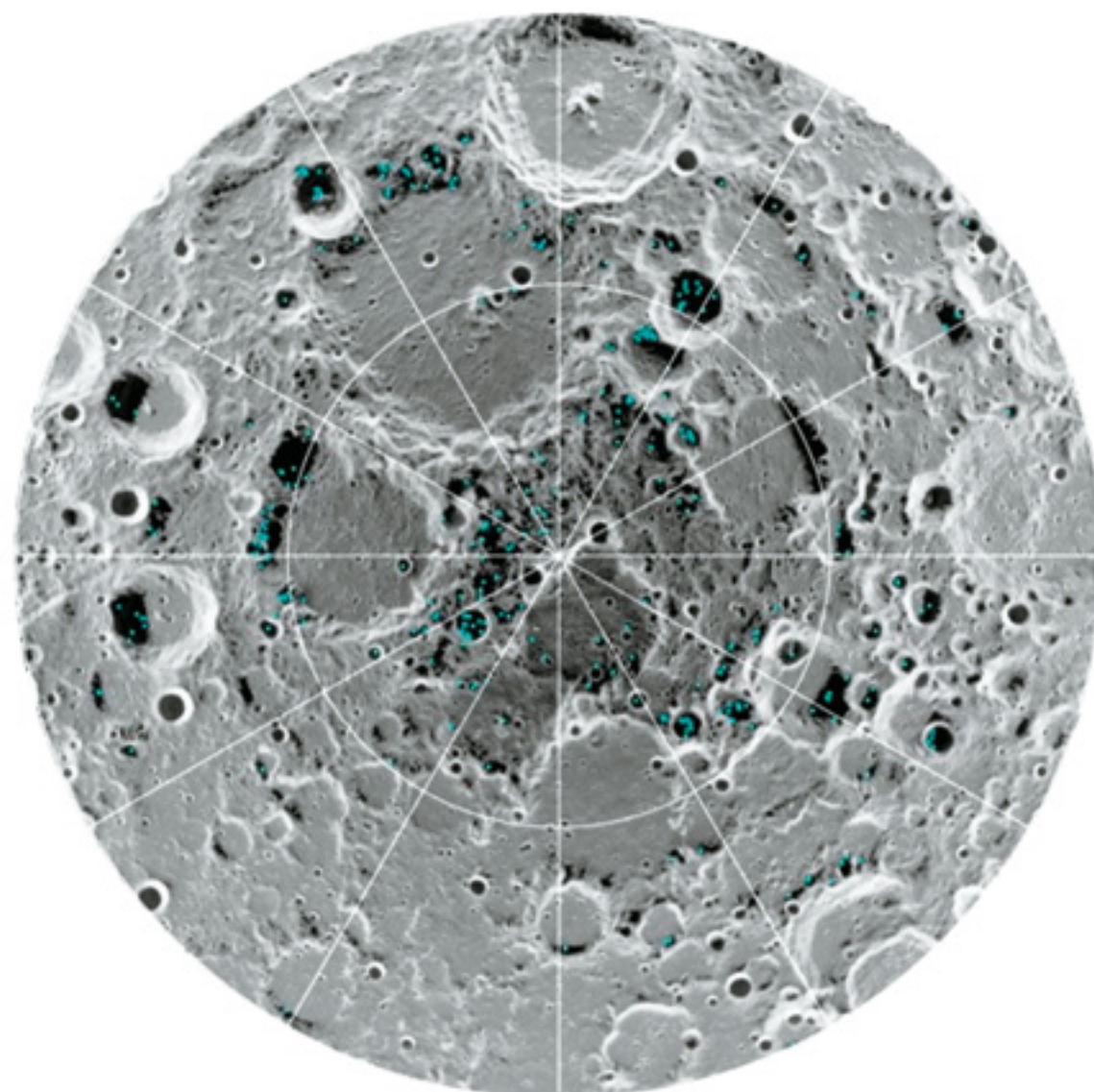
porti. Non è un processo facile da raggiungere. Tuttavia, Michael Tomasello² sostiene che l'*homo sapiens* ha ampliato le capacità cooperative attraverso background culturali incentrati su convenzioni e norme. I migliori risultati sono stati quelli che hanno riconosciuto la propria interdipendenza dagli altri e hanno agito secondo un tipo di razionalità cooperativa. Afferma quindi che gli esseri umani possano continuare a collaborare attraverso la condivisione dell'informazione e della conoscenza.

In vista del balzo verso Marte e della creazione di insediamenti umani permanenti sul pianeta rosso, la Luna costituisce anche un "campo di prova" per la collaborazione tra governi, società private e accademia, in particolare per lo sviluppo di sistemi di propulsione per raggiungere Marte, di tecnologie per la protezione dai raggi cosmici, per soluzioni energetiche sostenibili, per la coltivazione di derrate alimentari sulla Luna, e per l'estrazione di risorse lunari evitando al massimo l'uso dell'acqua. Come dice un antico proverbio cinese, un viaggio di mille miglia inizia con il primo passo. ■

La Luna costituisce un campo di prova per la collaborazione tra governi, società private e accademia, in particolare per lo sviluppo di sistemi di propulsione per raggiungere Marte, di tecnologie per la protezione dai raggi cosmici, per soluzioni energetiche sostenibili, per la coltivazione di derrate alimentari sulla Luna e per l'estrazione di risorse lunari evitando al massimo l'uso dell'acqua

¹ Si veda A. Sommariva et al., *The Economics of Moon Mining*, in "Acta Astronautica", vol. 170, maggio 2020.

² M. Tomasello, *A Natural History of Human Thinking*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts)-Londra 2014.





Superficie lunare,
Giulio Turcato, 1968,
assemblage, olio e tecnica
mista su gommapiuma
su legno e masonite

ALESSANDRO GILI

CATASTO LUNARE

All'inizio di questo decennio, parallelamente all'acuirsi della sfida globale tra Stati Uniti e Cina, lo Spazio ha riacquisito una centralità che era scemata dopo gli anni Settanta. In questo contesto, la Luna è ritornata al centro dell'interesse delle maggiori potenze, anche in funzione di avamposto verso Marte. Nel gennaio 2019 la missione cinese Chang'e 4 ha permesso per la prima volta l'atterraggio sul lato oscuro della Luna del rover Yutu-2, alla ricerca di acqua e altri minerali rari; e nel dicembre 2020 la missione Chang'e 5 ha prelevato e riportato sulla Terra 2 kg di materiale lunare. Nel 2024 è prevista infine la missione Chang'e 8 per verificare la possibilità di costruire una base permanente cinese sulla Luna. Nel marzo 2021, inoltre, Russia e Cina hanno annunciato l'intenzione di costruirne una congiunta entro il 2036. E gli Stati Uniti rispondono: a partire da quest'anno sono previste missioni per la mappatura ed estrazione di acqua, minerali e terre rare. La NASA, in collaborazione con aziende commerciali statunitensi e con varie agenzie spaziali, tra cui ASI ed ESA, punta molto sul programma Artemis, lanciato nel 2017, per esplorare la Luna e pianificarne l'estrazione dei giacimenti minerari. Artemis ha l'obiettivo di far sbarcare "la prima donna e il prossimo uomo" sulla Luna, in particolare nella regione del polo sud lunare, entro il 2024. La NASA vede Artemis, che costerà 35 miliardi di dollari, come il prossimo passo verso l'obiettivo a lungo termine di una presenza autonoma sulla Luna, alla base di un'economia lunare che includa i privati e di future missioni su Marte.

L'acqua in questo senso è centrale: la sua esistenza e la possibilità di estrarla sono cruciali per la riuscita di qualunque stanziamento umano stabile sul satellite terrestre. Inizialmente ritenuta presente solo in forma ghiacciata, la NASA ha confermato nel 2020 la presenza di acqua anche allo stato liquido, simile

a quella sulla Terra. Oltre a sostenere una presenza umana, l'acqua esistente sulla Luna potrebbe rappresentare la fonte di carburante necessario ai viaggi di ritorno: separandola nei suoi due elementi, idrogeno e ossigeno, se ne potrebbe impiegare l'idrogeno liquido (principale carburante spaziale USA) per i veicoli spaziali di ritorno. Inoltre, fondamentali saranno i minerali rari: le esplorazioni del suolo lunare condotte finora indicano la presenza di diverse terre rare, chiave di produzione tecnologica e transizione energetica/digitale, tra cui soprattutto il titanio. Infine, vi è un'ulteriore risorsa che potrebbe essere centrale per il futuro: l'elio H-3, un isotopo estremamente raro sulla Terra ma apparentemente presente sulla Luna in proporzioni di circa 11 milioni di tonnellate metriche (circa 25 tonnellate basterebbero a soddisfare il fabbisogno energetico degli USA per un anno); possiede un grande potenziale energetico nucleare nei reattori a fusione che sono in fase di studio a livello mondiale e potrebbe essere il carburante necessario per avere energia *carbon neutral* in grado di soddisfare l'intero fabbisogno mondiale. Una lettera d'intenti è stata firmata lo scorso anno tra lo US Nuclear Corp e la Solar System Resource Corporation per la fornitura di elio H-3 dalla Luna. Tuttavia, la possibilità di un suo sfruttamento appare ancora distante nel tempo.

Si pone ora il problema di stabilire le possibilità giuridiche dello sfruttamento delle risorse lunari. Il Trattato sullo Spazio extra-atmosferico del 1967, corrispondente al diritto consuetudinario, stabilisce che lo Spazio e la Luna siano "provincia comune dell'umanità" e non prevede forme di sovranità, appropriazione, o di occupazione dello Spazio extra-atmosferico. Se ciò impedisce rivendicazioni di sovranità, non esclude necessariamente che le nazioni possano possedere le risorse estratte dai corpi celesti. Dunque, la libertà per gli Stati di agire includerebbe la libertà di permettere al proprio settore privato

di agire, finché conforme alle norme del diritto spaziale internazionale. Questo è il senso in cui il Trattato viene interpretato dai recenti accordi Artemis che affermano come l'estrazione di risorse non equivalga a un'appropriazione nazionale, nel rispetto dell'Outer Space Treaty. Meno rilevante il Trattato sulla Luna e sugli altri corpi celesti del 1979, ratificato a oggi da solo 18 Stati. Esso innova e introduce il concetto di "patrimonio comune dell'umanità" prevedendo una razionale amministrazione ed espansione delle opportunità di usare le risorse lunari con la costituzione di un'apposita Autorità, simile all'Autorità internazionale per lo sfruttamento delle risorse dei fondali marini internazionali. Inoltre, il Trattato del 1979 prevede un'equa ripartizione tra tutti gli Stati degli utili, con particolare considerazione per gli interessi sia dei paesi in via di sviluppo, sia di quelli che hanno contribuito all'esplorazione della Luna. Gli Stati Uniti si sono opposti a tale visione nell'Ordine esecutivo n. 13.914 del 6 aprile 2020, dove si afferma che gli USA «non considerano lo Spazio esterno come un *global common*», e si opporranno a ogni tentativo di considerare il Trattato sulla Luna come diritto consuetudinario.

La possibilità di sfruttare le risorse lunari dipenderà quindi dalle capacità tecnologiche dei prossimi anni e dalle risorse finanziarie disponibili dei singoli Stati. Ma non solo: i privati avranno uno spazio sempre più ampio, come dimostra l'attività di SpaceX e della Blue Origin di Jeff Bezos. E conviene a tutti arrivare a principi chiari e condivisi per lo sfruttamento delle risorse spaziali nell'interesse dell'intera umanità, per scongiurare la militarizzazione dello Spazio e di un altro fronte caldo della competizione geopolitica tra gli Stati. Inedite alleanze tra paesi per la conquista della Luna e dello Spazio sono comunque all'orizzonte, nonché per la costruzione di nuove frontiere economiche, ci si augura, interconnesse e a sostegno dell'economia della Terra. ■



SERGIO MARCHISIO

Nella dottrina giuridica il principio dell'esplorazione e uso dello Spazio come appannaggio dell'umanità, a beneficio e nell'interesse di tutti i paesi, convive, in un contesto di relativa ambiguità, con le libertà cosmiche, riconosciute a tutti gli Stati senza discriminazioni

Sessantottomilametri,
David Casini, 2015, ottone,
stampa digitale su carta

DOTTRINA DELLO SPAZIO CELESTE

Le prime dottrine giuridiche sullo Spazio celeste hanno visto la luce negli anni Cinquanta del secolo scorso, quando si è fatta concreta l'esigenza di disciplinare le attività umane di esplorazione e uso dello Spazio e dei corpi celesti. In origine, si parlava di diritto intersiderale, interplanetario, interstellare o meta-diritto applicabile alle relazioni tra gli esseri umani e altre potenziali comunità planetarie. Poi, le impostazioni prevalenti si sono ridotte a due: la prima ha utilizzato l'analogia con la navigazione marittima e aerea e concetti di carattere patrimoniale; la seconda, invece, ha insistito sul carattere funzionale che i principi del nuovo diritto avrebbero dovuto presentare, escludendo qualsiasi paradigma basato sulla localizzazione delle attività.

La sintesi è intervenuta con i principi giuridici cui le due potenze della guerra fredda hanno accettato di attenersi per evitare di trasformare lo Spazio in un teatro di permanente conflittualità. Nel 1963, l'Assemblea generale delle Nazioni Unite ha adottato la Dichiarazione sui principi giuridici che regolano le attività degli Stati nell'esplorazione e uso dello Spazio. Essa riflette il passaggio del diritto internazionale dalla sua dimensione terrestre a quella spaziale, e, in questo contesto, lo Spazio extra-atmosferico, la Luna e i corpi celesti, vengono qualificati *res communes omnium*. Come già accaduto per l'alto mare con la dottrina del "Mare liberum" di Ugo Grozio del 1609 e le riflessioni di Carl Schmitt nell'opera "Terra e mare" del 1942, la nozione di sovranità appare inidonea allo Spazio celeste, non suscettibile di appropria-

zione attraverso proiezioni di sovranità a partire da frazioni di suolo terrestre.

Nella dottrina giuridica, quindi, il principio dell'esplorazione e uso dello Spazio come appannaggio dell'umanità, a beneficio e nell'interesse di tutti i paesi, convive, in un contesto di relativa ambiguità, con le libertà cosmiche, riconosciute a tutti gli Stati senza discriminazioni. Il messaggio è confermato dal Trattato sui principi che regolano le attività degli Stati nell'esplorazione e uso dello Spazio extra-atmosferico concluso in ambito ONU il 27 gennaio 1967 e oggi ratificato da 111 Stati. Le libertà di esplorazione e uso dello Spazio, di ricerca scientifica, di accesso ai corpi celesti costituiscono il fulcro di una disciplina che si richiama a valori di solidarietà, ma rende le potenze provviste delle necessarie risorse protagoniste indiscusse dell'avventura spaziale. Il Trattato realizza un equilibrio tra proibizioni e flessibilità attraverso principi quali il divieto di appropriazione dello Spazio e dei corpi celesti; l'applicabilità del diritto internazionale, compresa la Carta delle Nazioni Unite, alle attività spaziali; il divieto di porre in orbita intorno alla Terra e installare armi nucleari o altre armi di distruzione di massa sui corpi celesti, e la loro smilitarizzazione. Altri principi introducono novità sconosciute nel diritto internazionale comune, come la responsabilità internazionale degli Stati per tutte le loro attività nazionali nello Spazio, pubbliche o private, con l'obbligo di autorizzare e vigilare continuamente le attività degli operatori commerciali; la responsabilità dello Stato di lancio per i danni causati dai suoi oggetti; l'obbligo di assistenza agli astronauti come inviati dell'umanità; la

potestà di giurisdizione e controllo dello Stato di immatricolazione sugli oggetti registrati e sul personale a bordo. Queste norme vengono specificate da quattro successive convenzioni, rispettivamente su astronauti, responsabilità per danni causati da oggetti spaziali, immatricolazione dei lanci e, per ultima, sulla Luna del 1979, che ha raccolto solo 18 ratifiche.

Il quadro giuridico è rimasto immutato per più di cinque decenni, anche di fronte al profondo mutamento del contesto economico e tecnologico delle attività spaziali. Il dato più significativo riguarda gli operatori privati, che superano ormai in numero quelli statali, e sono impegnati in nuove attività che facilitano l'accesso allo Spazio attraverso i lanciatori riutilizzabili, le mega costellazioni di piccoli satelliti, il trasporto di astronauti e carichi utili alla Stazione Spaziale Internazionale, i servizi ai satelliti in orbita per prolungarne la funzionalità, i progetti per l'utilizzo di risorse naturali dei corpi celesti. Non mancano piani per la colonizzazione di questi ultimi con insediamenti umani permanenti. Certo, come altra faccia della stessa medaglia, crescono anche i rischi legati alla sicurezza delle infrastrutture spaziali, la cui resilienza è minacciata da detriti orbitali, potenziali collisioni, congestione delle orbite e assenza di regole sulla gestione del traffico spaziale.

Ma come innovare il quadro giuridico internazionale, che presenta obiettive lacune e presta il fianco a interpretazioni divergenti, fonte d'incertezze che ostacolano gli investimenti privati? Attivare processi internazionali di *law-making* per rimediare alla situazione presenta difficoltà connesse alla crescente competitività tra i principali attori spaziali e alle obsolete regole di funzionamento di organi come il Comitato ONU per gli usi pacifici dello Spazio extra-atmosferico. Ciò spiega perché, mentre si rincorrono faticosi consensi su possibili soluzioni universali, vengono percorse vie alternative, anticipando soluzioni attraverso mezzi diversi. Il primo consiste nella promozione di strumenti giuridici non vincolanti, adottati in un'ottica di governance progressiva. Ne sono esempio le Linee guida ONU del 2007 sulla mitigazione dei detriti spaziali e quelle del 2019 sulla sostenibilità a lungo termine delle attività spaziali, menzionate anche nel comunicato sull'uso sostenibile dello Spazio adottato dal G7 il 21 giugno scorso.

Il secondo strumento consiste nelle leggi spaziali nazionali che, superando la dimensione tradizionalmente internazionale della disciplina spaziale, regolano in via unilaterale i settori emergenti, come i voli suborbitali e l'estrazione e utilizzo delle risorse naturali dei corpi celesti. Se oltre quaranta Stati hanno oggi adottato legislazioni nazionali per attuare più correttamente i trattati che hanno accettato, alcuni di essi intervengono ora in relazione a specifiche attività spaziali.

Le dottrine giuridiche, dal canto loro, sono impegnate a proporre una mediazione tra due indicazioni emergenti a livello internazionale, non sempre facilmente conciliabili: da un lato, assicurare a tutti l'accesso allo Spazio in un contesto di sostenibilità e, dall'altro lato, adeguare le regole alle immense potenzialità economiche del settore.

Un caso significativo è quello dei programmi per il ritorno sulla Luna, da utilizzare come base per l'ulteriore esplorazione di Marte e del sistema solare. L'Accordo del 1979 non offre un valido aiuto, perché configura la Luna e le sue risorse come "patrimonio comune dell'umanità" – che esclude non solo la sovranità, ma anche la proprietà privata – e prospetta lo sfruttamento delle risorse lunari nel quadro di un'autorità internazionale, peraltro mai costituita. Nondimeno, i progetti in campo rendono

necessarie alcune regole condivise per coordinare le prossime attività lunari in un quadro di reciproca non interferenza, disciplinare l'uso dei minerali lunari nelle quantità adeguate al sostegno delle missioni, evitando di turbare l'equilibrio ambientale; chiarire i criteri per l'installazione di stazioni abitate o non abitate, sopra o sotto la superficie della Luna.

Gli Artemis Accords, che otto paesi, tra i quali l'Italia, hanno negoziato e sottoscritto il 13 ottobre dell'anno scorso, costituiscono un importante passo in avanti al riguardo. Strumento politico di alto livello, sebbene non vincolante, essi identificano i principi per la cooperazione nell'esplorazione e uso della Luna, di Marte, delle comete e degli asteroidi per scopi pacifici che gli Stati partecipanti al programma Artemis della NASA si impegnano ad applicare per contribuire a una presenza umana sostenibile



sulla Luna e promuovere la collaborazione commerciale delle loro industrie.

Ai critici va detto che anche in passato il diritto spaziale internazionale si è sviluppato non solo attraverso trattati di carattere universale, ma anche con accordi multilaterali relativi a specifici programmi spaziali, da svolgere tra un gruppo più limitato di paesi, come nel caso dell'Accordo del 1998 sulla Stazione Spaziale Internazionale. Gli Artemis Accords, del resto, riaffermano l'applicabilità dei trattati spaziali delle Nazioni Unite, in particolare del Trattato del 1967, del quale costituiscono uno strumento di attuazione, e introducono nuovi paradigmi per una esplorazione spaziale basata su trasparenza, interoperabilità e condivisione dei dati scientifici. Inoltre, essi contribuiscono a ridurre l'incertezza giuridica che circonda alcune questioni controverse, come l'estrazione e l'utilizzo

delle risorse naturali dei corpi celesti, che non costituiscono intrinsecamente una forma di appropriazione, e delineano strumenti particolarmente innovativi per prevenire la conflittualità, come quelli sul funzionamento di zone di sicurezza attorno agli impianti lunari.

Le dottrine giuridiche sono quindi chiamate a impegnarsi nel promuovere l'adeguamento del contesto giuridico alle nuove esigenze spaziali dell'umanità e a sottolineare il ruolo che spetta ai singoli Stati nel dare attuazione, nei loro sistemi giuridici interni, alle norme, regole, linee guida e buone pratiche che si vanno consolidando per favorire i nuovi usi dello Spazio. Non si tratta di colonizzare il cosmo in analogia con quanto avvenuto in passato nei continenti terrestri, ma di predisporre le basi giuridiche per la possibile estensione della civiltà umana, oltre le giurisdizioni nazionali, allo Spazio celeste. ■

Non si tratta di colonizzare il cosmo in analogia con quanto avvenuto in passato nei continenti terrestri, ma di predisporre le basi giuridiche per la possibile estensione della civiltà umana, oltre le giurisdizioni nazionali, allo Spazio celeste



Si può illuminare un cielo melmoso e nero?
 Francesca Leone, 2020,
 olio su lamiera di recupero,
 installazione, galleria
 Magazzino, Roma.
 Foto di Giorgio Benni

NICOLA MIRENZI

OPPORTUNITÀ POLITICHE PER L'EUROPA

All'inizio della storia spaziale europea, ci sono due affettuose parole in lingua italiana: «Caro Gino». È il 16 dicembre 1958 ed Edoardo Amaldi, uno dei fisici che ha promosso l'istituzione del CERN di Ginevra, invia una lettera a Luigi Crocco, allora professore a Princeton: «Ho riflettuto – scrive – sulla possibilità di sviluppare in Europa un'attività adeguata nel campo dei razzi e dei satelliti. È ora del tutto evidente che il problema non è alla scala di paesi come l'Italia, ma solo alla scala dei continenti. Ne segue che se si vuole organizzare la cosa ciò debba essere fatto su scala europea».

Dal giorno in cui sono state scritte queste parole a oggi – e anche grazie alla loro precoce precisione d'analisi – l'Europa è diventata una delle potenze spaziali più importanti del mondo. «Una presenza molto sofisticata nello Spazio», la definisce Nayef Al-Rodhan, capo del dipartimento di Geopolitica e programmi per il futuro globale dell'Università di Oxford, uno dei maggiori esperti globali di studi spaziali. Ci torneremo più avanti all'analisi Al-Rodhan e alle sue implicazioni politiche. Partiamo da una considerazione economica. Nel settore spaziale l'Europa è la seconda forza al mondo. Il fatturato dell'industria spaziale europea è arrivato a costituire pressoché il 20% di quello mondiale (circa 70 miliardi), facendo lavorare nel settore 250.000 persone. L'Unione europea ha lanciato una nuova strategia nel 2016 e l'ha messa a punto quest'anno. Nella programmazione finanziaria che va dal 2021 al 2027 ha aumentato i fondi per lo Spazio da 9,3 miliardi di euro a 14,8. A maggio, ha rivisto la strategia industriale dell'UE e si è proposta di creare nuove alleanze industriali tra i paesi europei nel campo (soprattutto) dei lanciatori spaziali, un mercato nel quale l'Europa primeggia, producendo attualmente due lanciatori: Ariane e Vega.

«Negli ultimi dieci anni – racconta a “Civiltà delle Macchine” Luca del Monte, capo della divisione di politica industriale dell'ESA –, accanto alla dimensione geostrategica dell'esplorazione e controllo dello Spazio, si è sviluppata una nuova dimensione: la dimensione commerciale dello Spazio. In Europa, nel periodo 2019-20, gli investimenti sono cresciuti del 12%. Nel mondo, dell'8». C'è chi parla di una nuova rivoluzione industriale, chi di una seconda era della corsa allo Spazio, del tutto diversa dalla prima, sviluppatasi durante la guerra fredda, e monopolizzata da interessi strategici, tecnologici e militari. «Il campo spaziale – conferma Giorgio Saccoccia, presidente dell'Agenzia Spaziale Italiana – si è trasformato notevolmente negli ultimi anni e sia l'Europa sia i singoli paesi europei operano in tutti i suoi settori, dalla geolocalizzazione al monitoraggio dell'ambiente e del patrimonio culturale e artistico, alla prevenzione dei disastri naturali, alla telemedicina, all'agricoltura di precisione, al monitoraggio delle acque e delle coste».



*Waking up at Night in the
Middle of the Day #2,
Rä di Martino, 2010, stampa
a pigmenti su carta baritata*



Lo Spazio non ha perso la sua dimensione strategica e geopolitica. Il problema principale dell'Europa, quando si entra in questo territorio, è che la visione di Edoardo Amaldi non è stata ancora completamente realizzata

Lo Spazio, tuttavia, non ha perso la sua dimensione strategica e geopolitica. Il problema principale dell'Europa, quando si entra in questo territorio, è che la visione di Edoardo Amaldi non è stata ancora completamente realizzata. Le parole del fisico italiano, alla fine degli anni Cinquanta, vennero accolte dal francese Pierre Auger e, insieme, i due riuscirono a promuovere l'avvio della collaborazione tra gli Stati europei nel settore spaziale, concretizzatasi già all'inizio degli anni Sessanta, con la creazione, prima, dell'Organizzazione europea della ricerca spaziale e, poi, di quella per lo sviluppo dei lanciatori. Erano passati sei anni dalla nascita della Comunità europea del carbone e dell'acciaio e lo Spazio divenne uno dei primi campi in cui si sperimentarono processi di collaborazione europea. I risultati arrivarono. Tanto che dalla fusione di queste due prime organizzazioni spaziali, nel 1975, nacque la European Space Agency, tuttora in funzione (anche se con dei limiti).

«L'ESA – spiega Alessandro Gili, ricercatore dell'Istituto per gli studi di politica internazionale – non è un'istituzione dell'Unione europea». L'articolo 189 del Trattato di Lisbona stabilisce che l'Unione deve elaborare una «politica spaziale europea», ma stabilisce che per realizzarla l'Unione deve collaborare con l'ESA, ovvero un

organismo esterno ai Trattati, e dentro il quale ci sono anche dei paesi che non fanno parte dell'Europa, come la Gran Bretagna e la Norvegia. Poi, ci sono le agenzie spaziali dei singoli paesi. «È un *vulnus* nel quadro spaziale europeo – spiega Gili – perché questo significa che non c'è un'agenzia spaziale che risponde direttamente alle decisioni assunte in seno alla Commissione e al Consiglio europeo». Non è solamente una questione di confusione istituzionale, ma riguarda la capacità di indirizzo politico dell'Unione europea, in un settore in cui i concorrenti internazionali – gli Stati Uniti, la Cina e la Russia – possono invece contare su una visione coerente e unitaria.

«Anche nell'ambito spaziale – dice Michele Nones, vicepresidente dell'Istituto di affari internazionali – l'Europa paga lo scotto del ritardo dell'integrazione politica. La potenzialità dell'UE, nel campo spaziale, è enorme: per il livello di conoscenza scientifica, per lo stato di avanzamento tecnologico, per l'esperienza accumulata in tutti questi anni. L'Europa avrebbe le carte in regola per essere un grande attore della politica spaziale, ma essa è il risultato dell'intervento di una pluralità di soggetti, non di una guida unica, e ciò rende l'azione parecchio frastagliata». Anche per far fronte a questo problema, dopo l'uscita della Gran



Bretagna dall'Unione, è stata creata a maggio l'EUSPA, l'Agenzia dell'Unione europea per il programma spaziale, dalla fusione di due precedenti programmi, il Copernicus e il Galileo. La Commissione ha stabilito anche nuove regole per la collaborazione con l'ESA. Ma, secondo Nones, potrebbe non essere sufficiente.

«La forza e la capacità dell'Europa – dice – sono superiori a quelle della Cina e della Russia, ma la dispersione istituzionale la indebolisce, rendendo l'Europa anche potenzialmente vulnerabile». Il controllo dello Spazio è diventato fondamentale per la sicurezza sulla Terra. I sistemi di geolocalizzazione (l'Europa ne ha uno proprio, che si chiama Galileo) sono indispensabili per gestire e osservare i movimenti, ma sono anche uno degli obiettivi più sensibili dei modernissimi assalti hacker. Un nuovo terreno di conflitto. Il professor Nayef Al-Rodhan ha creato un concetto per definire questo campo inedito della storia umana: la "meta-geopolitica". Lo ha fatto in un libro scritto nel 2012, dal titolo "Meta-Geopolitics of Outer Space". Oggi, a "Civiltà delle Macchine", spiega: «L'umanità sta diventando sempre più, e irreversibilmente, dipendente dallo Spazio per i suoi bisogni quotidiani, sia in pace, sia in guerra. Alcuni sistemi di sicurezza sulla Terra funzionano grazie a sofisticate risorse spaziali

dalle quali dipende la gestione di alcuni problemi geopolitici. Dunque, uno Stato che ha risorse spaziali più sofisticate sarà ovviamente più potente geopoliticamente, economicamente, diplomaticamente e militarmente qui sulla Terra». Ma che uso farà di questa forza?

In un celebre discorso alla nazione del 1962, il presidente degli Stati Uniti John Fitzgerald Kennedy riuscì a mobilitare il consenso dell'opinione pubblica americana a favore della corsa spaziale statunitense, in quel momento ancora in ritardo rispetto all'Unione Sovietica, trasformando lo Spazio in una nuova frontiera del sogno americano, un altro terreno nel quale declinare il proprio eccezionalismo. Anche per la Russia e per la Cina lo Spazio fa parte di un grande racconto nazionale. «Mentre i paesi membri dell'Unione europea – spiega Gili – non hanno mai creato una narrazione della sfida spaziale così forte come quella americana o russa». Ovvio che queste opposte narrazioni hanno la potenzialità di diventare fonte di nuove tensioni, nelle quali anche i paesi europei si troverebbero coinvolti.

«Nel dicembre del 2019 – racconta Nayef Al-Rodhan – la NATO ha dichiarato lo Spazio un "dominio di guerra", facendo aumentare le possibilità di un conflitto spaziale». Ma come si dovrebbe comportare l'Europa in uno scenario del genere? La risposta che dà Nayef Al-Rodhan è che «l'Europa dovrebbe assumere un ruolo di leadership nel mitigare il potenziale di militarizzazione e conflitto, promuovere un uso pacifico e sostenibile dello Spazio, lavorare alla stipula di nuovi trattati internazionali, giuridicamente vincolanti sul codice di condotta nello Spazio». Un progetto, questo, che va nella direzione opposta a quella nella quale si stanno muovendo alcuni paesi europei come la Francia, che ha creato un comando militare spaziale, rinominando l'aviazione Armée de l'Air et de l'Espace, ma anche all'idea di una parte dell'opinione pubblica europea, che da anni preme per una difesa comune, dalla quale difficilmente si potrebbe escludere lo Spazio.

L'Europa si trova così al bivio individuato da Robert Kagan nel suo saggio "Of Paradise and Power: America and Europe in the New World Order" (2003), nel quale sosteneva che gli americani e gli europei dalla fine della seconda guerra mondiale si erano scambiati radicalmente i ruoli: prima era l'Europa il continente di Marte, nel quale si prendeva in considerazione l'idea che i conflitti si potessero risolvere anche con la forza, mentre gli Stati Uniti scendevano sulla Terra da Venere, credendo che con delle buone regole si sarebbe potuta mantenere la pace e la prosperità. Poi, le posizioni si sono ribaltate, come fu evidente all'appuntamento del dopo 11 settembre. Ma oggi, di fronte alla sfida spaziale, la scelta si ripropone all'Europa: considerare Marte, oppure puntare tutto su Venere? Chissà cosa avrebbe scelto Edoardo Amaldi. ■

«L'Europa dovrebbe assumere un ruolo di leadership nel mitigare il potenziale di militarizzazione e conflitto, promuovere un uso pacifico e sostenibile dello Spazio, lavorare alla stipula di nuovi trattati internazionali, giuridicamente vincolanti sul codice di condotta nello Spazio»

*No More Stars (Star Wars),
Rä di Martino, 2010, stampa
a pigmenti su carta baritata*





GABRIELLA ARRIGO

L'esplorazione dello Spazio non è solo una sfida scientifica, tecnologica ed economica, è una sfida morale e culturale

A fronte e nelle pagine a seguire: *AbstrAct*, immagini di Mattia Mognetti, 2012

PEOPLE, PLANET, PROSPERITY

People, Planet, Prosperity è la trilogia che la presidenza italiana del G20 (il Gruppo dei 20 paesi che con l'Unione europea rappresentano circa il 90% del PIL mondiale e l'80% del commercio) ha scelto per guidare il Forum dei grandi nel 2021. A una prima associazione, la combinazione delle tre parole *persone, pianeta, prosperità* richiama le civiltà dei nativi americani, quelle precolombiane e agricole dell'antica Europa continentale e mediterranea, in cui la natura era l'elemento di unione tra le persone e la Terra e che, proprio in questa sua funzione armonica ed ecologica, produceva benessere e sviluppo. La trilogia scelta sembra rispondere a una precisa concezione della comunità internazionale legata alla cura dell'individuo, dell'ambiente e di una economia sostenibile che non crea disuguaglianze, ma opportunità per tutti. Le tre P si saldano a iniziative di potente richiamo, come il Green Deal e il Recovery Fund dell'UE.¹

Il 20 settembre 2021, a Roma, presso la sede dell'Agenzia Spaziale Italiana, i responsabili delle agenzie spaziali nazionali² e i leader delle industrie aerospaziali dei paesi del G20 si riuniranno nel secondo Space Economy Leaders Meeting nella consapevolezza che l'economia spaziale è un pilastro importante dell'economia globale. Le delegazioni dei maggiori paesi spaziali si confronteranno sul trinomio People, Planet, Prosperity declinato all'ambiente spaziale.

Dagli ultimi dati rilevati, l'economia spaziale globale nel 2020 è stata di circa 424 miliardi di dollari. I paesi coinvolti in vario modo nelle

attività spaziali sono stati 88. Dieci di essi hanno un budget annuale per i programmi spaziali di circa un miliardo di dollari.³ Il budget dei governi del G20 era pari a circa 79 miliardi di dollari nel 2019.⁴ I governi del G20 hanno tutto l'interesse a utilizzare i vantaggi e i benefici generati dalle attività spaziali, in termini di applicazioni (infrastrutture critiche, difesa, gestione del territorio, grandi rischi, localizzazione, telecomunicazioni, agricoltura di precisione, sanità), di tecnologia e innovazione (ambiente, *climate change*, digitalizzazione, sicurezza), di sviluppo sociale (occupazione, accesso ai mercati, uguaglianza di genere, sviluppo sostenibile, inclusione delle diversità).

I sistemi spaziali hanno ripetutamente dimostrato di essere in grado di fornire soluzioni uniche per comprendere, monitorare e rispondere alle diverse emergenze locali e globali. Anche l'emergenza causata dalla pandemia di Covid-19 ha messo alla prova i sistemi spaziali: nel corso del 2020 le soluzioni spaziali, infatti, si sono rivelate preziose in tutte le fasi della gestione della crisi, dal monitoraggio e valutazione della situazione all'attivazione di risposte, all'accelerazione della ripresa, ma anche al sostegno degli sforzi di ricerca epidemiologica. L'osservazione dallo Spazio ha permesso di visualizzare il *lockdown* delle città, di monitorare gli effetti sull'ambiente e sulle attività economiche, ha contribuito a facilitare il processo decisionale e ha dato trasparenza all'attuazione delle misure di contenimento.⁵ Diversi sono stati i paesi che hanno investito in progetti e tecnologie spaziali per contrastare o monitorare la pandemia.⁶

Ma vediamo nel dettaglio come le tre P impattano sulle attività spaziali dei paesi del G20.

Persone Popolazioni, cittadini, comunità statali, regionali e internazionali utilizzano ormai sempre di più le tecnologie spaziali per muoversi, per proteggersi, per contarsi, per colmare distanze remote, per educare e sanare a distanza, per contribuire al raggiungimento dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.

Pianeta È la nostra Terra vista dallo Spazio, fragile, come diceva l'astronauta Luca Parmitano dopo sette mesi di missione Beyond nel febbraio 2020. La tecnologia spaziale con i satelliti e i sensori di precisione ha il dovere morale di proteggerlo, controllare il suo ambiente con il clima, il territorio, le acque, le montagne, l'agricoltura, il ciclo delle colture e dell'alimentazione. Possiamo monitorare l'inquinamento dell'aria, ma anche dello Spazio intorno alla Terra, pieno ormai di detriti e oggetti pericolosi per le attività spaziali.

Prosperità L'utilizzo sociale delle tecnologie spaziali in modo inclusivo e sostenibile può fare la differenza tra i diversi modelli economici. L'economia spaziale non solo può generare ricchezza, ma può creare "ricchezza buona", quella del benessere sociale diffuso che concretamente significa utilizzare la tecnologia spaziale per colmare disuguaglianze, diversità, per evitare conflitti, mantenere stabilità e pace.

Le tre P ci aprono, dunque, a una visione cosmica in cui l'uomo, connesso intrinsecamente alla natura, è capace di lasciare la Terra per esplorare "altre Terre" e "altri mondi".⁷ L'esplorazione dello Spazio non è solo una sfida scientifica, tecnologica ed economica, è una sfida morale e culturale. Abbiamo assistito dagli

anni Sessanta a oggi, almeno in campo statunitense, al passaggio dall'Apollo 11 allo Shuttle della NASA, fino al Crew Dragon di SpaceX. Un progressivo sviluppo tecnologico e, insieme, culturale dell'uomo che utilizza la macchina per espandere la conoscenza ed esprimere il meglio di sé.⁸ Per realizzare tutto ciò occorrono, tuttavia, comportamenti responsabili, conoscenza, consapevolezza e sincera volontà di cooperare. Una cooperazione che per l'Italia passa dai paesi del Mediterraneo, tocca il Nord Africa, fino ai paesi insulari e del retroterra, che pur non avendo sbocchi sul mare, ne condividono la cultura e le tradizioni.

La presidenza italiana del G20 e, in particolare, quella dello Space Economy Leaders Meeting può lanciare una proposta ambiziosa e lungimirante, un patto generazionale:⁹ far sì che lo Spazio entri a pieno titolo nell'agenda del G20 per la densità e la pregnanza del suo valore sociale, culturale e politico, ancor prima di quello economico. L'Agenzia Spaziale Italiana ha assunto l'impegno di raccogliere, tra le agenzie spaziali e le industrie del G20, un set di raccomandazioni da presentare ai capi di Stato e di governo. Tra queste, anche la proposta di istituire un G20 Space Advisory Board, che possa acquisire nel tempo la rilevanza e l'autonomia di un gruppo di lavoro G20, e uno Space G20 Industrial Track, che possa favorire la nascita di un network internazionale, capace di sostenere e accompagnare la futura evoluzione della componente Space economy all'interno del G20 e dei suoi *engagement groups*. La trilogia persone, pianeta, prosperità, combinata allo Spazio, sarà il filo conduttore dell'evento del prossimo 20 settembre 2021, quale sintesi di una visione italiana del mondo, dell'uomo e di un'economia sostenibile. ■

¹ Si veda S. Stefanini, *La scelta delle tre P: persone, pianeta, prosperità*, in "Formiche", n. 163, novembre 2020.

² Oltre alle agenzie spaziali nazionali dei paesi G20 sono stati invitati anche l'Ufficio degli Affari Spaziali delle Nazioni Unite (UNOOSA), l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e lo Space Forum dell'OCSE.

³ US Space Foundation, *The Space Report 2020*.

⁴ *Measuring the economic impact of the space sector. Background paper for the G20 Space Economy Leaders' Meeting*, OECD 2020.

⁵ *ESPI Yearbook 2020: Space Policies, Issues and Trends*, 2021.

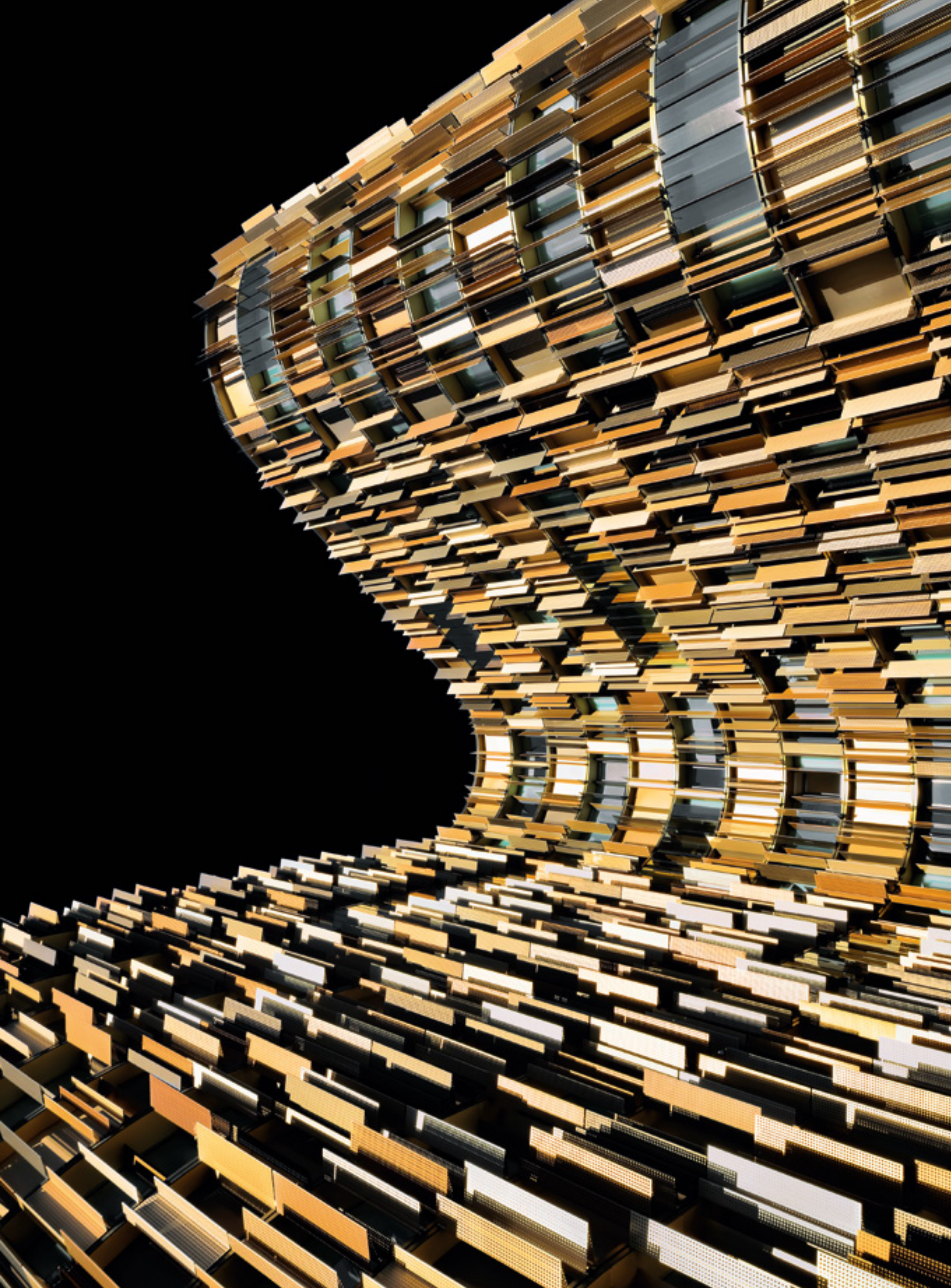
⁶ ASI, attraverso ESA, ha investito 10 milioni di euro per sviluppare applicazioni di assistenza sanitaria e di formazione.

⁷ INAF, *Verso altre Terre? La ricerca dei pianeti extrasolari nella Storia e Destinazioni altri mondi*.

⁸ P. Benanti, *Le macchine sapienti*, Ed. Marietti, Bologna 2018.

⁹ Allo Space Economy Leaders Meeting 2021 ASI ha invitato anche i rappresentanti dello Space Generation Advisory Council (SGAC) per avere garantita la componente e la visione dei giovani.





DANIELA SESSA

Cosmogonia, Enzo Cucchi,
2013, arazzo su tela di lino,
cotone, inserti di tessuto
e cuciture

STORIA DIMENTICATA DEL CIELO NOTTURNO

LE DUE LUNE DI ERIK ASPHAUG

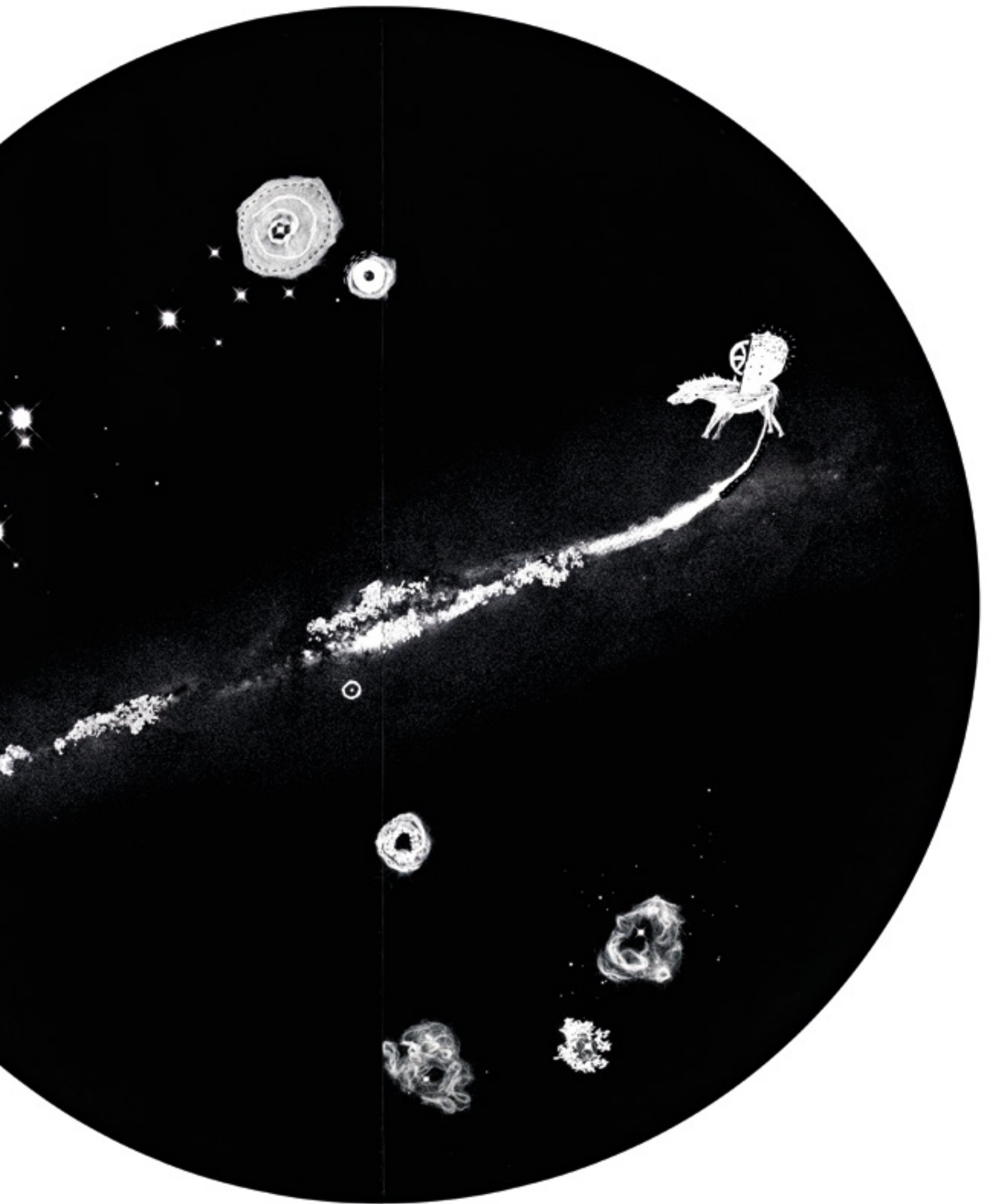
Erik Asphaug è professore nella facoltà di LPL del dipartimento di Scienze Planetarie dell'Università dell'Arizona. Ha origini norvegesi, le sue ricerche sugli asteroidi gli sono valse il Premio Urey e il nome dell'asteroide 7939. In "When the Earth Had Two Moons", pubblicato in Italia da Adelphi nel 2021, Asphaug conferma quanto sia sottile il confine tra scienza, filosofia e poesia. Il libro è un resoconto letterario della teoria dell'accrescimento della formazione della Luna, sviluppata insieme a Martin Jutzi, in cui l'autore racconta la sua passione per la Luna e per il nostro pianeta, mostrando una visione quasi politica sulla crisi climatica e sul futuro dell'esplorazione spaziale: da scienziato e da uomo pragmatico, come lui stesso si definisce.

In "Quando la Terra aveva due lune" descrive con dovizia di particolari narrativi la teoria del doppio impatto per spiegare le asimmetrie sulla Luna. Cosa si intende per diversità planetaria? Spiegare la nascita dei pianeti è un'impresa ricca di mistero. Ammesso che sia possibile, naturalmente. Da un lato intendiamo elaborare un'ipo-

tesi che chiarisca il motivo per cui i corpi celesti sono così diversi tra loro, dall'altro lato non vogliamo che il nostro lavoro venga paragonato a quello di un cuoco: noi non mescoliamo ingredienti fino a ottenere la ricetta migliore per ogni pianeta. Se la ricetta dà origine a un pianeta con massa pari a quella della Terra, l'esperienza ci insegna che possiamo ottenerne uno simile alla Terra, oppure a Venere (il pianeta accanto): in altre parole, è un elemento casuale a guidare il processo che porta a una tale diversità, il che a mio avviso significa che la ricetta dev'essere suscettibile al caos.

Per quanto riguarda la Luna, la diversità planetaria ci guarda dritto negli occhi mentre osserviamo le pianure vulcaniche della superficie rivolta verso di noi, dove gli astronauti sono atterrati cinquant'anni fa e dove presto ritorneranno. Il lato non visibile della Luna è un altopiano emisferico costituito da montagne più alte di quelle del Tibet, formato da rocce completamente diverse da quelle che compongono il lato vicino. La geologia della Luna si divide in due metà. Qual è la sua composizione? È qui che entra in gioco la nostra ipotesi, secondo cui la Terra aveva due lune.





Fino a che punto la sua teoria è rivoluzionaria?

È come capovolgere un'antica idea. Gli altopiani erano la Luna vecchia, quella originale. Si è poi verificato un impatto enorme su quello che (ora) è il lato vicino, trasformandolo in un cratere. Il lato lontano si è invece trasformato in un ammasso di materiali espulsi. Tuttavia, è emerso che la quantità di materiali espulsa dai crateri non è sufficiente per formare un tale ammasso in seguito a un impatto di potenza ragionevole. Alcuni hanno ipotizzato una sequenza di sette crateri, tutti su un solo lato della Luna, il che è plausibile ma sarebbe come lanciare una moneta e ottenere testa sette volte di fila. Perciò abbiamo considerato la possibilità di un impatto "lento" (ma comunque più veloce di un proiettile) contro le rocce, più lento della velocità del suono, che non provocherebbe grandi fusioni ma solo una notevole deformazione. Il lato lontano sarebbe un cumulo di rocce frantumate grande quanto la Luna.

Il lavoro è appena iniziato, e adesso la parte difficile è analizzare tutte le implicazioni. Prima o poi sarà necessario elaborare modelli e svolgere calcoli, e non è possibile approfondire ogni aspetto, perciò le nostre domande potrebbero dover aspettare fino a quando non disporremo di una rete di sismografi lunari e non saremo in grado di risolvere direttamente la questione della "spalmatura sul lato lontano della Luna".

Lei è un esperto di asteroidi. Nel 2019 la NASA ha scoperto numerosi grandi NEOs (Near-Earth Objects), perché è importante questa scoperta?

Mi vengono in mente tre motivi: il rischio che rappresentano in termini d'impatto, le informazioni scientifiche che custodiscono sulle origini dei pianeti e il loro potenziale in fatto di risorse, non necessariamente in quest'ordine. Vista la concorrenza per accaparrarsi non solo risorse preziose quali litio ed elementi terrestri rari come il platino, ma anche semiconduttori e altri componenti elettronici per costruire telefoni e macchine a guida autonoma, è interessante osservare che basterebbe catturare un singolo asteroide e farlo orbitare intorno alla Luna per soddisfare le esigenze delle industrie elettroniche di tutto il mondo per i secoli a venire, e questo senza devastare il paesaggio e la biosfera terrestri. Per quanto riguarda l'immediato futuro, i NEOs rappresentano una minaccia globale, in quanto trattati di oggetti che potrebbero precipitare ovunque sulla Terra. Ritengo però che rappresentino una minaccia meno grave rispetto al cambiamento climatico e alle pandemie, oltre che mete ambite per esplorazioni con e senza astronauti. Esplorare lo Spazio vicino, ossia il nostro "luogo di residenza" dal punto di vista dell'universo, e scoprire i suoi segreti è una parte essenziale della natura umana.

Proviamo a capovolgere la prospettiva più diffusa: osservare la Terra dalla Luna, ossia dall'alto, può portare vantaggi nella cura dell'ecosistema terrestre?

La famosa fotografia "Earthrise" scattata sulla Luna dall'astronauta dell'Apollo 8 Bill Anders ci ha portato a riconoscere che la Terra è solo una piccola sfera nel mare dello Spazio, quella biglia blu che noi chiamiamo casa. La nostra preziosa biosfera è esposta all'immensa infinità dello Spazio, a cui potrebbe importare di noi o forse no (probabilmente no): per questo la Terra sembra così vulnerabile a qualunque minaccia esterna. Purtroppo la minaccia più grave alla biosfera terrestre viene dall'interno, ossia dagli umani: la specie più egoista e arrogante che esista.

Il suo libro si conclude con una provocazione: un giorno sarà più facile arrivare sulla Luna piuttosto che su Marte, e oggi l'esplorazione spaziale punta a soddisfare le esigenze della Terra e del suo clima. Lo studio del clima sarà la sua prossima sfida?

Concordo sul fatto che la scienza climatica rappresenti il quadro più ampio del nostro futuro. Qual è la soluzione? Riunire tutti gli scienziati e gli ingegneri del mondo, e credo che stia già accadendo: le nostre avventure nello Spazio ne sono l'esempio perfetto. Le missioni Apollo si sono svolte in concomitanza con la nascita del movimento ambientalista, sebbene non sia stato fatto abbastanza rispetto ai chiari allarmi scientifici sulla fragilità del nostro clima e della nostra biosfera. Adesso invece siamo attenti eccome, e quando dico "siamo" mi riferisco ai *policy maker*. Tuttavia, non possiamo sperare di risolvere la crisi climatica senza la convinzione ispiratrice secondo cui siamo in grado di fare grandi cose. Possiamo quindi avere successo e accumulare preziosa esperienza compiendo passi relativamente piccoli quali l'invio di lander robot sulla Luna e su Marte. Quest'avventura è in grado di ispirare i robot che elimineranno la plastica dagli oceani e che forse ripristineranno i paesaggi devastati e planteranno alberi per riassorbire l'anidride carbonica. Talvolta occorre prendere vie traverse per imboccare il sentiero del successo. Siamo dovuti andare sulla Luna per fotografare la nostra fragile Terra.

Cosa sta studiando al momento?

Sto lavorando a un progetto volto a inserire piccoli lander robot in un tubo di lava sulla Luna. Non abbiamo mai esplorato il sottosuolo lunare, ma sarebbe un'impresa potenzialmente semplice; questi cunicoli (lucernari lunari) potrebbero diramarsi per decine di chilometri, diventando caverne molto lunghe. Un po' come in "Viaggio al centro della Terra" di Jules Verne, però sulla Luna (e non verso il centro). Questi tubi di lava si sono solidificati negli strati superiori di flussi di lava massicci: pensiamo

alle caverne di lava sull'Etna, e adesso immaginiamo qualcosa con diametro dieci volte maggiore. Gli astronauti potrebbero abitarci, riparandosi dalle radiazioni cosmiche. Potrebbero esserci depositi di ghiaccio d'acqua da cui ricavare ossigeno respirabile, carburante e acqua potabile. Si tratta di un sogno, un'impresa. Sulla Luna è inoltre possibile trovare rocce espulse dalla Terra, e probabilmente piccoli frammenti contenenti forme di vita fossilizzate provenienti dall'era in cui la vita sulla Terra cominciava a evolversi. Un cimelio storico da tempo andato perduto e che potrebbe essersi conservato sul suolo lunare sotto forma di piccoli frammenti. Per questo motivo continuo a guardare alla Luna.

Questo è l'anno del G20 dello Spazio. La ricerca spaziale si sta muovendo in diverse direzioni, una delle quali è economica: un piano d'azione che garantisca investimenti e gestione dei profitti. La quinta rivoluzione industriale è già arrivata oppure stiamo parlando solo di proprietà territoriali sulla Luna e su Marte?

Forse ci stiamo arrivando. La NASA ha aperto le porte a opportunità commerciali per viaggi



spaziali sulla Luna, fornendo sostegno diretto a circa una dozzina di aziende private che stanno sviluppando lander per consegnare carichi a scienziati e non scienziati. Chi vuole potrà far tumulare sulla Luna le ceneri della nonna scomparsa. Forse le aziende del futuro avranno un cimitero robotizzato, un luogo su cui Stephen King e il fantasma di Kurt Vonnegut potrebbero scrivere libri.

Analogamente, le altre missioni hanno scopo di profitto: se viene scoperto un affioramento di ghiaccio in un tubo di lava lunare, chi lo scopre possiederà i dati che potranno guidare altre persone verso lo stesso punto. Di certo non siamo ancora arrivati alla fase in cui un'azienda privata può "possedere" una porzione di Luna, tuttavia i diritti in materia di dati sono chiari.

Ora come ora sembra un po' il "selvaggio west", in quanto le regole sono in fase di elaborazione. La mia preoccupazione è che potremmo devastare quei paesaggi incontaminati, poiché noi umani abbiamo dimostrato di non saperci prendere cura nemmeno del nostro pianeta, tuttavia mi auguro che la cooperazione internazionale possa tradursi in una gestione planetaria esemplare.

La prossima missione spaziale importante sarà Artemis. Qual è la sua opinione in proposito e del Lunar Gateway?

Il Lunar Gateway è ancora in fase di elaborazione, quindi si trova in un momento pericoloso per un'idea che sta diventando realtà. Per motivi legati alla situazione attuale (ossia al budget), non è compatibile con il modo in cui raggiungiamo la Luna. La distanza che separa la Terra dalla Luna è inferiore a quaranta volte quella che separa Tucson da Roma (10.000 km), per cui possiamo arrivare a destinazione con meno lanci spaziali, il che significa un minor numero di missioni fallite, perciò ha molto più senso raggiungere direttamente la Luna. Allora perché creare un Gateway? Beh, perché è lungimirante. Tutti sanno che, qualunque futuro ci attenda nello Spazio cislunare, l'umanità avrà bisogno di una stazione Gateway tra la Terra e la Luna. È l'investimento immobiliare per eccellenza. Tornando invece alla questione del clima, il Gateway è anche un luogo in cui è possibile monitorare la Terra da una posizione di vantaggio globale, con una gamma completa di strumenti che analizzano un intero emisfero durante la rotazione. Non si tratta solo di scienza o strumenti, bensì di lungimiranza. ■

La nostra preziosa biosfera è esposta all'immensa infinità dello Spazio, a cui potrebbe importare di noi o forse no (probabilmente no): per questo la Terra sembra così vulnerabile a qualunque minaccia esterna

Earthrise, foto di William Anders, 24 dicembre 1968



¹ E. Asphaug, *When the Earth Had Two Moons: the lost history of the night sky*, HarperCollins, New York 2020, trad. it., *Quando la Terra aveva due lune. La storia dimenticata del cielo notturno*, Adelphi, Milano 2021.

 MASSIMILIANO PANARARI

 David Bowie in *L'uomo che
cadde sulla Terra*,
di Nicolas Roeg, 1976

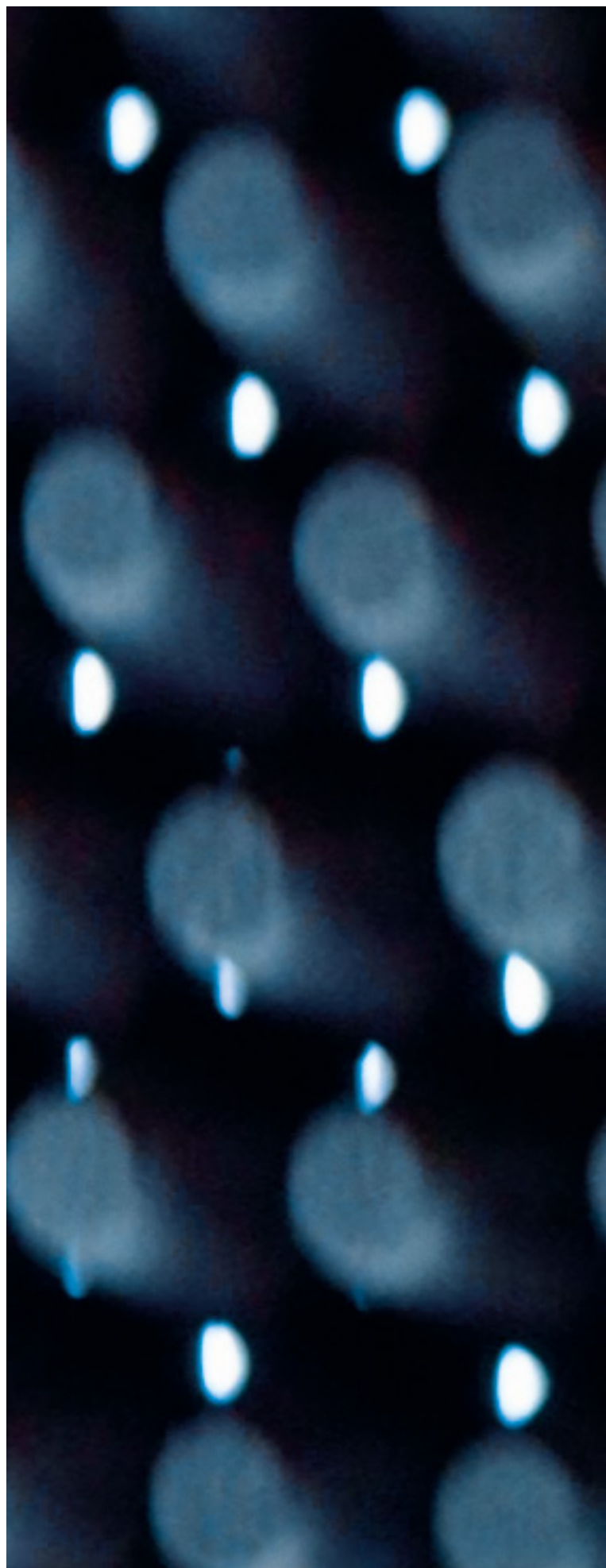
LONTANO SOPRA IL MONDO

DA BABILONIA A SPACE ODDITY

«**T**anto tempo fa, in una galassia lontana lontana...». Come non ricordarselo: è l'immortale (e immarcescibile) incipit di "Star Wars". E, difatti, se dovessi scegliere due simboli esemplari di quello che è l'immaginario dello Spazio, ci metterei senza ombra di dubbio la *Space opera* "Guerre stellari", e quel capolavoro assoluto della settima arte che è "2001: Odissea nello Spazio". Vale a dire, i due film che hanno generato, e rigenerato, la fantascienza cinematografica.

Stanley Kubrick coltivava parecchie ossessioni. Tra le quali – aspetto che rappresenta un pilastro della sua filosofia del cinema – quella dello sguardo. L'atto del guardare – fondamento dell'arte cinematografica – si rinnovò nella fantascienza, in particolare grazie al suo film del 1968 (scritto insieme ad Arthur C. Clarke, autore del racconto "The Sentinel", a cui la pellicola si ispira) che costituisce un'esperienza visionaria e totalizzante per l'occhio – e pure per l'orecchio – dello spettatore. Una pellicola così immersiva ed esperienziale, appunto – come si direbbe oggi – da aver lasciato un segno in generazioni di spettatori, insieme a vari quesiti perturbanti sull'epilogo (e sull'evoluzione della specie umana tra intelligenza artificiale *ante litteram* e postumano trascendente, pure quello molto in anticipo sui tempi). Un immaginario spaziale meditativo e filosofico, cui fa da contraltare l'altro film galattico, la saga stellare "Star Wars". Gioia per gli occhi, giocattolone dell'alba dell'età postmoderna, *chanson de geste*, film epico e corale, tutto basato sull'intrattenimento (con una spruzzata dell'eterno tema di fondo, la lotta tra bene e male).

Ma quanto piace (e ci piace) lo Spazio. Immaginarlo e anche ascoltarlo: e per rimanere dalle parti delle preferenze e dei gusti personali, i suoni delle galassie sono quelli de "I pianeti", la suite composta da Gustav Holst tra il 1914 e il 1916. E coincidono pure con alcune delle sonorità dei Pink Floyd, a partire da quelle di "The Dark Side of The Moon", l'album rimasto ininterrottamente in classifica per la bellezza di sedici anni, dal 1973 al 1988. Il manifesto dello *Space rock*, anche se Roger Waters respingeva sdegnoso questa etichetta, liquidandola come una qua-





lifica derivante semplicemente dalla presenza della parola Luna nel titolo del disco. Ma, verrebbe da dire persino al di là del pensiero dei diretti interessati, le note dei Pink Floyd fanno fluttuare nello Spazio chi le ascolta. *It's a matter of fact*, punto. Come avviene per quelle di "Space Oddity" (1969), il brano con cui David Bowie (alias David Robert Jones) imprimeva all'immaginario spaziale una declinazione giovanile hippy e psichedelica. E il cerchio, in qualche modo, si chiude, perché Bowie esce sconvolto e trasfigurato dalla proiezione di "2001: Odissea nello Spazio", al punto di voler comporre una ballad di genere fantascientifico che lasciasse un segno. Ecco "Space Oddity", mix di parole e *calembour* tra "Space Odyssey" (il titolo

come oggi, a distanza di migliaia di anni, giunti nell'età delle reti, della transizione digitale e del 5G, quando lo Spazio non rappresenta più solo un luogo da immaginare.

In apertura di "2001: Odissea nello Spazio" c'è l'irruzione del misterioso monolite nero destinato a stravolgere il destino dei primati che lo ritrovano (insieme al futuro dell'intero genere umano successivo). Un oggetto – di formidabile potenza rispetto all'immaginario del pubblico cinematografico – che si potrebbe pure (quante cose che si tengono...) eleggere a simbolo dell'archeoastronomia. Una disciplina – sorta negli anni Sessanta per iniziativa dell'astronomo americano Gerald Hawkins e dell'ingegnere scozzese Alexander Thom – ormai significati-

PICCOLO DATARIO SIMBOLICO



19
52

ALFA ROMEO DISCO VOLANTE,
GIOACCHINO COLOMBO
E CARLO CHITI

TOMORROWLAND,
AREA GIOCHI TEMATICA
DISNEYLAND, CALIFORNIA

19
55



BALL CHAIR,
EERO AARNIO

19
63



COLLEZIONE SPACE AGE,
ANDRÉ COURRÈGES

19
65



2001: ODISSEA
NELLO SPAZIO,
STANLEY KUBRICK

19
68

della pellicola kubrickiana) e "Space odd ditty" (che sta per "bizzarra" e "strana" filastrocca dello Spazio). Ed è la genesi di un successo travolgente, in un tempo nel quale le canzoni influivano davvero sulla vita degli individui (e potevano persino cambiarla).

Da sempre l'immaginario spaziale influisce sull'esistenza collettiva, perché Spazio e immaginario identificano un binomio che attraversa la storia dell'umanità, al tempo stesso atterrita e affascinata dai misteri di quello che, per parafrasare Immanuel Kant, è il «cielo stellato sopra di noi». Una propensione naturale per l'umanità fanciullina degli albori, che nulla conosceva, e da tutto era stupita, *in primis* dall'oscurità senza fine, puntellata di piccole luci, che intravedeva alzando lo sguardo sopra la propria testa. Ieri

vamente codificata (e seriamente considerata) tanto da costituire un complemento per gli studi di archeologia. Nell'antichità, l'osservazione dei cicli celesti era infatti indissolubile da un articolato e complicato apparato simbolico collegato con la religione, il culto funerario e la strutturazione sociale e del potere. Gli astri entravano nella gestione del tempo della vita, scandendo le attività economiche e della sussistenza (come la semina e il raccolto), al pari di quelle religiose e politiche.

All'incirca nel 3500 a. C., Babilonia fonde della fondazione di una religione cosmica imperniata sulle stelle, che stabiliva dei nessi profondi tra l'agire umano e le divinità astrali, secondo regole che si volevano dispensatrici di ordine e armonia. Fu in questo contesto che sorse l'a-

strologia, al medesimo tempo scienza e religione – e che in origine fu monopolio delle caste sacerdotali. Essa, mediante l'osservazione della volta celeste, interpretava l'universo come un Tutto retto da leggi eterne, dove l'uomo costituiva un microcosmo, riflesso del macrocosmo di astri e costellazioni che ne orientavano il destino. Furono i chierici-sapienti babilonesi ad attribuire ai pianeti i nomi delle divinità, trasmettendo questa pratica al mondo greco, il quale, a sua volta, riferì i connotati distintivi degli dei dell'Olimpo alle caratteristiche degli astri. Al pianeta rosso venne dato il nome del dio della guerra Ares-Marte, mentre a quello più lucente venne assegnato il nome della dea della bellezza, Afrodite-Venere. Al pianeta che si muove

luzione copernicana. Era la teoria del geocentrismo, elaborata dall'astronomo e astrologo Claudio Tolomeo (100 d. C. ca.-170 d. C. ca.), che collocava la Terra immobile al centro della sfera delle stelle fisse. Un'estensione, naturalmente, della visione cristiana che conferiva all'uomo il riconoscimento del figlio prediletto da Dio e che si ritrovava, pertanto, in senso non solo simbolico ma pure astronomico, posizionato con la sua dimora al centro del creato e dello Spazio conosciuto. Quest'ultimo destinato, dall'Umanesimo in avanti, a diventare un oggetto conosciuto sempre più intensamente indagato, con l'eliocentrismo di Niccolò Copernico che ridefinisce la collocazione spaziale dell'umanità, e fa da innesco alla rivoluzione dei giganti della

SPACE ODDITY,
DAVID BOWIE

19
69



PALAIS BULLES,
ANTTI LOVAG

BLADE RUNNER,
RIDLEY SCOTT

19
82



LAMPADA YANG,
CARLOTTA DE BEVILACQUA

IL PROBLEMA
DEI TRE CORPI,
LIU CIXIN



20
00

20
08

velocemente si attribui il nome del rapidissimo messaggero dell'Olimpo, Hermes-Mercurio, e a quello più possente la denominazione del padre e re dei divini, Zeus-Giove. Una tradizione mitologica che i Greci passarono ai Romani, e da loro giunse ai moderni e alla scienza astronomica – con Urano e Nettuno omaggiati, dopo le loro scoperte rispettivamente nell'Ottocento e nel Novecento, di denominazioni in continuità con quella prassi dell'antichità classica. Nella quale lo Spazio – ovvero la celeste dimora degli dei – era dietro casa o, per meglio dire, letteralmente al di sopra, sul Monte Olimpo, il più alto della Grecia.

Il Medioevo cristiano guardava alla volta stellata sempre secondo i precetti della concezione aristotelico-tolemaica, che il tomismo diffuse e radicò prima dello scoppio della rivo-

scienza (e della filosofia naturale) della prima modernità come Francesco Bacone, Galileo Galilei e Isaac Newton.

Da beniamino (e, spesso, figliol prodigo) del Dio della cristianità, il genere umano si trova catapultato in un altro Spazio, dove deve cavarsela da solo, entità periferica del macrocosmo, in forsennata battaglia contro i fantasmi che abitano il suo microcosmo interiore (e che nessuno, prima dell'avvento della psicanalisi, ha raccontato meglio di quell'altro titano della prima età moderna che è stato William Shakespeare). Ad assicurare la sopravvivenza – e la nuda vita – del singolo in tempi ardui e assai difficili è la nuova macchina assolutistica dello Stato, mirabilmente illustrata dal filosofo Thomas Hobbes. E a supportare l'individuo solitario ed errabondo,



Due bambini giocano con
un triciclo a forma di razzo,
Stati Uniti, 1962

che ha perso la sua posizione di privilegio anche sulla Via Lattea, giunge appunto la scienza, che rende via via più conoscibile lo Spazio attraverso la matematica, la fisica e l'astronomia e, al contempo, relativizza all'insegna di una dinamica irreversibile il principio del divino.

E lo Spazio entra pure tra i *trending topics* della letteratura, che aprirà le sue porte a un nuovo genere, quello della fantascienza. Secondo alcuni studiosi, infatti, è ascrivibile alla *science-fiction* (o, più propriamente, alla *fantasy*) – di cui offrirebbe uno dei primi casi magistrali (e archetipici) – anche l'“Orlando furioso” (1516), il poema cavalleresco di Ludovico Ariosto, dove Astolfo fa un salto, nel XXXIV canto, sulla Luna in compagnia di San Giovanni Evangelista per recuperare l'ampolla che contiene il senno perduto dal protagonista a causa della delusione amorosa. L'ippogrifo cavalcato dal paladino Astolfo si rivela assimilabile a un antesignano e un precursore fantastico dei vettori lanciati alla conquista dello Spazio.

La grande letteratura si misurerà ancora con l'immaginario spaziale – come ne “L'infinito” (la cui versione definitiva risale al 1818-19) di Giacomo Leopardi – ma sono le storie della fantascienza (narrativa moderna – e pure, per molti versi, postmoderna – per eccellenza) a offrire dal XIX secolo in poi il repertorio di quello che l'umanità prova a proposito dell'universo e di ciò che teme possa arrivare dalla

sua insondabile profondità. Il viaggio lunare ricompare nei fondatori e nei maestri della fantascienza contemporanea. Una galleria di spedizioni immaginarie prima di quella reale dell'Apollo 11 e dell'allunaggio del luglio 1969 di Neil Armstrong e Buzz Aldrin. Si cimentano nell'impresa due grandi come Jules Verne con il suo “Intorno alla Luna” del 1870 (una sorta di sequel del precedente romanzo “Dalla Terra alla Luna” del 1865), e Herbert George Wells con “I primi uomini sulla Luna” del 1901, in cui i protagonisti si trovano alle prese con il satellite della Terra abitato (dai seleniti) e contraddistinto da una società classista al cui vertice sta un essere tutto cervello dal corpo atrofizzato.

Un *topos* – il pianeta popolato da Altri (gli alieni) – che si struttura negli anni, generando conseguenze anche assai effettuali e perfino drammatiche, come lo sceneggiato radiofonico “La guerra dei mondi” (reputato il primo, devastante esempio di *fake news*) di Orson Wells, trasmesso il 30 ottobre 1938 dalla CBS. Il contatto interspecie nell'immaginario collettivo non è quasi mai amichevole, ma di solito ostile e belligerante. Oppure metafisicamente orrendo e spaventoso, come raccontano i cicli di H. P. Lovecraft, per il quale lo Spazio profondo (quello delle stelle oscure) è un infinito deposito di orrore, da cui – richiamati attraverso rituali di negromanzia e magia nera – arrivano a seminare un terrore ineffabile i cosiddetti “grandi

antichi”, giganteschi mostri alieni, venerate divinità di alcune sette occultistiche.

Negli anni della guerra fredda, sotto le sembianze aliene si cela a volte la nemica Unione Sovietica – e lo stesso vale anche per la fantascienza d'oltrecortina. Il multiculturalismo pacifico e irenico interspecie trova una delle sue rarissime espressioni (di straordinario successo) nella Federazione dei Pianeti uniti del telefilm “Star Trek”, una sorta di trasposizione in chiave spaziale dell'idea della Nuova Frontiera *liberal* e progressista di John Fitzgerald Kennedy.

Con la Strategic Defense Initiative (il celeberrimo “Scudo stellare”) di Ronald Reagan, il linguaggio della fantascienza fa il suo definitivo ingresso in politica. E l'immaginario spaziale si postmodernizza, tra il retrotopico steampunk (che reinventa la fantascienza vittoriana a colpi di un'ucronica tecnologia a vapore), il complotto di “X-Files” e una serie di distopie apocalittiche e senza speranza. Ma pure il postmoderno possiede una versione ottimistica, quella su cui lavorano i *tycoon* del futuribile, ma prossimo, settore dei viaggi interplanetari, come Richard Branson, Jeff Bezos e, soprattutto, Elon Musk. E, se decollerà, il turismo marziano andrà ad aggiungersi a quella *Space economy* che si è fatta molto seria e concreta – e rappresenta una delle componenti centrali delle contemporanee “guerre semifredde”. ■



← *Dolor y gloria*, di Pedro Almodóvar, 2019

↑ *Eclisse*, Vico Magistretti. Progettata nel 1965, la produzione venne avviata dall'azienda italiana Artemide a partire dal 1967

CHANDRA CANDIANI

Curved Negative-positive,
Bruno Munari, 1950,
olio su tavola

INFINITO VARIABILE

UNA DECLINAZIONE POETICA DELLO SPAZIO

Meditare apre le soglie, le socchiude, le spalanca, le accosta. Non restano per sempre invariabilmente aperte né invariabilmente chiuse. È lo spazio la prima vastità aperta sull'infinito che si percepisce. Lo sfondo visivo a occhi chiusi, respirando, si rivela in movimento e in espansione,

si rivela vivo e pulsante e apre a una spaziosità della mente e del cuore che è sconfinata, non troviamo i suoi confini, le sue sponde. Non incontriamo limiti. Spaventa. Ci si deve avvicinare piano piano, come in alta montagna bisogna abituare gradualmente i polmoni all'aria sottilissima delle altezze. E anche degli abissi. Si tratta dell'infinito percepito da una creatura, un sentirsi totalmente inermi, vulnerabili, fuggevoli e vaghi, fatti di qualcosa che non è.

Respirare mette in contatto con un flusso di arrivi e partenze: il respiro entra in noi ma già porta con sé notizia di abbandono, ci percorre, e infine ci lascia, c'è una piccola sosta nel vuoto, poi ritorna, si riaccende, porta la notizia che un giorno non tornerà.

La poesia va e viene, non sempre bussa, non sempre si fa presagire. Ci becchetta da un libro, da un pensiero, da un angolo aperto, da una stanza chiusa. Altre volte tace totalmente, mai esistita. È fatta della necessità di parola e di silenzio, i suoi a capo non garantiscono ritorno e sbrecciano il linguaggio portando la notizia di una possibile polverizzazione, di un





VERDI, Giuseppe algoritmo mercoledì garofano nuovo sorridere Buonarroti, Michelangelo Leopoldo perché melodramma Alighieri, Dante no sì paura Einstein, Albert gelsomino



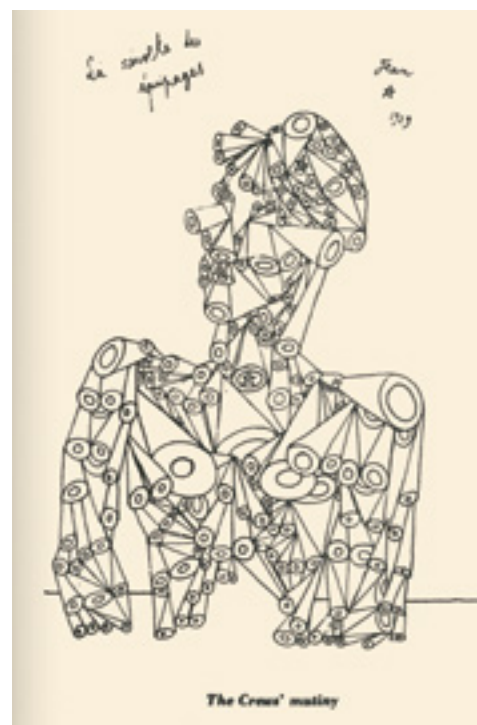
definitivo silenzio della parola. La limitatezza del linguaggio rispetto alla sconfinatezza da cui proviene e che bussa per farsi intuire mi incanta, come si incantano i meccanismi se non vengono ricaricati. Sento che l'incanto è l'infinito che incontra il limite. Alla morte di mia sorella, sono arrivati questi versi: «(...) guerriera qui ti arrendi / come si arrende l'infinito / alla trasparenza magnifica / del limite». È il limite la soglia dell'infinito. Lo si intuisce, quando sconfitti si sta con la fronte appoggiata a un muro.

Certe volte, dedicandosi a un piccolissimo compito che addestra all'apertura, raccogliendosi sul poco, come camminare lentissimi, senza guardarsi intorno, su e giù per un breve tratto sempre ripetuto, senza meta, senza scopo, ci si ritrova rivolti all'infinito, come rivolti all'eterno erano i cavalli di Emily Dickinson quando la morte si fermò per lei. L'eterno è la sospensione del tempo e così l'infinito ci si spalanca quando intuiamo la sconfinatezza del limite: il filo d'erba rivolto oltre sé stesso eppure totalmente solo sé, ma coinvolto in un insieme che da lui dipende e a cui lui dipendendo partecipa.

L'infinito non sta nel pensiero e così lo spalanca. C'è una frase del Buddha su come vagliare ciò che ci viene insegnato: «Mettilo in pratica e se scopri che conduce a un tipo di saggezza che è come guardare un muro e poi il muro crolla e vedi in maniera sconfinata, allora puoi fidarti». Succede, praticando la meditazione e anche la poesia, di avvertire il pensiero come imprigionato nella sua legge di gravità e di sentirlo limitato e stretto, opaco, privo di trasparenza. Poi arriva la piccolezza del respiro, il suo flusso che, se investito di attenzione indivisa e senza preferenze, apre a uno spazio senza fine, dove le opinioni cedono il posto a una chiarezza priva di oggetto. Così, in attesa della poesia, il pensiero pesa e si fa stretto, domestico, senza avventura ma poi, senza garanzia alcuna, arriva un puro conoscere, uno sguardo di meraviglia e il linguaggio si avvicina in un'improvvisazione che ha dietro di sé tutte le parole e davanti l'infinità del possibile. Il libro, i libri, dovrebbero sempre stare alle spalle, mai davanti, altrimenti si scrivono idee, bordi, e non lo sbordare incognito del limite che si fa liquido.

«Gioisci di chi ti impiega / come uno strumento», è Rilke in "La vita monastica". Quando la poesia arriva gioisco ma quando ammutolisco a lungo sono uno strumento che non sa più di esserlo. Impolverato, triste come un attrezzo che non viene più sollevato, preso in mano.

L'infinito che finora ho incontrato è molto delicato, schivo, timidissimo, variabile e vulnerabile. Una pesantezza di tono o di gesto o anche di pensiero lo fa ritrarre, scomparire lasciandoti col dubbio del delirio. Quando poi ricomincio a toccare il mondo sognando, a sentire le sue sottili vene, ritorna la spalancatura e non dubito più, finché il mondo non si richiude un'al-



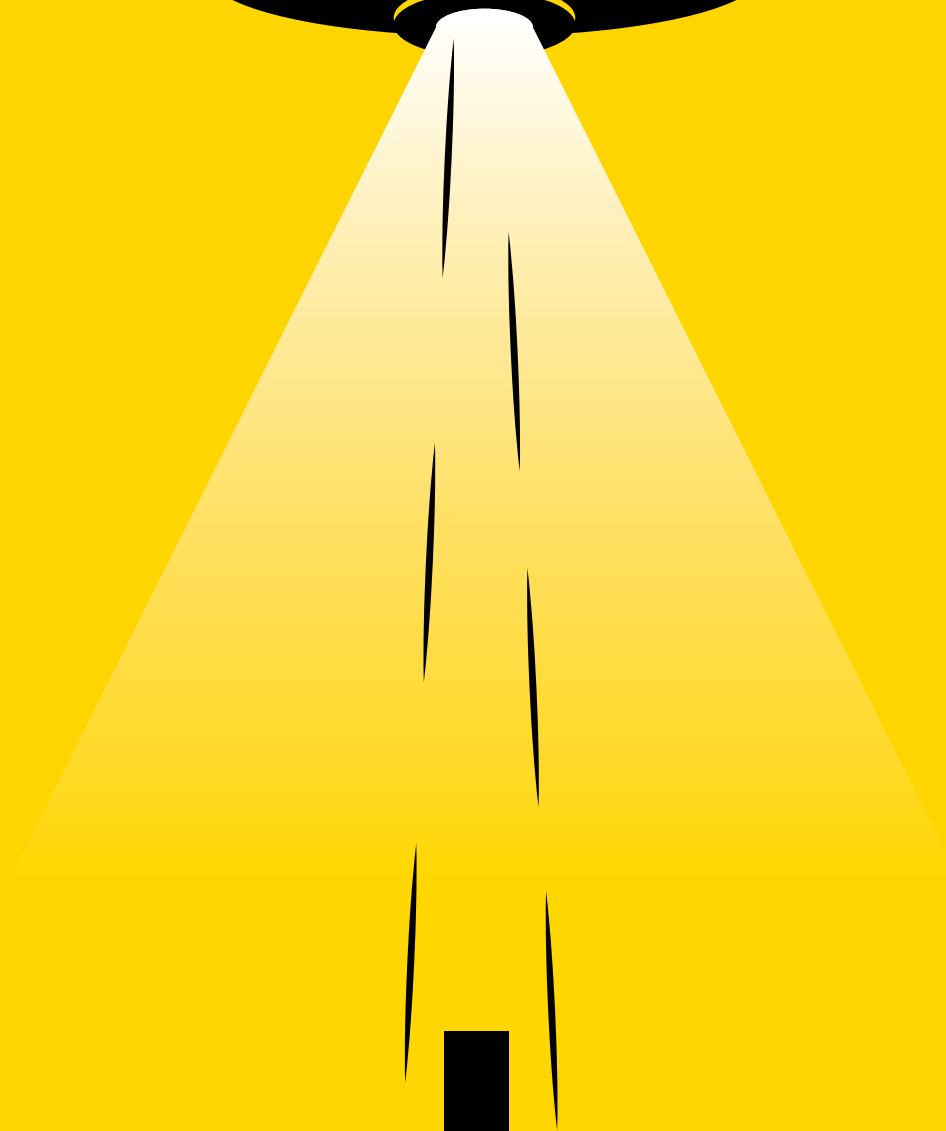
tra volta nelle rassicuranti consuetudini dello sguardo che vede solo il già visto o della parola che dice solo il risaputo. Eppure non è lo straordinario che spalanca infinito, ma anzi l'ordinario visto in trasparenza, nel suo tessuto di veli sovrapposti. Un verso di Pessoa da "Il mondo che non vedo": «Essere è essere nostro velo». E ancora: «Fra l'albero e il vederlo / dov'è il sogno?».

La nostra smania di portare a termine, di non lasciare essere l'incompiuto è una dimensione immersa nel finito, nel finire, l'infinito è incompiuto, altrimenti non sarebbe più infinito. Si va a tentoni nell'infinito, vacillando, bambini che imparano a camminare e a balbettare, versi che non conoscono il senso, che cercano la parola non ancora ricevuta. L'infinito quando invita a entrare, quando aspetta aperto, rende umili, tutte le soglie rendono umili, ignudi.

In "Il metodo del dunque" Odysseas Elytis scrive: «La poesia è la prova che la morte non ha l'ultima parola». Resto su questo vacillante bordo e mi fido della poesia, del suo trasalimento. Resto incompiuta e passeggio nel bosco senza meta, ogni passo che tace l'altrove mi apre all'insegnamento invisibile, addestrata come un asino giorno dopo giorno a mettermi da parte, a essere periferica, affacciata a una finestra da cui non si vede niente. La vista è vastissima. ■

◀ Venti voci per la Treccani e dieci virgole per il mondo, Emilio Isgrò, 2019, serigrafia su carta

† Pagina da *Opium: The Diary of His Cure*, di Jean Cocteau, traduzione di *Opium: Journal d'une désintoxication*, Peter Owen Publishers, 2001



BEL I EVE

TOMMASO PINCIO

Spesso è parso che fossero sul punto di sbarcare e prendere contatto con noi chiarendo una volta per tutte le loro intenzioni. Avrebbero illuminato i nostri destini. Ma alla fine, niente. Si sono sempre dileguati sul più bello

Elaborazione grafica
di Vertigo Design, 2021

L'INSOSTENIBILE RITROSIA DEGLI ALIENI

«**D**ove sono?». Nel consesso di chi scruta il cielo per scovare segni di vita extraterrestre, questa semplice domanda è nota come il paradosso di Enrico Fermi. Fu lui infatti a porla nell'estate del 1950 per evidenziare una irrisolvibile contraddizione: se davvero l'universo pullula di alieni, come mai non si sono fatti ancora vedere? Qualcuno obietterà che lo scienziato non teneva in debito conto le centinaia di avvistamenti di strani velivoli. Evidentemente, o Fermi prestava poco credito a ciò che molta gente sosteneva di aver visto o si aspettava qualcosa di più. Sono trascorsi oltre settanta anni da allora e quella domanda non ha trovato risposta. Non che non si sia provato a far luce sulla questione. Il tentativo più recente risale al giugno scorso quando il Pentagono ha reso pubblico un rapporto su più di 140 avvistamenti inspiegabili registrati nei cieli degli Stati Uniti. Rivelava in sostanza quanto già detto dall'ex presidente Obama in televisione soltanto un mese prima, ovvero che il governo americano è sì in possesso di video e immagini in cui compaiono oggetti di origine misteriosa e capaci di volare a grandi velocità seguendo traiettorie per noi inconcepibili, ma non è in grado di fornire chiarimenti risolutivi in merito alla loro natura. Del resto è così da sempre o almeno da quando è nato il fenomeno di quelli che un tempo venivano chiamati "oggetti volanti non identificati" o semplicemente "dischi volanti".

La definizione tecnica odierna è assai meno suggestiva, "fenomeni aerei non identificati". Quelli che una volta venivano considerati oggetti sono stati declassati a fenomeni aerei. Esistono ma hanno perso consistenza fisica, sono diventati immateriali, eterei, qualcosa che forse un giorno si paleserà a pieno acquistando concretezza ma che al momento rimane comunque impalpabile. Certo, si potrà seguitare a credere che il governo americano non dica tutto e sia in possesso di reperti custoditi in basi militari segrete, relitti di velivoli che si sono schiantati a terra e forse perfino cadaveri di creature aliene, ma ciò non getterà nessuna vera luce sul mistero in questione: siamo soli nell'universo? È una domanda anti-



↑ *The Secret Life of Plants: Star Painting*, Anselm Kiefer, 2003, rami rivestiti di olio, acrilico, carboncino, gesso su piombo e fil di ferro su tela

→ *Senza titolo*, Cristiano Pintaldi, 2017, acrilico su tela

chissima, tanto che già nel 1686, riprendendo le idee di Giordano Bruno che per questa e altre ragioni venne arso vivo in Campo de' Fiori a Roma, il francese Bernard le Bovier de Fontenelle pubblicava una magistrale opera di divulgazione scientifica, "Conversazioni sulla pluralità dei mondi", nella quale si sosteneva che l'intero cosmo pullula di vita intelligente, sebbene diversa da quella terrestre.

Va inoltre ricordato che il governo americano si occupa del problema da diversi decenni. Nel gennaio 1953 un gruppo di cinque scienziati alla guida del fisico H. P. Robertson valutò per conto della CIA i possibili rischi alla sicurezza nazionale da quelli che all'epoca erano ancora UFO. Nel corso delle sue riunioni il gruppo esaminò 75 casi di avvistamento raccolti dall'aeronautica militare. Al termine dei lavori fu stilato un rapporto – reso di dominio pubblico soltanto nel 1966 e meglio noto come rapporto Robertson – dove si stabiliva che i casi di UFO erano tutti potenzialmente spiegabili ma rappresentavano

comunque un pericolo perché avrebbero potuto «intasare i canali di comunicazione con materiale affatto irrilevante». Si consigliava pertanto che l'Air Force provvedesse a ridimensionare il mito dei dischi volanti impegnandosi attivamente in una campagna tesa a scoraggiare l'interesse del pubblico per il fenomeno. Chi credeva fermamente all'esistenza degli alieni e riponeva al contempo scarsa fiducia nel governo americano non poteva che leggere il rapporto Robertson come un'opera di insabbiamento. La tiritera è andata avanti per decenni e, almeno tra gli appassionati, va avanti ancora adesso: i potenti ci nascondono la verità. L'ipotesi, all'apparenza fin troppo verosimile, presenta però un vizio di fondo. Contrasta cioè con quanto ci dicono i fatti ovvero che fino a oggi gli alieni sono rimasti semplici avvistamenti, si sono fumosamente appalesati senza mai sbarcare. I governi possono senz'altro nascondere alcune verità ma è difficile abbiano anche il potere di impedire a una civiltà extraterrestre di scendere tra noi.

«La delusione più cocente e astratta della mia vita fu senza dubbio il mancato sbarco dei marziani nel decennio tra il 1950 e il 1960. Se siete dell'età giusta, ricorderete quegli anni torvi ed eroici. Correavano notizie clandestine» scriveva Giorgio Manganelli negli anni Settanta sulle pagine del "Corriere della Sera". Le sue parole definiscono con cristallina precisione lo scoramento che si diffuse tra gli ufologi dopo la grande età dell'oro degli avvistamenti di dischi volanti, collocabile appunto tra la fine della seconda guerra mondiale e la morte del presidente Kennedy. In quello scorcio di Novecento gli alieni hanno volteggiato sopra le nostre teste, lasciandoci però soltanto mucchi di nebulose fotografie dove le loro misteriose astronavi non sono altro che fantasmi sfuggenti. Ci hanno poi regalato una moltitudine di racconti di persone rapite dagli alieni, persone cui è stato concesso il privilegio di vedere quei dischi coi propri occhi se non addirittura di salirci a bordo per un giro di prova nello Spazio o per essere sottoposti a check-up medico completo. Spesso è parso che fossero sul punto di sbarcare e prendere contatto con noi chiarendo una volta per tutte le loro intenzioni. Avrebbero illuminato i nostri destini. Ma alla fine, niente. Si sono sempre dileguati sul più bello, mostrandosi a dir poco ritrosi. «Per qualche motivo non sbarcarono» si chiedeva Manganelli. «Certo furono assai vicino a farlo: forse qualche metro di Terra è stato sfiorato da macchine che esseri umani non dovevano vedere. Poi non ne fecero nulla. Perché? Non interessava più questa Terra maligna e sfinita? O provavano un certo orrore per questa malattia del cosmo? O fu disprezzo, disdegno, fastidio?».

Con amara ironia, Manganelli lasciava intendere che i marziani, come nostalgicamente si ostinava a chiamarli, esistono ma ci hanno schifato. Ma su quali basi è possibile stabilire che esistono? Proviamo a valutare la questione considerando ciò che possiamo dare per certo. Eventuali forme di vita aliena hanno bisogno di un pianeta nel quale nascere ed evolversi. Il pianeta da solo non è però sufficiente. Sono necessarie anche le condizioni ideali e soprattutto gli elementi chimici minimi per lo sviluppo di un organismo complesso. Ci vogliono cioè stelle in grado di favorire la comparsa della vita, stelle simili al nostro Sole che però costituiscono una presenza relativamente rara nell'universo. Nella nostra galassia ammontano appena al 5%. Ma se pensiamo che la nostra galassia conta circa trecento miliardi di stelle, questo 5% è comunque un bel numero. Quindici miliardi, più o meno. Ciò significa che nella nostra galassia ci sono altrettanti pianeti pronti a sfornare orde di alieni? Ovviamente no.

Nel 1961 l'Accademia nazionale delle scienze degli Stati Uniti indisse un congresso per discu-

tere l'orientamento da tenere negli studi spaziali. È stata la prima volta in cui la comunità scientifica si è confrontata seriamente con il problema della ricerca di civiltà extraterrestri. In quella circostanza l'astronomo Frank Drake presentò un'equazione destinata a diventare una base imprescindibile in ogni congettura sull'esistenza degli alieni:

$$N = R f_p n_e f_i f_c L$$

L'equazione Drake è il tentativo di stimare scientificamente il numero di civiltà extraterrestri presenti nella nostra galassia e capaci di stabilire un contatto con la Terra. N rappresenta il numero di queste civiltà, che corrisponde al prodotto della sfilza di lettere e letterine situate dopo il segno uguale. Problema risolto, quindi? Manco per sogno, perché bisogna attribuire un valore, seppure approssimativo, a lettere e letterine, ognuna delle quali rappresenta un fattore determinante. Partendo dal tasso di formazione stellare nella Via Lattea, è necessario stabilire quante di queste stelle possiedono pianeti, per poi passare a quanti di questi pianeti sono dotati di un ambiente idoneo a sviluppare forme di vita, e a quanti di questi pianeti idonei hanno effettivamente sviluppato la vita. E siccome nemmeno la vita è sufficiente, è necessario stabilire pure in quanti pianeti la vita si è evoluta in una specie intelligente e tecnologicamente progredita al punto di poter stabilire un contatto con noi. È inoltre doveroso calcolare quante di queste civiltà abbiano intenzione di stabilire un contatto, perché esiste sempre la

possibilità che gli alieni non abbiano nessuna voglia di impelagarsi con noi terrestri, per dirla con Manganelli.

Infine, non si deve dimenticare di stimare la durata di queste civiltà evolute e disponibili a entrare in contatto con noi. Da quando esiste la nostra galassia, più di dieci miliardi di anni, potrebbero essere scomparse centinaia di civiltà extraterrestri. Qualcuno obietterà che se sapessimo tutte queste cose non avremmo bisogno di alcuna equazione per risolvere il mistero degli alieni. In un certo senso è così. L'importanza dell'equazione Drake consiste tuttavia nell'aver conferito dignità scientifica a un interrogativo che altrimenti sarebbe rimasto oggetto esclusivo di culti, leggende metropolitane e mistificazioni. L'equazione è valida ancora oggi e ci dice una cosa molto importante ovvero che l'eventualità di essere soli nell'universo è troppo remota per essere verosimile. Al contempo ci ricorda che sarebbe altrettanto difficile per un alieno sbarcare sul nostro pianeta, che gli piaccia o no.

Insomma, gli alieni esistono ma non sono tra noi. D'altronde, delle 144 segnalazioni prese in esame nel rapporto del Pentagono, soltanto una è stata poi spiegata: si trattava di un grosso pallone sgonfio e questo vorrà pur dire qualcosa. Restano le altre 143, è vero, ma vista l'ormai proverbiale allergia dei marziani agli obiettivi fotografici e forse anche ai social, i selfie con cose venute da un altro mondo attenderanno senz'altro a lungo e questo sembra renderli un cascame del passato recente piuttosto che una possibilità del futuro. ■



FRANCESCO PONTORNO

UNA DOMENICA SU MARTE

LO SPIRITO DI ELON MUSK

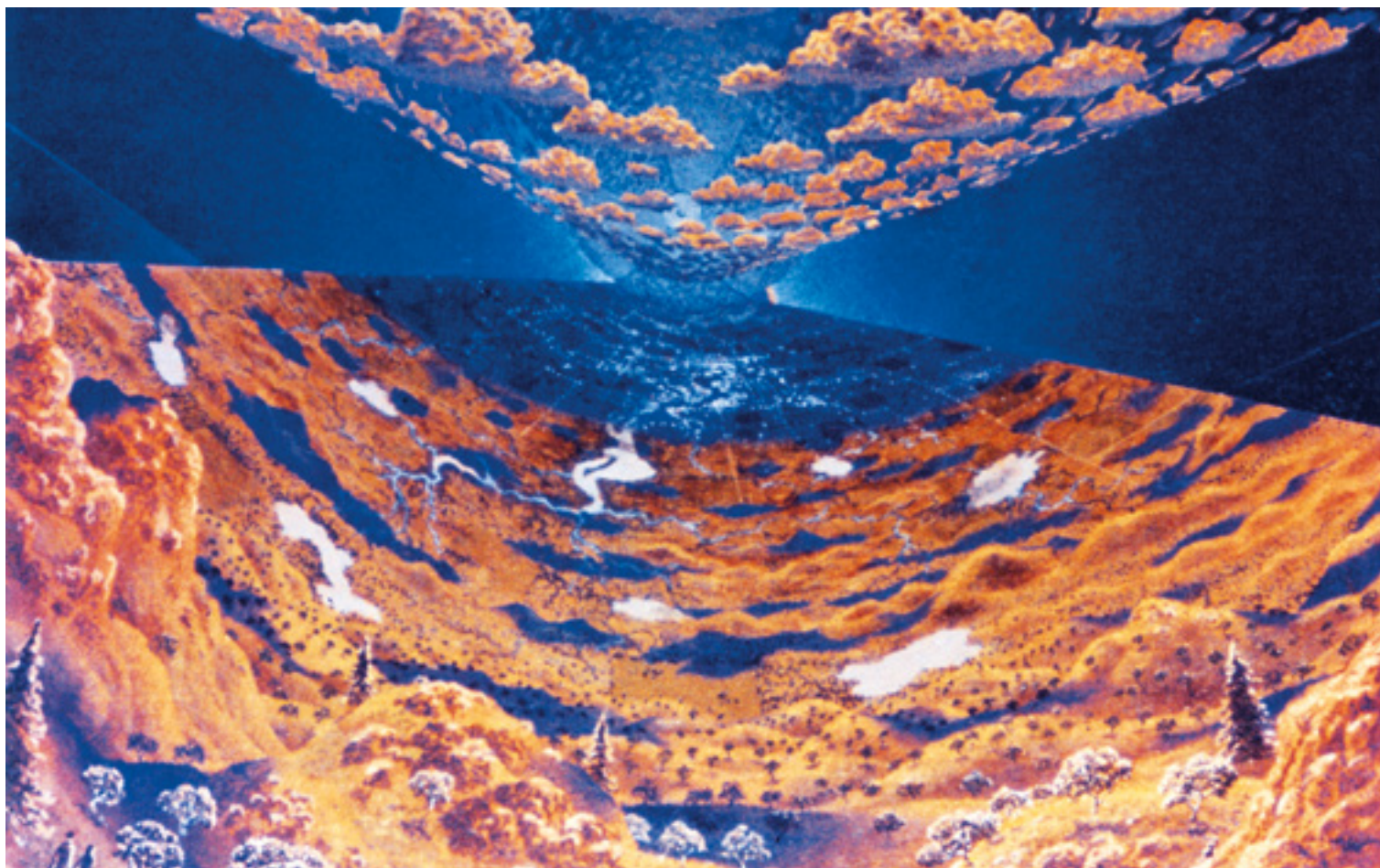
Come in un universo cinematografico, un grande affresco fantascientifico, Elon Musk costruisce un mondo oltre il mondo e chiede di seguirlo nel suo viaggio. In un'ideale carrellata di opportunità tecnologiche e di conquiste del deep tech, Musk allinea Tesla, SpaceX, Solarcity, approcci in Hyperloop, Neuralink, Ad Astra (una scuola innovativa di cui si sa pochissimo). Dalla vendita di Zip2, la sua prima start up digitale acquisita da Compaq, a quella di PayPal e poi alle nuove avventure, senza mai un respiro. Musk realizza, investe, inventa e non si ferma.

Ma non è un mondo docile, qui serve ossessione. Da bambino si isolava con il pensiero, come a lavorare su fogli di calcolo immaginari in cui disegnare prodotti innovativi e delineare business plan di aziende che avrebbero messo in crisi i settori e disarticolato le convenzioni industriali. Un esempio dell'età adulta. Siamo nel 2002, Musk vola a Mosca con i primi collaboratori di quella che sarà SpaceX per tentare di acquistare razzi a buon mercato dalla Russia, ma l'operazione fallisce. Già in taxi, tutti in silenzio. Anche il clima in aereo non è dei migliori. Ed ecco che Musk, al computer, chiama i compagni di viaggio e mostra loro un documento che conteneva in ogni dettaglio i costi e i materiali necessari per costruire un razzo low-cost. Non avrebbero comprato dai russi, avrebbero fabbricato ogni cosa da zero. Musk aveva trascorso mesi a studiare l'argomento. Dopo la vendita di PayPal aveva deciso di investire nell'aerospazio e si era trasferito dalla Silicon Valley a Los Angeles (un passaggio, ma più un salto di paradigma, ben descritto da Ashlee Vance nella sua imprescindibile biografia di Musk). Aveva iniziato a frequentare la Mars Society e le persone che avrebbero potuto aiutarlo a muoversi per creare la sua prossima azienda. L'obiettivo di SpaceX è perfettamente in linea con il pensiero di Musk: il futuro, la conoscenza, la promessa tecnologica senza limiti.



Il manichino Starman seduto sulla Roadster Tesla di Elon Musk lanciata a bordo del razzo Falcon Heavy durante il volo inaugurale del 2018. Sul sito whereisroadster.com è possibile individuare la posizione dell'automobile nello Spazio





Musk non cerca l'opportunità per fare qualche spiccio. Mira altissimo, sempre, e ciò che riguarda l'usuale e il piccolo tornaconto non lo attraggono. Musk è l'architetto dell'impossibile, come Brunelleschi

O'Neill Cylinder,
Don Davis, anni Settanta

Inizia subito ad assumere un team di talenti. Tom Mueller, ad esempio, uno dei più grandi esperti di propulsione spaziale al mondo. Musk attrae menti geniali, se ne circonda fino ad assorbire conoscenza con le domande giuste, e nei settori più svariati. Come Gwynne Shotwell, oggi presidente di SpaceX, che a dicembre 2008 negozia con la NASA e contribuisce a salvare l'azienda. Quell'anno Musk stava fallendo con Tesla, con SpaceX, con tutto, ma a settembre il lancio del Falcon 1 finalmente riesce e le cose prendono una piega positiva. Dopo mesi di incubi e risvegli notturni causati dallo stress (parliamo di un uomo che lavora circa venti ore al giorno), Musk sembra persino rilassato nella villa di Victoria e Dennis Hopper, lo si nota dal video informale che resta di quel momento (rintracciabile su YouTube). Alla presenza di centinaia di esponenti dello *showbiz*, racconta SpaceX. Ambiente divertito, Musk che sembra ancora un ragazzo finisce un periodo difficilissimo facendo il *pitch* al pubblico di Hollywood. Dal 2009 cresce tutto, il rapporto contrattuale con la NASA, nuovi accordi commerciali; il Falcon 1 viene ritirato e ci si concentra sullo sviluppo del Falcon 9, fino ai nostri giorni con gli astronauti riportati sulla Terra dalla Stazione Spaziale Internazionale, passando per il lancio del Falcon Heavy che rappresentava ogni cosa: SpaceX, la Tesla in orbita e sul monitor il

"don't panic" di "The Hitchhiker's Guide to the Galaxy" di Douglas Adams, libro amatissimo da Musk. Quel lancio del 2018 diventa quindi il simbolo della sua forza trasformativa. Musk è arrivato ai suoi argomenti centrali, la sostenibilità, la specie multiplanetaria, la lotta al rischio esistenziale, attraverso vaste letture, fantascienza e incontri in un ecosistema favorevole, quello che ha scelto come suo: la Silicon Valley (l'interesse per gli Stati Uniti data alle prime esperienze con i computer che da lì provenivano).

Letto onnivoro, anche di fumetti. Quante volte nelle strisce ritroviamo la figura del giovane appassionato di scienza talentuoso, che come se non bastasse è pure un supereroe. Hulk, Spiderman e Tony Stark. Il creatore umanissimo di "Iron Man". A differenza degli altri che sono dotati di superpoteri, Stark è tutto intelletto, conoscenza, calcoli, operazioni e risultati, un *self-made hero*. Musk ha incontrato Stark, cioè l'attore Robert Downey Jr., durante la lavorazione del film "Iron Man" nel 2007. Downey Jr. voleva studiarlo, era una figura molto vicina a quella che avrebbe interpretato, perfetta per dare linfa reale al suo personaggio. Ora non si sa più chi abbia influenzato chi, e la leggenda è stata ben alimentata anche del regista Jon Favreau.

Musk nasce in Sudafrica nel 1971 e cresce a Pretoria. La madre Maye è una scrittrice, dietologa, speaker, modella (l'ordine è quello della

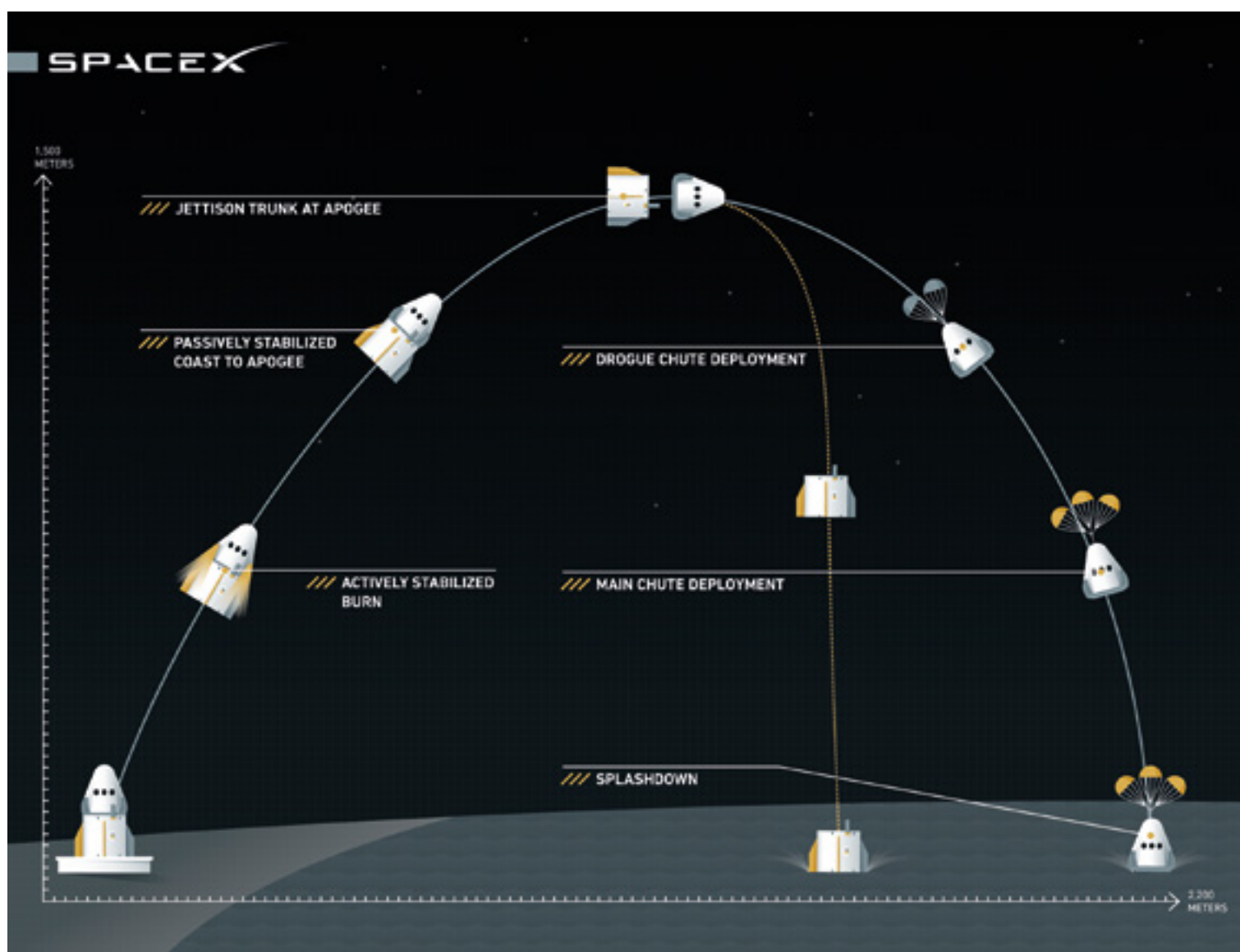
sua descrizione su Twitter). Il padre Erroll è un ingegnere molto brillante, a detta del figlio. I due divorziano presto e dopo un periodo trascorso con la madre, Elon e il fratello Kimbal vanno a vivere dal padre. Viaggiano dappertutto, visitano gli impianti industriali. Sembra strepitoso, ma la vicenda del padre è soprattutto un mistero, l'infanzia di Musk è un mistero. Sappiamo che è stata difficile e che il padre fosse una figura molto problematica. Nient'altro. Nel 1984 la rivista sudafricana "PC and Office Technology" pubblica il codice sorgente di un videogioco spaziale sviluppato da Musk. Nel futuro, riuscirà a dare vita alle macchine e ai materiali, anche grazie alle ottime capacità di programmatore.

Come scrive ancora Vance, la storia della famiglia ci racconta della tolleranza e perfino del gusto per il rischio della genia. Ed è da rintracciare pure qui l'atteggiamento di Musk di fronte all'impresa. Ma anche quando gioca con Twitter, con freddure sulle criptomone e sulle azioni delle sue società. Cinguettii che fanno oscillare i valori tra picchi e cadute, come fossero le montagne russe. Musk non cerca l'oppor-

tunità per fare qualche spiccio. Mira altissimo, sempre, e ciò che riguarda l'usuale e il piccolo tornaconto non lo attraggono. Musk è l'architetto dell'impossibile, come Brunelleschi.

Da ragazzo eccelle anche nei giochi di ruolo. Studia e crea mondi, istruzioni, passaggi, utilizza informazioni. Avrebbe pure provato a scrivere qualcosa, stile "Il Signore degli anelli", e fantasticava di colonizzare pianeti già dalle scuole superiori. Non sembra insomma avere mai avuto un rapporto troppo terrestre con il pianeta Terra. Saranno stati forse i viaggi continui già da bambino e in tutti i continenti, o le letture fantastiche, ma per lui il nostro pianeta è soprattutto il cortile di casa da cui prendere il volo. Automotive, pagamenti digitali, aerospazio, interfaccia uomo-macchina (almeno nelle intenzioni), Musk è sempre una spallata che sposta la storia delle idee e dello sviluppo tecnologico. Ha il coraggio di rivoluzionare inesorabilmente i settori industriali a cui si appassiona. Prendiamo SpaceX: ha reso lo Spazio più vicino e lo ha rilanciato come fenomeno pop, con modalità del tutto nuove. Musk, da impre-

Infografica del pad abort test di SpaceX, 2017



ditore, incide prima sull'immaginario e poi sulla realtà, proprio come un classico della fantascienza.

Mente velocissima, studi scientifici robusti, esperienza e passione industriale (lo si vede sempre in giro nelle linee di produzione). Uno degli ingegneri principali delle sue aziende è lui. L'ingegnere capo di SpaceX è lui, come racconta affabilmente in un'intervista allo youtuber Everyday Astronaut ai piedi del razzo Starship nella notte di Boca Chica. Ha messo a punto un modello imprenditoriale straordinario. Le prime esperienze servono soprattutto a procurarsi i mezzi per le avventure successive, di rilievo sempre più strategico per il futuro dell'uomo e legate agli interessi di una vita, come lo Spazio – prima solo fantasticato – o ai veicoli elettrici, a cui Musk voleva arrivare studiando gli ultracapacitori durante uno stage al Pinnacle Research Institute. Per seguire meglio, basta ripercorrere la vicenda di Tesla. Fondata nel 2003 da Martin Eberhard and Marc Tarpenning. I due incontrano Musk che li aiuta con la ricerca di fondi per l'azienda. Quindi la

scalata per il controllo, con morti e feriti, un'*execution* strepitosa, marketing di altissimo livello, design dei processi e product management formidabili.

Rallentiamo un momento, siamo di nuovo all'ecosistema dell'innovazione negli Stati Uniti, su cui bisogna dire necessariamente qualcosa. Ascoltare Eberhard e Tarpenning mentre raccontano i primi tempi di Tesla in una video intervista rilasciata a CNBC, dà l'idea che la Silicon Valley sia paragonabile alla Firenze del Rinascimento. Nella sua versione contemporanea, un certo numero di geni si ritrova a creare in uno spazio definito tutto il digitale che ci pervade, tra software e dispositivi. Circoli che spadroneggiano, come la cosiddetta "PayPal Mafia" di cui fa parte lo stesso Musk, cioè il gruppo di fondatori e dipendenti originari di PayPal. Come nel Rinascimento, appunto. Uomini universali, mecenati, signori, diplomatici, artisti, la corte. Imprenditori globali con visione e modalità più o meno accettabili, che però stanno costruendo il futuro, con o senza di noi. Sulla Terra e anche altrove. ■

Rendering del lancio
di un razzo Falcon Heavy
di SpaceX, 2016



ANTONIO GHEZZI
JACOPO MANOTTI
PAOLO TRUCCO

Gli investimenti privati nel mondo

Uno degli aspetti che più caratterizza la New Space Economy rispetto all'industria aerospaziale tradizionale è sicuramente la maggior presenza della componente privata all'interno dell'ecosistema e la sua progressiva ibridazione con il settore IT. Se fino a qualche anno fa, infatti, il business dello Spazio era riservato in larghissima parte al settore pubblico e alle agenzie governative, recentemente sta vivendo un forte coinvolgimento di attori appartenenti ad altri settori – come energia, assicurazioni, trasporti – che vedono nella combinazione tra tecnologie satellitari e dati digitali un nuovo modo di fare innovazione, dall'efficientamento di processi in essere alla proposta di modelli di business innovativi per l'offerta di nuovi servizi a elevato valore aggiunto.

Le realtà che da sempre intercettano e tentano di cogliere opportunità alla frontiera dell'innovazione in mercati nascenti sono le start up, non a caso con un ruolo di crescente rilevanza anche nella Space Economy. È possibile osservare come nel 2020 l'ammontare di finanziamenti raccolti dalle start up della Space Economy si attesti intorno ai 4,8 miliardi di dollari, con una crescita del 29% rispetto al 2019. Un numero leggibile in chiave strategica, dal momento che nonostante fosse in corso una pandemia globale gli investimenti sono aumentati, segnale di come vi sia grande fiducia diffusa sui potenziali ritorni di queste attività nei prossimi anni. Sarà molto interessante osservare i valori per l'anno 2021, data la progressiva ripresa dell'economia globale e le diverse iniziative a suo sostegno. Di ugual importanza sono i segnali che vengono da un'analisi dei dati più recenti rispetto a quelli del 2015, anno in cui il governo statunitense deliberò il cosiddetto Commercial Space Launch Competitiveness Act – liberalizzazione delle attività di lancio anche per imprese private e del possibile sfruttamento delle risorse in orbita – che, come Osservatorio Space Economy, abbiamo assunto quale “data di nascita” della New Space Economy. Da allora gli investimenti sono più che quadruplicati su base an-

nua, un andamento riscontrabile in pochi altri settori che va a supporto della grande potenzialità di questo nuovo mercato. Ulteriore elemento di interesse è la segmentazione di questi investimenti in start up appartenenti ai due diversi segmenti della Space Economy: l'*upstream* e il *downstream*.

Se l'*upstream* è il segmento più simile alla tradizionale industria aerospaziale, con imprese focalizzate nella progettazione e realizzazione di satelliti, stazioni di Terra e veicoli di lancio, nonché operatori di lancio stessi, il *downstream* è invece la vera novità caratterizzante la New Space Economy, con l'offerta di servizi a valore aggiunto basati sull'integrazione e il processamento di dati di origine spaziale con dati generati da altre fonti. Non sorprende quindi che proprio il *downstream* attragga in maniera pressoché stabile circa i due terzi degli investimenti su base annua, con valori assoluti in forte crescita che segnalano come il segmento *downstream* sia in espansione, con limiti ancora difficili da immaginare.

La pervasività delle nuove applicazioni della New Space Economy ricalcano in molti aspetti quelli di internet di vent'anni fa, aprendo potenzialmente alla possibilità di una nuova rivoluzione industriale facente leva sullo Spazio. ■

Figura 1. Distribuzione dei finanziamenti raccolti da start up della Space Economy Worldwide 2015-20
Valori espressi in miliardi di dollari
*valori stimati

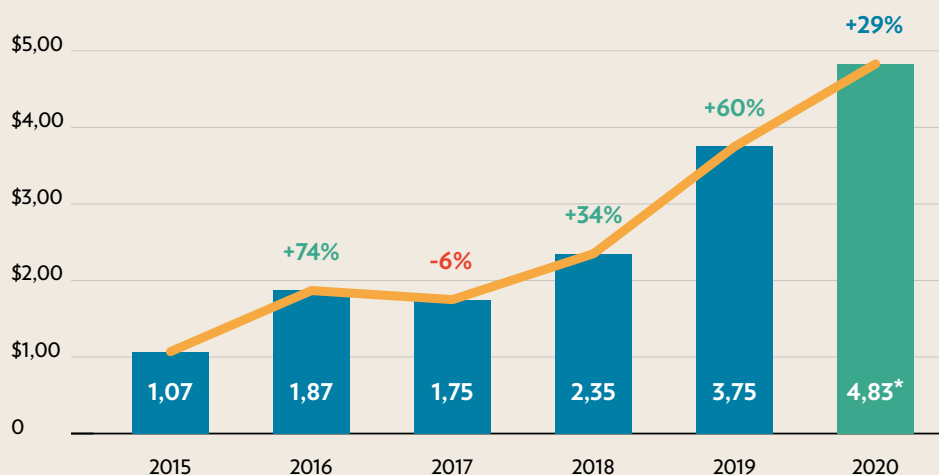
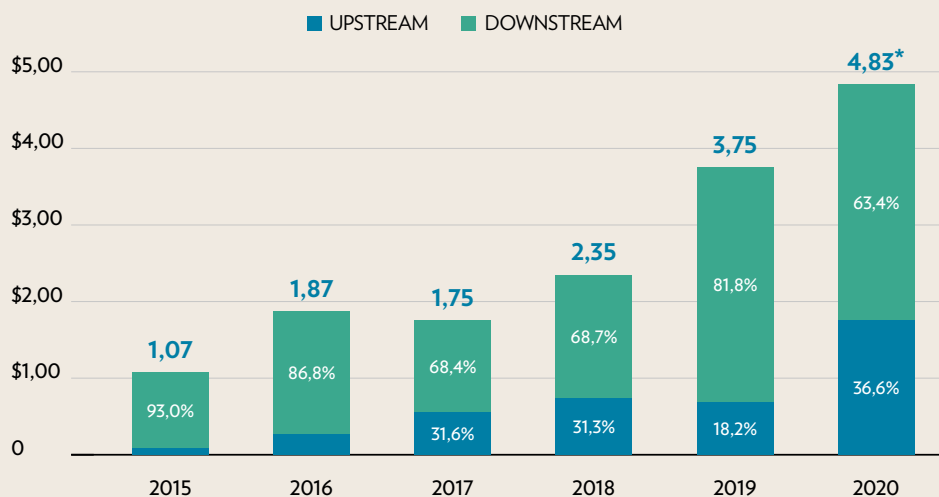


Figura 2. Distribuzione dei finanziamenti raccolti da start up della Space Economy Worldwide 2015-20
Upstream e downstream a confronto
Valori espressi in miliardi di dollari
*valori stimati



ROBERTO VITTORI

Missile, Pino Pascali,
1964, smalti, polvere
e catrame su lamiera (→);
1964, pittura su cartone (→→);
1964-65, assemblaggio su
cartone (→→→)

L'ERA DELLA SPECIE MULTIPLANETARIA

Quando pensiamo allo Spazio pensiamo agli astronauti, altre volte ai satelliti. Immaginiamo un mondo lontano dalla nostra vita quotidiana ma che in realtà è molto più vicino a noi. Lo Spazio è già parte integrante del vivere di ogni giorno: quando telefoniamo, guardiamo la televisione o usiamo il navigatore, sempre più spesso utilizziamo servizi satellitari.

Rimane tuttavia il dubbio se sia preferibile investire nel settore spaziale, puntando verso mete lontane come Luna, Marte e oltre, o se non sia meglio destinare le nostre risorse alla risoluzione dei tanti problemi del nostro pianeta. Il quesito è mal posto. L'unico modo per salvare l'ecosistema terrestre è proprio continuando la corsa verso lo Spazio per trovare uno sfogo alternativo alla crescita delle economie mondiali. Nuove opportunità. Economiche *in primis*. Le risorse extra-atmosferiche, a iniziare da quelle presenti sulla superficie lunare, rappresentano la nostra prossima grande opzione di crescita sia economica che industriale.

La sfida dei nostri tempi è assicurare un futuro al pianeta; la priorità è salvaguardare l'ecosistema terrestre per le nuove generazioni: in entrambi i casi la speranza si trova proprio al di fuori dell'atmosfera. Immaginiamo la transizione dall'economia del petrolio a quella dell'idrogeno. Questa risolverebbe radicalmente il pro-

blema dell'inquinamento perché nella reazione con l'ossigeno dell'aria l'idrogeno, generando energia, produce acqua quale prodotto di scarico. Ciò significherebbe eliminare l'inquinamento atmosferico derivante dall'utilizzo del petrolio. Esiste però un problema: l'idrogeno non si trova sulla superficie terrestre, e per estrarlo (generarlo) dobbiamo inquinare. Dunque cosa fare? La soluzione più semplice sarebbe estrarre l'idrogeno dal ghiaccio secco dei poli lunari. L'idrogeno è l'elemento più abbondante dell'universo visibile, quindi che sia la Luna, o gli asteroidi, o altri corpi celesti, le quantità disponibili sono infinite. È necessario chiedersi quale sia il motivo per cui siamo ancora così vincolati al mondo del petrolio. È un problema principalmente di scelte strategiche dei governi che in un convoluto processo logico ritengono che la transizione a una economia "all'idrogeno" sarebbe un salto nel buio troppo rischioso. Ecco perché l'approccio resta conservativo.

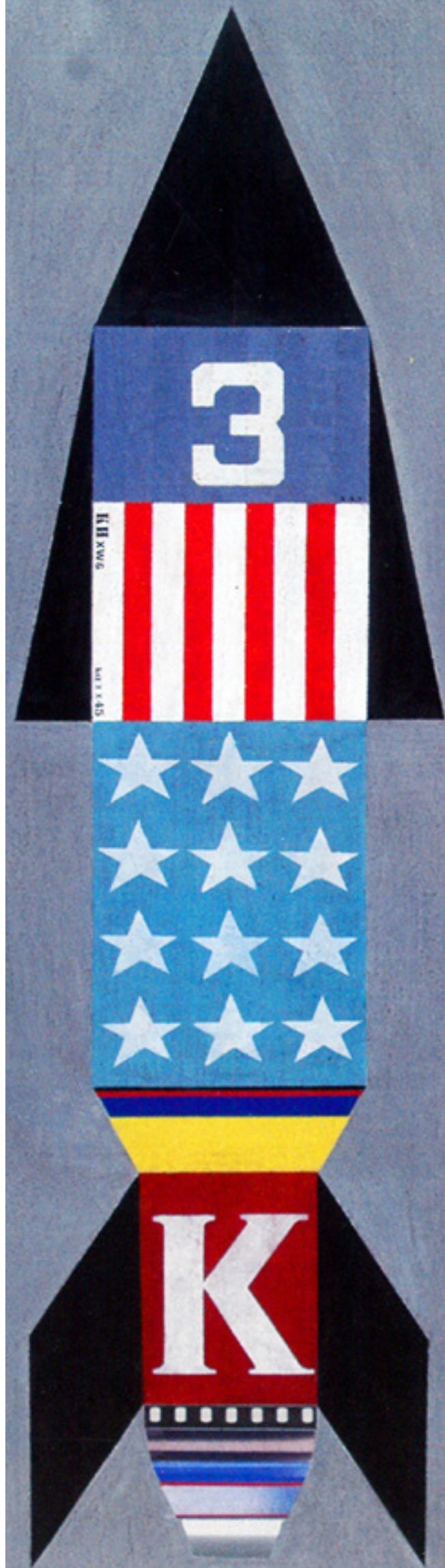
Da qualche parte bisogna pur cominciare e in aiuto arriva l'espressione New Space. Tra le tante coniate in tempi recenti quale conseguenza dell'esponenziale aumento delle attività del settore spaziale: Space diplomacy, Space resiliency, Space economy, Space law, solo per citarne alcune. New Space, tuttavia, introduce qualcosa di nuovo e di particolarmente importante, ovvero l'idea che l'investimento non sia più fatto dai governi o dalle agenzie, ma dai pri-

vati. La differenza è sostanziale in quanto innescava un circolo virtuoso destinato a spostare l'enfasi dei processi produttivi dalla superficie terrestre alle risorse extra-atmosferiche, a partire da quelle della superficie lunare.

Il settore spaziale nato agli inizi degli anni Sessanta è già arrivato ad avere una dimensione economica di 500 miliardi di dollari con la prospettiva di divenire il principale volano della global economy. Il ruolo centrale ed esclusivo dei governi viene progressivamente affiancato da quello dei privati che stanno diventando gli attori principali, lasciando agli Stati il compito di regolamentare e facilitare.

Parlare di New Space, tra l'altro, significa tornare al principio, cominciando dalle basi. È fondamentale, in tal senso, partire dal mondo universitario o scolastico in generale per chiarire come l'esplorazione dello Spazio oggi abbia la stessa importanza della scoperta dell'America: la scoperta di un nuovo continente con una nuova corsa all'oro. La superficie lunare è il settimo continente e le sue risorse il tesoro.

Lo sforzo da fare è radicale, a partire dal coniare nuovi termini e introdurre nuovi capitoli nei libri di storia e di geografia. Forse più che New Space potrebbe essere una vera e propria "new era", quella dell'uomo che diventa una specie multiplanetaria. E con la Stazione Spaziale Internazionale costantemente abitata ormai dall'inizio del nuovo secolo, in parte lo siamo già. ■







BARBARA FRANDINO

Luigi Broglio con alle spalle
la piattaforma
Santa Rita, Malindi, Kenya,
anni Sessanta

L'INVENTORE DI MALINDI

Il 18 maggio 1954 alcune crepe comparvero sulle mura del Colosseo. Furono convocati archeologi, ingegneri e annunciatori di apocalisse. Questi ultimi dissero che sì, il segnale era inequivocabile e la fine del mondo sarebbe arrivata entro il 24 maggio, così come previsto milleducento anni prima da un monaco inglese, Beda il Venerabile. Nei giorni successivi migliaia di romani si riversarono in piazza San Pietro affinché il papa li assolvesse dai loro peccati. Poi un boato scosse il ventre della Terra sotto il quartiere Colle Oppio e fece tremare le case. Gli abitanti si fecero il segno della croce e aspettarono rassegnati la catastrofe. Ma la fine del mondo non arrivò. Fu la polizia a scoprire che il boato proveniva da un tunnel sotto la facoltà di Ingegneria di San Pietro in Vincoli. L'uomo che lo aveva provocato si chiamava Luigi Broglio. Poco tempo prima aveva rinunciato a uno degli stipendi più alti dell'aeronautica americana ed era tornato a Roma "per rendere grande l'Italia". Quindi aveva convinto il ministero della Marina a prestargli compressori e serbatoi dismessi dai sottomarini per farci una galleria supersonica. Quel giorno – l'esperimento del tunnel supersonico era alla prima prova – qualcosa andò storto: il getto di pressione aveva preso una potenza inaspettata, aveva colpito un muro quasi abbattendolo e aveva fatto tremare Colle Oppio. Broglio supplicò il commissario di tenere alla larga i giornalisti, altrimenti l'opinione pubblica lo avrebbe fatto a pezzi e le autorità lo avrebbero costretto a sbaraccare tutto. Il commissario restò a lungo a osservare la voragine che si era prodotta nel muro, ma alla fine si lasciò convincere da quello strano esemplare di ingegnere che gli riempiva la testa di formule matematiche e preghiere a Santa Rita, la santa dei casi impossibili. Il commissario non poteva sapere che quell'ingegnere sarebbe diventato il padre dell'aeronautica italiana.

Dieci anni dopo, il 15 dicembre del 1964, Luigi Broglio portò l'Italia nello Spazio. Lo fece lanciando un satellite dalla base NASA di Wallops Island, il primo della serie San Marco, progettato e costruito in Italia, a Roma, in via Eudossiana e in via Salaria. Un cilindro di 115 chili in alluminio che avrebbe misurato la densità atmosferica e studiato l'interferenza delle onde radio nella ionosfera. Broglio all'epoca guidava un team dell'Università "La Sapienza".

Il 15 dicembre del 1964 Luigi Broglio portò l'Italia nello Spazio. Lo fece lanciando un satellite dalla base NASA di Wallops Island, il primo della serie San Marco, progettato e costruito in Italia, a Roma, in via Eudossiana e in via Salaria

L'Italia era il terzo paese al mondo, dopo USA e URSS, a conquistare lo Spazio. E il bello doveva ancora venire, perché negli anni successivi, Broglio avrebbe dato al suo paese una base di lancio autonoma, e tutto il mondo lo avrebbe conosciuto come *l'uomo italiano dello Spazio*. L'astronauta Umberto Guidoni racconta che il sogno di Broglio era quello di diventare astronauta. Ma all'epoca del primo lancio del San Marco aveva già 53 anni. Per l'Italia, il suo sogno infranto fu una fortuna. «Broglio ha dato un contributo ben più valido e duraturo di quello che avrebbe potuto dare come esploratore in orbita – dice Guidoni – ha aperto la via dello Spazio al nostro paese».

Luigi Broglio era nato a Mestre. La sua storia è raccontata in un libro intervista scritto da Giorgio Di Bernardo Nicolai intitolato "Nella nebbia, in attesa del sole". Sua madre era una casalinga, suo padre un ufficiale d'artiglieria. Quando compì quattro anni, le suore dell'asilo convocarono i genitori e dissero che era opportuno mandarlo in prima, perché il piccolo Luigi era più adatto a scrivere che a fare i ricami. Il 17 luglio del 1934 Luigi si laureò in Ingegneria civile, poi diventò ufficiale del Genio aeronautico, poi partigiano cattolico. Successivamente andò in America, a insegnare Aeronautica e Matematica all'università, dove gli assegnarono una segreteria e una bella scrivania. Sulla scrivania, il primo giorno, trovò una risma di fogli, una scorta di matite e un saggio sulle ragazze cattoliche. Il saggio elencava tutta una serie di ragioni per evitare di sposarne una. Broglio lo cestinò e pensò

che la sua esperienza americana non partiva sotto i migliori auspici. Invece fu un successo, e quando nel 1951 decise di ripartire, gli americani cercarono di dissuaderlo, offrendogli la cittadinanza e un compenso stratosferico. L'ingegnere di Mestre declinò l'invito e tornò in patria, con in tasca una lettera dell'Ufficio di ricerca scientifica dell'Aeronautica militare americana, che pregava il governo italiano di facilitare le sue ricerche e gli scambi dei risultati con gli Stati Uniti. Tre anni dopo, Broglio gettava nel panico un quartiere di Roma con il suo tunnel supersonico. Cinque anni dopo, nel 1956, il segretario generale dell'Aeronautica italiana Mario Pezzi gli chiedeva di dirigere il reparto che si occupava di armi e munizioni. «Tra le armi ci sono i missili, io non so niente di missili», disse Broglio. «Allora mi faccia il nome di un colonnello o di un generale che sa qualcosa di missili», rispose Pezzi. «Non conosco nessuno». «Se non conosce nessuno, lo faccia lei». Un anno prima del lancio dello Sputnik, Luigi Broglio era già il più grande esperto italiano di missili. E da quel momento, l'ingegnere di Mestre si dedicò alla ricerca spaziale.

Alla fine degli anni Cinquanta gran parte dell'opinione pubblica pensava che la corsa verso le stelle fosse un giochetto costoso di cui scienziati e governi si sarebbero stancati presto. Broglio, invece, era convinto che costruire una base di lancio italiana e aprire un accesso autonomo allo Spazio avrebbe avuto ricadute straordinarie sull'industria e sui rapporti internazionali. C'era solo un piccolo problema: servivano molti soldi e di soldi non ce n'erano. Così, ancora



↑ Guscio del satellite San Marco

➤ Rappresentazione artistica del satellite San Marco 2

→ Luigi Broglio, Carlo Buongiorno, Michele Dicran Sirinian e un ospite al campo base, Malindi, Kenya, anni Sessanta



una volta, l'ingegnere di Mestre si ingegnò ed escogitò un piano che, per funzionare, avrebbe dovuto incastrare talmente tante variabili da sembrare un'impresa impossibile. Come sempre, chiese aiuto a Santa Rita. E alla fortuna.

Che arrivò nel 1959 con lo sbarco in Italia di Hugh Latimer Dryden, capo della NASA. Dryden voleva collaborare con Broglio per uno studio sull'alta atmosfera, cioè sui movimenti dell'aria ad altissima quota. Lo studio serviva a capire che cosa incontravano esattamente i satelliti quando erano in orbita. Il progetto prevedeva di effettuare lo stesso esperimento in America e in Italia, in Sardegna, lanciando un razzo che avrebbe rilasciato litio e sodio vaporizzato a 80 chilometri dalla superficie terrestre. L'esperimento italiano andò a buon fine, nonostante il tempo orribile, mentre quello degli americani fallì all'ultimo minuto per un guasto. Se ancora ce ne fosse stato bisogno, Broglio si guadagnò la fiducia della NASA. Ad aprile, mentre Gagarin effettuava la sua prima orbita – notizia che gli americani accolsero con la gioia di un pugno nello stomaco – Broglio propose il suo piano alla NASA e la NASA lo accettò.

Nell'agosto del 1961 lo stesso piano finì sul tavolo di Giulio Andreotti, Antonio Segni, Paolo Emilio Taviani e Giuseppe Pella. Il primo punto prevedeva di costruire il poligono all'equatore, scelta che avrebbe presentato una lunga serie di vantaggi, tra cui il risparmio di una gran quantità di propellente. Qualcuno disse che era un'idea da Repubblica delle banane. Ma Broglio si intestardì, disse che lanciati dall'equatore, i satelliti avrebbero sfruttato la velocità di rotazione terrestre: era come farli partire già in corsa a 1600 chilometri orari. Il secondo punto, è che non sarebbe stato sulla terraferma ma su una piattaforma, in mezzo al mare. Sembrava sempre più una follia. Il terzo, era che la NASA avrebbe fornito i razzi.

Ancora più folle sembrò la scelta del luogo, su cui la NASA non era ancora stata informata: il Kenya. Bisognava persuadere gli Stati Uniti che si trattava di una buona scelta, evitare di irritare i sovietici, mettere d'accordo un presidente filoccidentale, Jomo Kenyatta e il suo vicepresidente filocinese, convincere la popolazione musulmana che non c'era da preoccuparsi se, improvvisamente, nel loro paese cominciarono a circolare razzi americani. La diplomazia italiana fece la sua parte, l'altra la fece Kenyatta, che imprigionò tutti i suoi oppositori. E Malindi si preparò a ospitare la base di lancio italiana.

Così cominciarono i lavori. E come sempre, Broglio mise in pratica la raffinata arte di arrangiarsi. Le attrezzature furono in gran parte costruite in casa, copiando i progetti della NASA. A Enrico Mattei Broglio chiese in prestito una piattaforma per le rilevazioni petrolifere dismessa in Egitto. Solo la torre di lancio fu comprata. L'intero progetto, che doveva



costare diversi miliardi, alla fine costò 700 milioni. Il programma si chiamava San Marco, come il protettore delle operazioni sul mare. La piattaforma, Santa Rita, perché era uno di quei sogni impossibili che secondo Broglio solo lei poteva realizzare. Lui viveva in una piccola cabina dove entrava a malapena una branda e il soffitto era coperto di cimici che, ogni tanto, cadevano sul letto. Il cuoco era somalo e cucinava cose piccantissime, quasi impossibili da mangiare. Una parte del personale della base di Malindi non ci credeva per niente alla follia di Broglio: dicevano che quelle *cose spaziali* sarebbero finite male. Quando videro partire il primo razzo, tutti scoppiarono a piangere di gioia.

Il primo lancio arrivò il 26 aprile del 1967. Il razzo era uno Scout. Il *countdown* cominciò la mattina presto e doveva durare quasi otto ore. Il materiale di cui disponeva la base era tutto vecchio e sembrava che avesse scelto proprio quel giorno per rompersi. Quattordici minuti prima del lancio, ci furono i primi disturbi nei collegamenti. Un sacco di carburante venne sprecato

per le prove dei razzetti che dovevano dare stabilità allo Scout. Si ruppe perfino l'orologio nella sala comando, e Broglio continuò il *countdown* con l'orologio da polso. Poi finalmente il razzo partì, e tutti rimasero a lungo col fiato sospeso, perché il tempo passava e il segnale atteso dal San Marco non arrivava. Nessuno osava dire quello che tutti pensavano: che il satellite era perso. Invece il segnale, con un po' di ritardo, arrivò: il San Marco 2 era in orbita; il primo satellite al mondo a essere stato lanciato da una base che non fosse sovietica né americana.

L'Italia era diventata la terza nazione al mondo ad avere accesso allo Spazio in autonomia. Il "Time" dedicò la copertina al lancio. L'Italia fu più tiepida (del resto neanche in seguito si appassionò mai alla sua storia spaziale). Il giorno dell'evento i giornalisti erano in sciopero. La base di Malindi continuò a funzionare, ci furono molti altri lanci, l'ultimo nel 1988 e oggi la base si dedica al tracciamento di alcuni satelliti e ha aperto al turismo. Luigi Broglio è scomparso nel 2001. ■



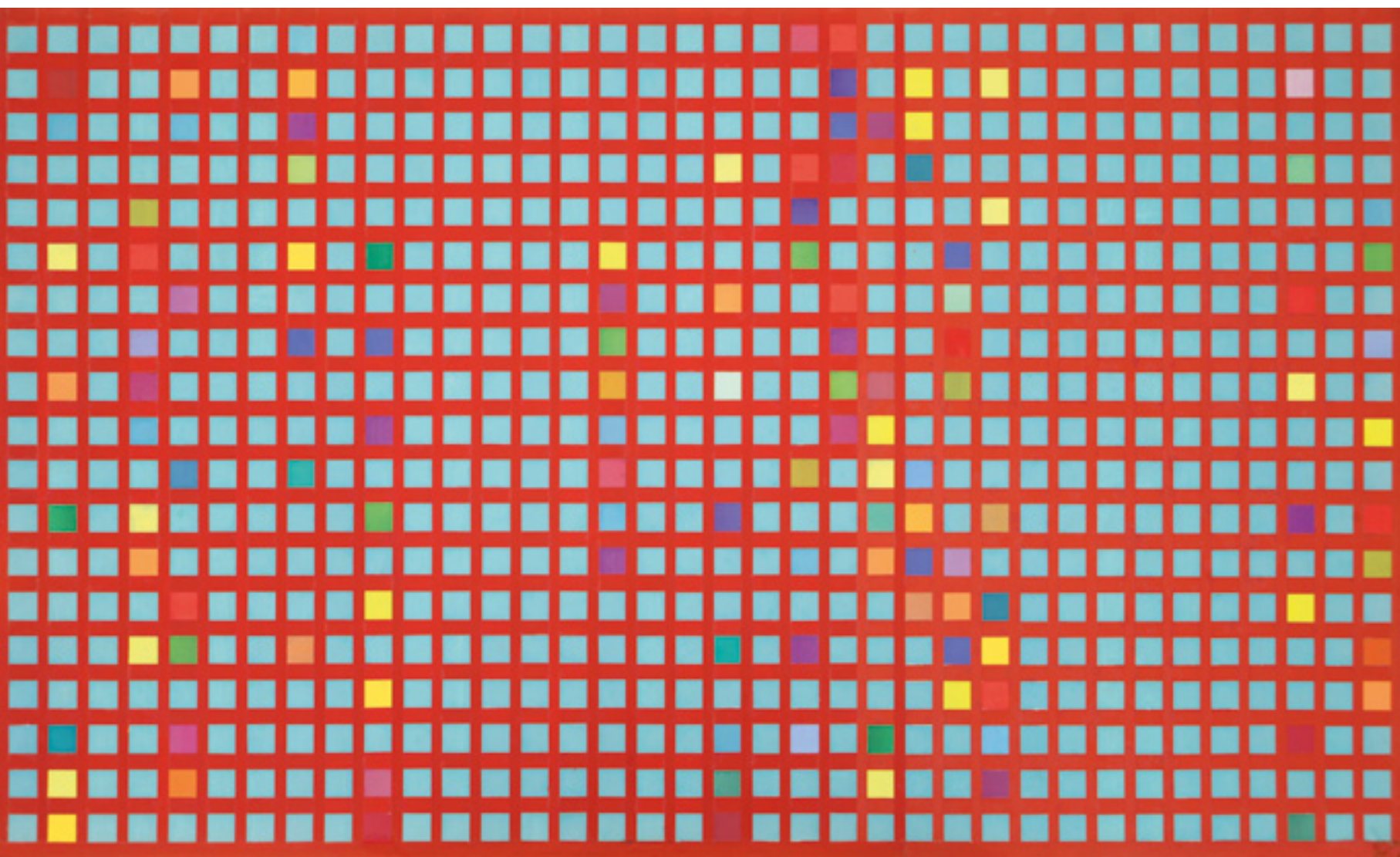
MICHELE DE FEUDIS

Sistema propulsivo per velivoli con e senza pilota a bordo (UAV) e per i satelliti del Distretto Tecnologico Aerospaziale

VITE AL SOLE DEGLI ASTROMEZZADRI

Il viaggio nella Puglia dell'aerospazio è una immersione dolce nel futuro, tra azzurro cielo, accademie futuriste e siti industriali perfettamente accomodati nell'ecosistema territoriale tra vigneti e uliveti. È un segno del destino la selezione musicale del dj della radio locale che ci accompagna verso l'aeroporto di Grottaglie, il quarto del sistema regionale, dedicato al dirigibilista Marcello Arlotta, eroe della prima guerra mondiale: le note forsennate della pizzica cedono il passo alla hit dei Sud Sound System, "Le radici ca tieni", la canzone che chiude tutte le serate di balli sfrenati nella discoteca più accorsata di Santa Cesarea Terme; poi ci si prepara spiritualmente ad alzare gli occhi al cielo con il successo senza tempo di Domenico Modugno...

«Le tecnologie spaziali entrano sempre più nella nostra vita e ci permettono di fare tante cose che prima potevamo solo immaginare. Viaggiare in tempi rapidissimi e raggiungere posti lontanissimi, andare in orbita, e presto anche tornare sulla Luna, magari come turisti. Ora la strumentalità dello Spazio, sostenuta dalle tecnologie *downstream*, che si scaricano a terra, cambieranno rapidamente abitudini e vite»: Giuseppe Acierno, presidente del Distretto Tecnologico Aerospaziale pugliese, è come il tolkieniano Gandalf in questa progressiva scoperta di un laboratorio a cielo aperto di postmodernità. Lo Spazio è stato il suo destino fin da quando scoprì giovanissimo il volo su un ultraleggero decollato dall'ex aeroporto militare di Oria: «La mia è stata una seduzione emozionale, una componente dell'anima connessa all'utopia di camminare sia sulla Terra che in verticale nell'aria», racconta ancora, sottintendendo con delicatezza anche un arcano familiare, un patto non scritto di sublimazione della passione di un fratello amato, abbandonata a causa della prematura scomparsa del papà.



Sign Gestalt E217,
Giovanni Pizzo, 1988,
tempera e fastprint
su cartongesso

Lo incalziamo allora: cosa ci dobbiamo aspettare dall'incontro tra innovazione spaziale e quotidiano? «La connettività è la nostra benzina. Siamo già in una piena rivoluzione che riguarderà mobilità, merci e persone – puntualizza Acierno –: i satelliti ci permettono di orientarci con le app che usiamo per raggiungere un nostro parente; guidano l'ottimizzazione delle rotte delle grandi navi-merci, favorendo risparmi di carburante, mentre la costellazione di satelliti di Elon Musk potrà cancellare il *digital divide* e portare servizi web anche tra le tante popolazioni ora escluse da internet e dai suoi mirabolanti servizi». Lo sguardo va allo smartphone, Acierno subito chiarisce l'orizzonte della nuova frontiera: «L'uso del telefonino sarà sempre più legato alla mobilità urbana, ai servizi, con tecnologie digitali e spaziali che si incroceranno nella gestione intelligente delle città, le *smart cities*, dove molti beni potranno raggiungerci con droni senza pilota». Il pensiero corre alla ormai possibile prossima consegna di libri, come il romanzo di Lawrence Osborne "L'estate dei fantasmi", ambientato anche in Puglia, con un corriere-elicottero telecomandato, ma «i

droni – chiarisce ancora il manager – avranno un utilizzo trasversale: abbiamo già un progetto per impiegarli nel monitoraggio della diffusione della Xylella, che potrà essere contenuta grazie al riconoscimento visivo dall'alto dell'avanzamento della patologia. Serviranno anche per le eradicazioni e il confinamento».

In Puglia ci si abitua presto ad avere il naso all'insù per guardare il cielo e lo stupore della scoperta si salda con la visione tutta politica dell'aerospazio: «È uno strumento di potere, condiziona e condizionerà la geopolitica, è un cardine del soft power fin dal tempo della corsa a sbarcare sulla Luna. La US Space Force istituita da Donald Trump ha più militari degli addetti alla NASA, la Via della Seta è un corridoio terrestre accompagnato da un network di satelliti che raccolgono dati e conoscenze», dice Acierno, «perché tecnologia, Spazio e potere hanno un legame indissolubile».

L'aerospazio pugliese è anche dinamismo economico e connessione con il mondo che verrà, decifrabile attraverso numeri eloquenti: oltre 80 aziende, 7000 tra addetti e ricercatori, esportazioni che nel 2018 hanno avuto la dimen-

sione di 561,6 milioni di euro, con un'incidenza sull'export nazionale del 9,7%, e nel 2019 un fatturato export di 738 milioni di euro, in crescita del 31,8% nel 2019 rispetto all'anno precedente e un'incidenza nazionale dell'11,9%.

Grottaglie, conosciuta come capitale delle ceramiche per l'estro creativo dei suoi artigiani, dal 2014 è anche un luogo di sperimentazione come "Spazioporto", ovvero Gateway di ingresso nel futuro: da questo angolo di Puglia in mezzo a quella che era una campagna di vite e seminativi si potrà decollare e atterrare per i viaggi spaziali, tra esplorazione scientifica e l'ormai prossimo turismo verso i satelliti terrestri che tanto appassiona tycoon come Jeff Bezos. E questa tendenza è solo rallentata dagli effetti economici della pandemia. Nel frattempo, in Puglia, si scrivono le norme che regoleranno il settore aerospaziale, le regole della mobilità senza pilota, si implementano le condizioni industriali e le strutture dell'aeroporto. Quando si volerà per lo Spazio da Grottaglie? Acierno dice: «Non dobbiamo rincorrere una data, ma essere pronti a un ruolo da protagonisti perché l'aerospazio diverrà determinante nel trasporto merci e nella mobilità delle persone. E Grottaglie sarà della partita. Il sogno è che l'impatto di industria e ricerca aerospaziale sia per tutto il Sud non solo un racconto meridiano. Non solo

un'esperienza specialistica, ma un pilastro del Mezzogiorno fondato sul merito, sullo studio, e sul giusto grado di autonomia dalla politica».

La via maestra per l'assalto al cielo dei mezzadri spaziali di Puglia – sostituiti, in una specie di rottura qualitativa e tecnologica, del sogno della metalmezzadria coltivato nella Taranto del siderurgico negli anni Sessanta e Settanta – passa dall'indirizzo formativo tracciato dal territorio per forgiare i protagonisti di questo avveniristico settore. La Regione ha scommesso sulle nuove generazioni: il Politecnico di Bari, l'Università "Aldo Moro" e l'Università del Salento hanno investito sulla formazione di eccellenze che guardano a ricerca e sviluppo, con una osmosi costante. I giovani preparati nei master vanno a rinforzare la spina dorsale industriale di un settore dove lo Spazio è il contesto più ampio che accoglie il nuovo commercio come la delicatissima partita internazionale della cybersicurezza. Basta dunque andare sui siti delle accademie per iscriversi al corso di studi aerospaziale (PoliBa e UniSalento), o al dottorato in Aerospace (PoliBa e UniBa), o al corso italiano di Space Law (Bari), ovvero lo studio del neodiritto che regolerà l'umanesimo delle nuove rotte.

Francesco Giordano, accademico, delegato al dottorato in Aerospace dell'Università barese,

«Il sogno è che l'impatto di industria e ricerca aerospaziale sia per tutto il Sud non solo un racconto meridiano. Non solo un'esperienza specialistica, ma un pilastro del Mezzogiorno fondato sul merito, sullo studio, e sul giusto grado di autonomia dalla politica»



Mattonella con disegno astratto di Orazio Del Monaco

offre una immagine simbolica: «La nostra è la fucina dell'*Homo aerospaziale*, su binari innovativi, osservando il pianeta con una ottica di sostenibilità. La strategia adottata è di avvicinare accademia e territorio industriale locale e nazionale: le posizioni di dottorato industriale, su un percorso co-progettato, confermano l'attenzione delle aziende per il capitale umano e per l'inserimento dei migliori con contratti di formazione nel comparto hi-tech».

A Grottaglie, intanto, Roberto Guida, giovane ingegnere classe 1996 che ha completato la formazione magistrale mettendo in pratica nell'aeroporto le conoscenze su «prove di volo, moderazione e simulazione», invita a seguire le performance nell'aria di Ecaro, modello di elicottero-drone guidato da piloti a terra. E sussurra un soffio di mondo che verrà: «Roma non è stata costruita in un giorno. Ci vuole tempo, come per l'aerospazio. La consegna delle merci con i droni senza pilota? Arriverà in tempi stretti, massimo due anni. È possibile un modello di business per oggetti o beni medicali. Il drone sarà in una prima fase in affiancamento dei corrieri nazionali: forse non fino alla porta di casa, almeno al momento. Ma il trasporto di medicinali potrà avere efficacia e applicazione immediata. E nei cieli le regole arriveranno presto: Enac, Enav ed Esa designeranno procedure per l'utilizzo dello spazio aereo con i droni, grazie a norme derivate da quelle militari».

I siti industriali di Leonardo, produttori di ricchezze materiali e immateriali per l'Italia e il territorio, in Puglia sono quattro. A Foggia e Grottaglie la Divisione Aerostrutture, a Taranto la Divisione Elettronica, a Brindisi quella degli Elicotteri. Oltre 3100 unità tra manager, ricercatori e lavoratori. Lo spettro delle attività è amplissimo: dalla realizzazione di elicotteri e velivoli ai sistemi aerei senza pilota, a quelli per il controllo del traffico aereo, passando per sistemi come radar-comando-controllo, sicurezza delle comunicazioni digitali, e innumerevoli declinazioni militari per terra e mare, fino alla nuova frontiera dei programmi per cybersecurity e intelligence.

L'ingresso nello stabilimento Leonardo di Grottaglie è un tuffo nella civiltà industriale a cui ha dedicato la propria esistenza Leonardo Sinisgalli: risalta subito l'affresco della mutazione tutta italiana dove tradizione e avanguardia diventano sintesi industriale. E nella sala riunioni del sito le due finestre presenti armonizzano da un lato la produzione delle fusoliere per i Boeing 787 e dall'altro uno sguardo sulla campagna incantata con i tronchi degli ulivi annodati dal sole: l'ossimoro tra natura e industria sembra una tela pronta per il prossimo racconto su uomo e industria di Paolo Volponi o Luciano Bianciardi, o del fumantino Antonio Pennacchi. «L'età media delle nostre risorse è di 36 anni»: Michele Mainolfi, direttore

dello stabilimento, fotografa come qui l'industria si coniughi con la giovinezza e la possibilità di realizzare il proprio talento in una fabbrica meridionale modernissima. L'ingegnere campano ha visto la sede ionica della Leonardo crescere fin dal 2005 e sintetizza la forza produttiva con questa descrizione: «La prima consegna di una fusoliera è avvenuta nel 2007, la millesima nel 2019. Dalla fabbrica la produzione viene imbarcata direttamente sui cargo 747 Dreamlifter. E come tutte le crisi mondiali, anche quella pandemica che stiamo vivendo ci suggerisce che il mercato aeronautico ripartirà più forte di prima e a Grottaglie già si scaldano i motori». E se si torna a sollevare il naso al cielo si scopre che ogni aereo avvistato potrebbe avere le parti nobili realizzate proprio nella fabbrica pugliese.

Il procedimento produttivo all'interno del sito è un mix di laser, professionalità operaie raffinate e neolchimica: le sezioni delle fusoliere degli aerei Boeing in origine sono bobine refrigerate di carbonio e resina, lavorate con superperizia industriale (la tecnologia OPB, One Piece Barrel) che richiama una sapienza antica, e alla fine del percorso diventano "barili" solidissimi e perfetti che saranno assemblati nella composizione finale dell'aerovelivolo, il Boeing 787 Dreamliner. «La precisione millimetrica dei barili è verificata con ultrasuoni e accompagna tutta la realizzazione delle plance, dalla trasformazione dei nastri di carbonio sul mandrino al consolidamento nei forni fino al completamento grazie all'assemblaggio delle parti interne sugli anelli e alla definizione dei particolari come i finestrini». E sempre Mainolfi evidenzia macrodettagli che incontrano lo spirito del tempo: «Qui sono consolidate le buone pratiche green: monitoraggi periodici previsti dall'Aia, raccolta delle acque piovane e delle acque di condensa oltre alla depurazione delle acque utilizzate nella produzione e al recupero degli sfridi di carboresina, con la successiva re-immissione nella produzione di cruscotti per auto o anche di racchette da tennis».

Cresce la presenza femminile nel comparto. Racconta Mariella Pappalepore, CFO di Planetek, azienda leader nell'elaborazione di dati satellitari: «Sono sempre di più le ricercatrici e le manager che hanno incarichi di rilievo nel settore: la passione e la protezione per l'ambiente passa anche dalla capacità di leggere e interpretare i riscontri del controllo paesaggistico della Terra. E le donne, nella nostra società, sono il 30% in Italia e il 50% nella consociata in Grecia. Sempre più donne, con *curricula* da ingegneri fisici, matematici, informatici, si affermano in questo mondo che guarda al futuro». E l'*empowerment* delle donne, che passa anche dalla rete Woman in Aerospace Europe, è già uno dei punti di forza della stessa Leonardo e del DTA, che organizzerà a Bari la mostra su "Donne e lo Spazio". ■



NICCOLÒ SERRI

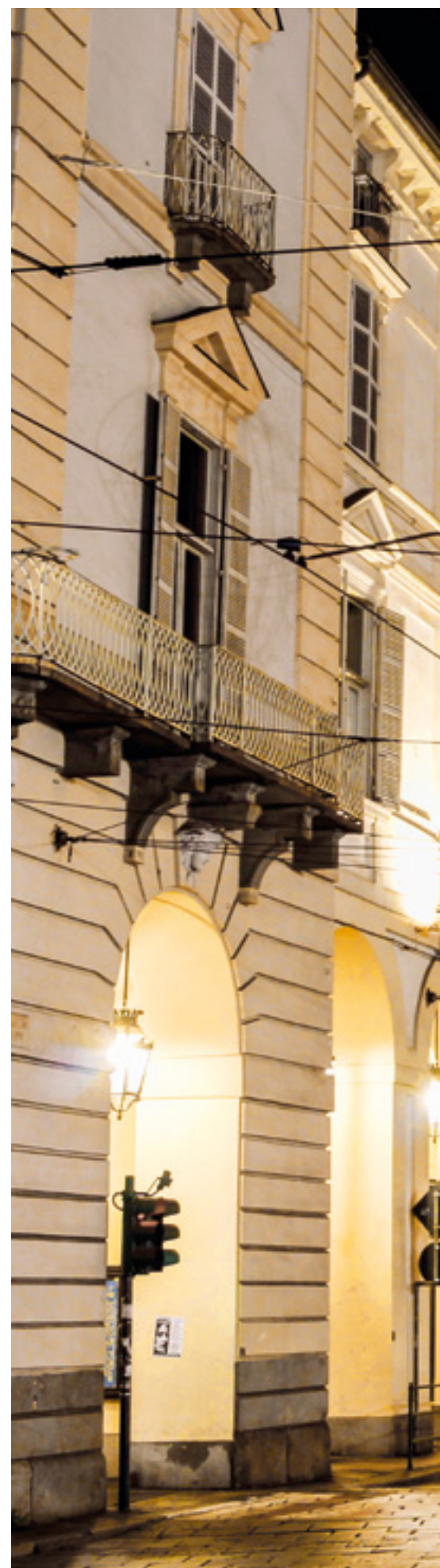
Palomar, Giulio Paolini, 1998, installazione per l'iniziativa *Luci d'artista*, via Po, Torino. Foto di Daniele Comoglio, 2016

TORINO, DA DETROIT A TOLOSA

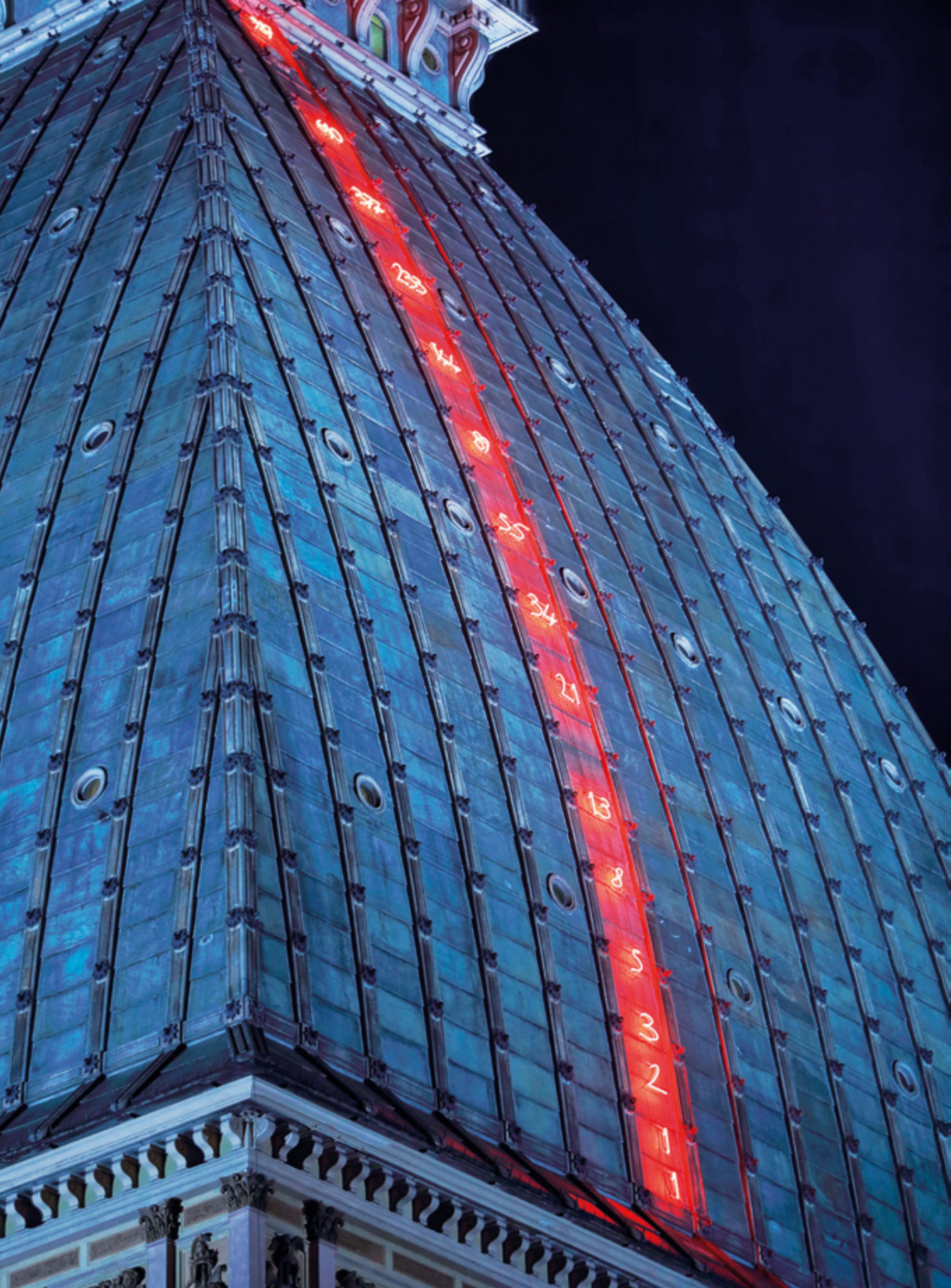
Da un lato all'altro dell'Atlantico, Torino e Detroit, nel corso del Ventesimo secolo, sono state lo specchio l'una dell'altra, *company towns* plasmate dai giganti dell'automobile, in cui la grande fabbrica metalmeccanica ha rappresentato il principio ordinatore della vita urbana. Il cammino della città della Mole per diventare la capitale del fordismo italiano non è stato semplice: tra piazze barocche e palazzi reali sabaudi, il capoluogo piemontese è arrivato in ritardo all'appuntamento con la produzione di massa. Ancora alla metà degli anni Trenta, Giovanni Agnelli viaggiava in America da studente dell'industria per carpire i segreti della rivoluzionaria Ford di River Rouge e importarne il modello nella sua Torino.

C'è bisogno del secondo dopoguerra perché la città abbracci pienamente la sua nuova identità manifatturiera, diventando il vertice alto del triangolo industriale che ha trainato lo sviluppo italiano durante il miracolo economico: sono gli anni dell'ampliamento di Mirafiori e della costruzione di Rivalta, degli operai meridionali costretti a passare la notte alla stazione di Porta Nuova, mentre i nuovi sobborghi che nascono nelle periferie non riescono a tener dietro alla crescita della popolazione. Ma mentre le fabbriche ristrutturavano Torino, covavano già i semi dello sfaldamento di quel modello produttivo, anticipato dall'esplosione della conflittualità sociale nelle grandi cattedrali metalmeccaniche, sul finire degli anni Sessanta. Il crollo del mercato dell'auto e la conseguente crisi del fordismo industriale hanno provocato pesanti problemi di riconversione per l'economia della città, con il dramma umano della disoccupazione come nuova piaga urbana.

Torino, però, non si è trasformata in un deserto post-industriale come Detroit, con i vetri rotti e gli stabilimenti abbandonati della Packard Motor Car Company a fare capolino all'angolo della strada. È vero, l'industria automobilistica italiana ha continuato il suo lungo esodo dalla città,







cercando in un contesto più internazionalizzato – negli Stati Uniti prima, con Stellantis poi – le ragioni della propria sopravvivenza; e bisogna anche ammettere che il capoluogo piemontese non è riuscito a intercettare le nuove possibilità aperte dall'espansione dell'economia dei servizi come hanno fatto altre città, ad esempio Essen, in una Ruhr senza più acciaio.

Tuttavia, Torino continua a mantenere un sistema manifatturiero dinamico e diversificato, con una filiera di imprese attiva nei settori ad alta tecnologia. Il Piemonte è la prima Regione italiana per gli investimenti nel settore privato in ricerca e sviluppo, con l'1,42% del suo PIL dedicato all'innovazione, ed è terza in Italia per numero di brevetti registrati. In nessun campo questo primato è più evidente che nell'aerospazio, un settore produttivo per sua natura centrale e con risvolti occupazionali diffusi. Nella periferia di Torino si concentrano alcune tra le principali aziende aerospaziali, tra cui Leonardo, Thales Alenia Space, Avio Aero, Collins Aerospace e ALTEC, oltre a una filiera integrata di piccole e medie imprese capaci di sfruttare il portato di competenze della tradizione operaia dell'area, in sinergia con le nuove tecnologie della digitalizzazione e dell'automazione industriale.

Da solo, il tessuto produttivo piemontese è responsabile del 17% dell'export aerospaziale italiano, rappresentando un aggancio essenziale del paese alle catene del valore globali. L'hinterland sabauda è dove vengono messe a punto le tecnologie abilitanti per l'esplorazione della Luna e di Marte: più del 50% dei moduli abitabili della Stazione Spaziale Internazionale sono stati prodotti nel Piemonte e, nel prossimo futuro, le imprese del torinese saranno tra le principali aziende europee impegnate nella costruzione del Lunar Orbital Platform-Gateway, la stazione orbitante sulla Luna, il trampolino di lancio dell'umanità verso lo Spazio profondo.

E se le tute blu lasciano il posto ai camici bianchi, anche l'ambiente cittadino si trasforma per accomodare la quarta rivoluzione industriale: alla grande fabbrica fordista e ai quartieri dormitorio si sostituisce il paradigma del parco tecnologico, un *cluster* urbano capace di mettere a sistema il ruolo propulsore e le maestranze specializzate della grande impresa con le capacità di ricerca e sviluppo accumulate dall'accademia. Su questo, Torino guarda all'esempio di Tolosa, la capitale dell'aerospazio francese: l'Occitania ospita un distretto produttivo in cui giganti industriali come Airbus, Thales e Dassault, collaborano con laboratori di ricerca, università e scuole di aviazione. Da sola, l'Aerospace Valley francese è responsabile di circa il 45% degli investimenti in ricerca e sviluppo nel settore e genera quasi 150.000 posti di lavoro.

Sono numeri da cui il capoluogo piemontese è ancora distante, ma sta cercando di colmare il ritardo. All'inizio del prossimo anno

partiranno i lavori per la Cittadella dell'Aerospazio, un progetto di riqualificazione urbana e industriale promosso da Leonardo e dal Politecnico di Torino, con l'avvallo della Regione Piemonte, per costruire, nella zona industriale alla periferia ovest della città, un nucleo produttivo capace di tenere insieme formazione, innovazione e manifattura. Le competenze dell'università, in questo frangente, saranno fondamentali per favorire il trasferimento tecnologico tra grande impresa e filiera, e per studiare applicazioni innovative di *data analytics* e intelligenza artificiale per i velivoli del futuro; e su questo punto il Politecnico di Torino rappresenta un presidio all'avanguardia, essendo già tra le prime trenta università al mondo per l'ingegneria aerospaziale.

Nell'arco degli ultimi cinquant'anni, la globalizzazione e le trasformazioni del mondo del lavoro hanno alterato il quadro dello sviluppo urbano delle società avanzate, premiando l'interconnessione e la logica immateriale dei servizi digitali. Caparbiamente ancorata alla sua storia manifatturiera, dopo aver faticato a trovare la strada della sua riconversione, Torino può cogliere oggi le opportunità aperte dalla nuova transizione industriale nei settori ad alta tecnologia. Dall'inferno della catena di montaggio, la classe operaia torinese non è andata in paradiso; si incammina verso lo Spazio. ■

Dall'inferno della catena di montaggio, la classe operaia torinese non è andata in paradiso; si incammina verso lo Spazio

← *Il volo dei numeri*,
Mario Merz, 2000,
installazione luminosa
permanente per l'iniziativa
Luci d'artista,
Mole Antonelliana, Torino

↓ Rendering della futura
Cittadella dell'Aerospazio
realizzato dal Masterplan
Team del Politecnico
di Torino



CAMILLA POVIA

Con il telescopio spaziale si otterranno immagini mai viste, grazie alle quali i ricercatori potranno studiare con precisione le proprietà del gas caldo e delle stelle all'interno delle galassie

GLI OCCHI DI JAMES WEBB

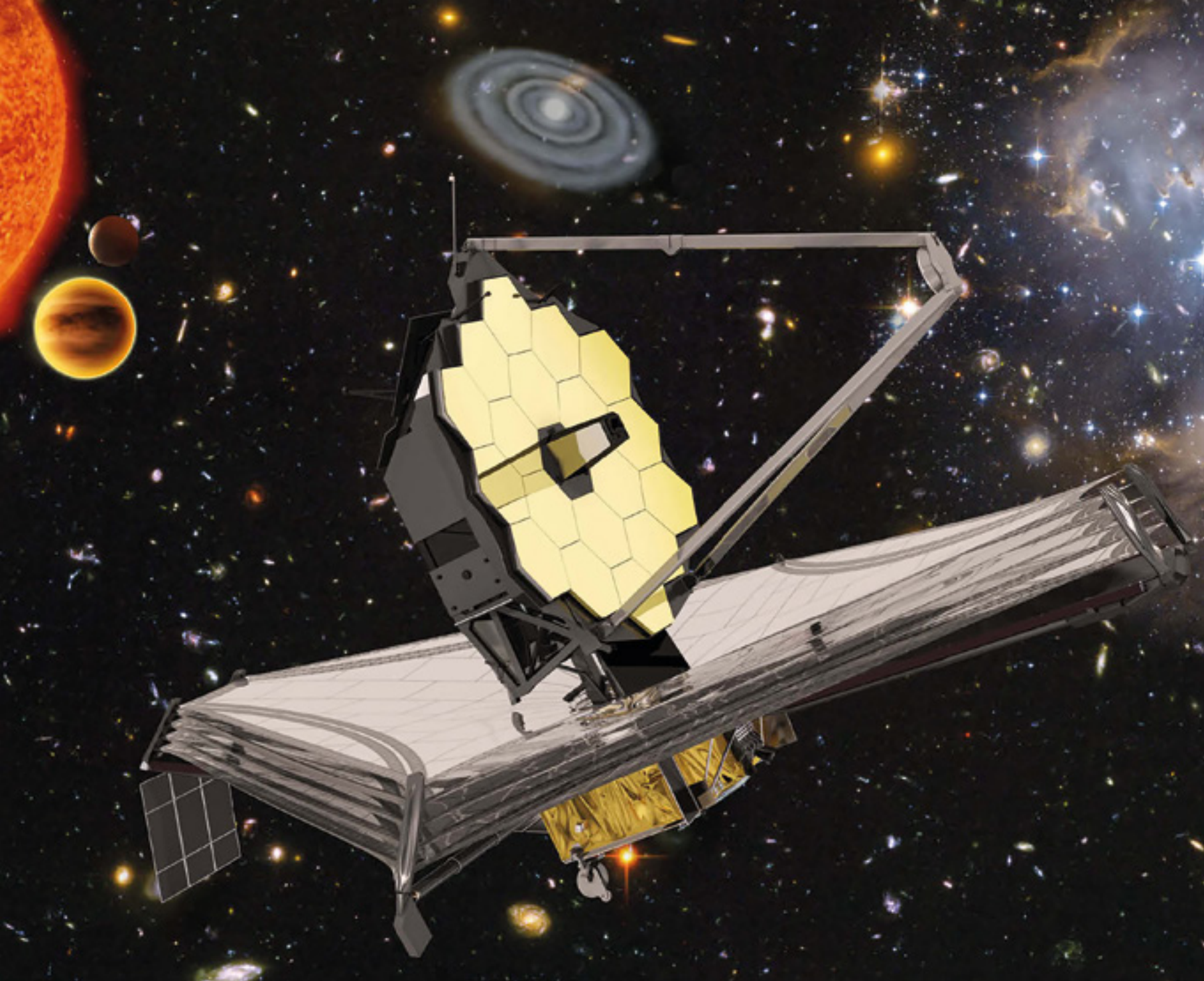
«E quindi uscimmo a riveder le stelle». Il nuovo viaggio dell'Italia ai confini dell'universo ci riporta dritti alla grazia dell'ultimo verso dell'"Inferno" della "Divina Commedia" di Dante Alighieri. Ed è così che i ragazzi del Cosmology Group della Scuola Normale di Pisa si stanno preparando a osservare lo Spazio a 13 miliardi di anni luce attraverso il più grande telescopio spaziale realizzato dalla NASA, dall'Agenzia Spaziale Europea e dall'Agenzia Spaziale Canadese.

«Tra qualche mese cercheremo di capire come dal caos primordiale si siano originate stelle e galassie fino ad arrivare alla nostra Via Lattea», dice Stefano Carniani, 33 anni, laureato in Fisica e Astronomia all'Università di Firenze e ora ricercatore alla Scuola Normale di Pisa, dopo due anni di attività di ricerca a Cambridge. Il progetto italiano selezionato dalla NASA, tra 1173 esperimenti presentati a livello mondiale di cui solo 266 approvati, è stato elaborato dal suo gruppo formato da altri cinque ricercatori della Normale di Pisa, tutti giovanissimi. Poco più di ventuno ore è il tempo che questi sei ragazzi hanno a disposizione per osservare i confini del nostro universo grazie al James Webb. E contano i giorni che mancano all'incontro con le galassie.

È difficile immaginare quanto sia mastodontico questo telescopio: lo specchio primario ha un diametro di 6,5 metri, gli strumenti scientifici sono riparati dalla radiazione solare

e mantenuti a temperature inferiori a -220 gradi Celsius grazie a uno scudo termico grande quanto un campo da tennis. Un gigante spaziale che non può essere trasportato in aereo dalla California (dove si stanno svolgendo gli ultimi test) alla base di lancio di Kourou nella Guyana francese e che per questo dovrà essere imbarcato in nave. Se la tabella di marcia fosse confermata, il James Webb sarà lanciato in orbita solare il 31 ottobre grazie al razzo Ariane 5. Una volta nello Spazio continuerà a viaggiare per raggiungere la sua orbita, a circa 1,5 milioni di chilometri dalla Terra, e nel frattempo, se non ci saranno intoppi, inizierà a dispiegare i suoi 18 esagoni che formano lo specchio primario e che, per la loro enorme grandezza, sono stati ripiegati come un origami per permetterne il viaggio.

«Abbiamo scelto di osservare tre galassie che hanno proprietà simili alla nostra Via Lattea. Oltretutto hanno una peculiarità che le rende diverse da tutte le altre: il gas e le stelle non si trovano nella stessa regione della galassia, ma in luoghi differenti. Tale dislocamento è indice delle prime fasi di vita delle galassie. Studiandone le proprietà potremo finalmente svelare i meccanismi che regolano la formazione e l'evoluzione delle galassie», spiega Carniani. Le innovazioni principali del telescopio sono due. La prima è la sua dimensione, grazie alla quale si potranno osservare diverse galassie in meno tempo. Più si guardano galassie distanti infatti e più la luce è debole, dunque si ha bisogno di



telescopi più grandi. L'altro aspetto di notevole innovazione è che lo strumento è stato costruito per ottenere immagini dell'universo nell'infrarosso, a differenza del suo predecessore Hubble, principalmente adatto a osservare nella banda visibile. Questa caratteristica rende unico il James Webb. «A causa dell'espansione dell'universo la luce proveniente da una sorgente lontana subisce una variazione di lunghezza d'onda durante il suo percorso fino a noi. In particolare, la luce emessa dalle stelle e nubi di gas delle galassie primordiali si sposta nella banda dell'infrarosso diventando invisibile ai telescopi ottici», conferma Carniani.

Con il telescopio si otterranno immagini mai viste, grazie alle quali i ricercatori che partecipano al progetto potranno studiare con precisione le proprietà del gas caldo e delle stelle all'interno delle galassie. Le immagini arriveranno a maggio del 2022, di pari passo con le prime osservazioni scientifiche. Seguiranno poi alcuni mesi di analisi e di comparazione

con i modelli teorici per studiare le proprietà delle galassie più antiche del mondo che, a questo punto, potrebbero essere i progenitori della nostra Via Lattea.

Va detto che i giovanissimi ragazzi della Normale di Pisa non sono gli unici italiani a partecipare al programma spaziale: altri sette progetti sono guidati da ricercatori dell'Istituto nazionale di astrofisica (INAF) e uno dall'Università di Milano-Bicocca. Loro utilizzeranno il telescopio per studiare le proprietà dei filamenti di gas che si trovano tra le galassie, le proprietà dei buchi neri e il loro ruolo nelle evoluzioni galattiche, le proprietà di differenti popolazioni stellari e i processi di formazione stellare.

L'essere umano tende sempre alla ricerca dell'infinito e a soddisfare la propria sete di conoscenza. Lo insegna la storia e lo insegna anche il mito. È per questo che oggi, a distanza di milioni di anni, si continua a fare a gara per avere il privilegio di catturare la prima luce dell'universo dopo il Big Bang. ■

Il telescopio spaziale
James Webb,
rappresentazione artistica,
2018



BRUNO TABACCI

FOR A UNIVERSAL PACT

Finding oneself under siege is an existential or psychological feeling that can strike at any time in history, whether as a result of military conflict or a health crisis. To some degree it was also the feeling of the American people who, on the night of 4-5 October 1957, took to the city streets to catch a glimpse of Sputnik, the first satellite launched by the Soviet Union. Its "beep", repeated three times per second, was a triumphant announcement of the fact that Moscow had achieved strategic superiority. That evening, the black-and-white TV pictures showed American citizens scanning the sky with a mixture of curiosity and disbelief, their faces strained by the effort to understand why the human race, having only just emerged from the Second World War, was now effectively contemplating a nuclear holocaust.

Their leaders in Washington, however, reacted with cool heads. Three days after the launch of Sputnik 2 on 7 November, President Eisenhower – in a radio and TV address to the nation on the role of "science in national security" – reassured the Americans and their allies that the united military strength of the free world was "far greater than that of the Communist nations". With these words, Eisenhower underlined the importance of Space research for human progress. And history embarked on a new course.

To understand the importance of the Apollo programme – which cost the equivalent of 283 billion dollars in today's money – we need to make an overall assessment of the boost it subsequently gave to innovation in a number of strategic enterprise sectors, such as aeronautics, materials science and technology, electronics, software, security systems, and food, to name just a few, while simultaneously reinforcing the capabilities of the public and pri-

vate sectors. This step change was well understood by the Italian leadership, which decided to invest in the Space sector, leading to the launch of Italy's first satellite, the San Marco 1, in 1964. Since that day, the heritage of scientific knowledge and the technological and professional skills deployed by the national economic system has grown steadily, leveraging first of all an extensive network of universities and high-level educational institutions and research centres in the north, centre, south and islands. These bodies supported Italy in the construction of a complete production chain in the Space sector, together with a network of highly competitive and intrinsically innovative large, medium, and small-sized public and private companies.

Particularly in recent years, however, the country has also been able to exploit an institutional regulatory arrangement – made official in a law of January 2018 that rendered the decision-making chain shorter and more efficient – that revolves around the Presidency of the Council of Ministers and constantly seeks to achieve an overall balance between the many special interests existing in the sector. Precisely with this in mind, the present government has decided that Space merits a specific chapter within the PNNR (National Recovery and Resilience Plan), allocating a total budget of 2.3 billion euro in recognition of the competitive advantage and overall economic repercussions of ensuring the adequate development of Space technologies and applications.

Security, access to Space, connectivity, Earth observation, global navigation, and the human or unmanned study and exploration of the planets and universe: each one of these is a strategic sector that deserves attention and strong investment in resources to increase the country's productive capacity, also within the context of a new and essential,

across-the-board approach to environmental sustainability. This is a key of interpretation that may seem paradoxical, but only at first sight: though infinite and distant, the universe cannot and must not become a new refuse tip for humanity or a new theatre for ancient geopolitical conflicts to unfold.

On the contrary, the essential task, not just for Italy but for the entire planet, is to formulate a renewed pact that unites nations in arriving at a commonly agreed law of Space. On this point, the government is ready to play its part at every opportunity: during Italy's presidency of the G20 later this year, through the relationships that unite the 22 member countries of the ESA, and in collaboration with its long-standing European and Atlantic allies. If there is one place where nationalistic egoism and assertiveness make no sense, then it is Space. In the universe, whoever is alone is lost and without hope. United, and within the bonds of our common humanity, a new and fascinating path of opportunity opens up.



LUIGI PASQUALI

AN EYE FROM ABOVE TO SAVE THE PLANET

A blue surface covered by clouds. This is how the Earth appeared to its first orbiting photographer on 14 August 1959. Barely two years had passed since the launch of Sputnik and ten more would be needed before the first man would walk on the Moon, yet, from afar, the eyes of NASA's Explorer 6 satellite were already able to tell the story – though only a small part of it – of our daily existence.

In the decades that followed, this ability was steadily refined to become the geo-observation that we know today. Pixels have long since been replaced by data, or rather, by information. We observe the Earth using sensors of different technologies to extract mutually complementary information, and we process this with algorithms to produce yet further information. This all translates into a type of knowledge that the human species has never known before. It is used to serve people across the most diverse range of sectors, including emergency management, precision agriculture, environmental protection, and the fight to contain climate change. By no coincidence, a recent report by the United Nations Conference on Trade and

Development (UNCTAD) has underlined the importance of Space technologies for the achievement of the UN's Sustainable and Development Goals by 2030. Space, which is by now an operational area from which action is taken to improve life on Earth, is a real game changer in protecting the environment. Today, thanks to the combined use of remote sensing satellites – such as the Sentinels of the European Copernicus programme and the Italian COSMO-SkyMed satellites – and high-technology ground-based instruments, we are able to learn a great deal about our planet's state of health: we monitor glaciers, the temperature and amount of pollution in our oceans, the quality of the air, and even the movements of wildlife in order to preserve ecosystems. Satellite data also enables us to make decisions that can reconcile the interests of individuals and the common good.

A typical example can be seen in precision agriculture. Using artificial intelligence and machine learning, deciding how much water and fertiliser to use, what to plant and when, can all be automated. According to data published by the WWF, it takes nearly 2,000 litres of water to produce one kilo of pasta. This huge quantity of water could be drastically reduced to the benefit both of individual farmers and the environment. Without even taking into account the fact that a more rational allocation of these resources would lead to a 14% reduction in carbon dioxide emissions.

This new way of thinking about decision making can also be applied to very different contexts. In the urban environment, for example, satellite data supports preventive activities. This is true of the so-called "heat islands" – areas of cities in which heat remains trapped even at night. Satellites like the Sentinel-3 are able to identify areas affected by these thermal anomalies. By cross-referencing this data with that for population distribution over an area, public administrations can plan initiatives to protect the most at-risk groups, such as the elderly and children, over both the short and long term.

Anticipating problems and offering solutions even before damage becomes visible are the next steps of "Space for Citizens". The symbol of this race to anticipate the future is the Digital Twin Earth project currently being worked on by the European Union. This is a digital replica of the planet, continuously fed with Earth observation data together with *in situ* measurements and artificial intelligence. The model created will simulate the evolution of the atmosphere, oceans, ice and land with a previously unimaginable degree of precision. In addition, our planet's twin in bit format will try to capture human behaviour, enabling global leaders to predict the impact of meteorological events and climate change on society and to evaluate the effects of alternative climate policies.

As a species, we human beings have belatedly developed an ecological awareness, and in many ways this learning process is still under way. It is a mistake that we must not repeat beyond the Earth's atmosphere. To be able to support sustainability, Space activities must in turn be sustainable. The build-up of Space debris has increased dramatically since the first launch

of an artificial satellite in 1957 and now poses a serious threat to the safety, security and success of Space activities.

A plethora of new constellations, often owned by private operators, have made the Earth's orbit even more crowded and will continue to do so in the future. Some forecasts, also recently cited by ESA Director General Josef Aschbacher, predict a continuous launch rate for new satellites of a thousand a year. What will happen to these satellites at the end of their operational lives? Will they continue to build up at the gates of our planet to the point of blocking Space access to future generations? Will they join the other "loose cannons" that are already jeopardising strategic assets launched to guarantee essential services, such as telecommunications?

The Earth's atmosphere naturally pulls the smaller orbiting debris downwards, which then burns up in its lower layer. But ironically, this precious assistance in the fight against Space pollution is threatened by pollution of our planet itself. According to a study presented in April at the European Space Debris Conference, rising levels of carbon dioxide could make the atmosphere thinner and therefore less able to burn up Space debris. Even if we are able to reverse this trend, more needs to be done. We already have advanced Space Traffic Management services with the ability to evaluate the likelihood of impact between orbiting objects, to plan collision avoidance manoeuvres, and to support the deorbiting of satellite assets.

In 2025, the Clear-Space-1 demonstration satellite will test technologies for the rendezvous, capture and re-entry of end-of-life satellites and Space junk. If all goes to plan, an object will be physically removed from its orbit. Naturally, this alone will not solve the problem, but it will represent a necessary step towards the preservation of Space and the Earth itself.



MASSIMO SIDERI

THE LIFE OF THE FUTURE

In the fascinating aeronautical museum at Vigna di Valle, near Lake Bracciano, a faithful replica of the Wright Flyer Type 4 – the aeroplane that, in 1903, succeeded in taking off for 59 seconds powered by an engine of just 16 horsepower –

sends us a subconscious warning of the differences between flying within the Earth's atmosphere and flying beyond. Aeroplanes were originally invented with a precise aim, to enable people to fly. Rockets were not. In other words, the Wright brothers, in tackling and disproving the ancient myth of Icarus, took their cue from nature. They emulated it. Even today, aircraft technology co-opts the solutions developed by Darwinian evolution in birds, based on wings and aerodynamics. But Space is an entirely different challenge. As far as we know, nothing can live or survive in Space other than, for a brief period, tardigrades. No animal has the ability to reach the void or to live in the cosmos. Nature has not helped us in this context, and in this sense we could also argue that *homo sapiens*, by reaching Space, has overcome the very limits of the Earth's ecosystem.

This preamble is needed to understand the state of the art reached in the new Space race (the Space Age), which should lead us from the "hit and run" experience of the past, through the current intermediate experience of life on the International Space Station, and onwards to the out-and-out colonisation phase, with men and women living in an environment that is hostile to life. It is worth recalling that, as things now stand, technology could already enable us to reach Mars – though with countless unknowns. Humanity has "already been" on Mars. With robots. This may seem a play on words, but underlining this point is fundamental to understanding that the technological challenge is not just the outward journey. If anything, it is the journey home. We can reach the red planet despite the fact that the shortest distance to travel, even with the nearest orbital point in our favour, is one hundred times the distance between the Earth and the Moon (400,000 kilometres compared to about 40 million). What, therefore, are the unknowns? There are two types. The first category of problems, and in a way the most obvious one, is technological and connected with the very origin of rockets. Let's deal with this straight away.

Not many people know that the first reference in history to a proto-rocket can be traced to a land that is now in Italy, the city of Tarentum, in the Province of Taranto. The source of this reference is Aulus Gellius, who in his writings cites a Greek man called Archytas who lived 400 years before Christ. This inventor entertained the citizens of Magna Graecia with a wooden pigeon that flew using the principle of propulsion, which technically made it more similar to a rocket than a bird despite its shape. The rocket, as it is now known, was later developed by the Chinese as a firework – a bamboo tube with an explosive mixture – and then as a weapon, being used in the Battle of Kai-Keng in 1232 to repel the invading Mongols (www.grc.nasa.gov). The bottom line is that it is easier for a rocket to take off than to land. The ingenious "lift" solution developed by NASA for the descent to the Moon in 1969 (the Eagle lunar module), and perhaps particularly the failures of SpaceX to reliably land its rockets in a vertical position, pro-

vide the best examples of the complexity that this involves. Last but not least, the propellant too has to be seen as a technological challenge. Taking it to Mars would be too expensive. Not taking it there, however, would mean remaining prisoners – as happened to Shackleton and the crew of the *Endurance* at the South Pole during the First World War – but without the possibility of a miracle return to civilisation in a lifeboat.

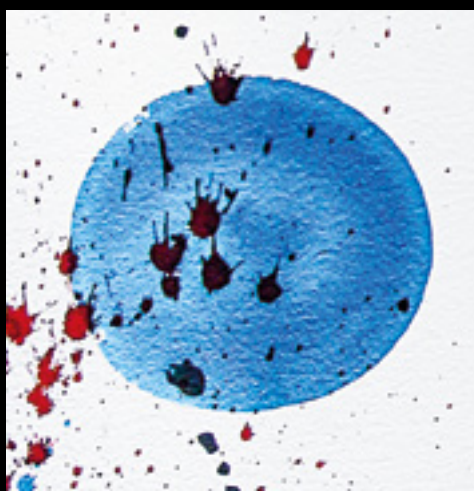
The solution being studied is on-site production, taking at least partial advantage of the fact that the Martian atmosphere has an abundance of CO₂ (methane and oxygen can be produced through simple electrolysis, and an experiment with the *Perseverance* rover has succeeded in isolating the latter). But without wanting to play down the gravity of these scientific and technological problems, the great challenge of the Space Age is the spacecraft's main payload: women and men. Human beings need food and water to survive, but much more besides. A mission to colonise the planet would also carry with it all the psychological and sociological problems of civilisation on Earth. It seems no exaggeration to say that in Space we will need to take with us the entire hierarchy of human needs as illustrated in Maslow's celebrated pyramid, from the more basic (physiological) to the more complex.

The rich and compelling experience of the ISS missions can help us only partially in this case: compared to Mars, the Space Station is just "a stone's throw" away from Earth. Any problems encountered on Mars (from around 40 million kilometres away, the planet's distance from Earth increases to 60 million kilometres during the orbital phases) are destined to be beyond any possibility of finding help. Any health problems, or even simple working difficulties, are certain to be impossible to resolve. The lack of a simple spare part could constitute the margin between success and catastrophic failure (how many of us remember that the lunar *Eagle*'s re-departure from the surface of the Moon was only made possible using a Fisher space pen as a substitute for a broken lever? The Apollo 11 mission came within an inch of failure, as we have only found out through the most recent accounts). Hence the need for a plan B, or rather a series of plan B's: a first phase of Moon colonisation, with human settlements already planned for this decade (inevitably, Covid-19 has delayed these projects too), as well as experiences already under way at the South Pole. As explained by Loredana Faraldi, a researcher who spent the entire pandemic with her colleagues at the *Concordia* base in Antarctica, no aircraft had any hope of landing on the ice pack during the glacial winter, ruling out any hypothetical rescue mission. Living at those latitudes is the closest possible experience to that of an astronaut.

All these reflections help us to understand the extent to which the issues addressed in Maslow's Hierarchy of Needs, including the psychological ones, are of central importance in planning a colonisation, making mistakes here on Earth in order to avoid making them when we are in Space (Neil Armstrong). Phys-

iological needs – not only eating and drinking, but also breathing, and thus producing oxygen – are the basis on which the whole progression of the Hierarchy of Needs is built. They culminate in the cultural needs that over a period of about two years (the time needed for a mission to Mars, allowing for the time it would take to return to the correct operational distance to plan re-entry) would be important in enabling the astronauts to seek and find a psychological balance. A book, a message (about twenty minutes are needed for communications to travel between Mars and Earth) or even a simple shower can be the margin between still feeling a part of civilisation or having a dangerous sense of alienation and abandonment.

As the old captain – a First World War veteran – in Primo Levi's memoir "If This is a Man" warned, in the concentration camps it was essential to take a shower: not in the hope of washing, but because the simple ritual was in itself a bulwark against the loss of dignity and human belonging. From this point of view, the frontier for Maslow's Hierarchy of Needs in Space is well represented by the works of Valentina Sumini (Space Architect, MIT and PoliMi) exhibited at the Venice Biennale, with the creation of personalised "privacy" spaces to protect people's psychological balance and combat their sense of isolation in a mission, perhaps comparable in risk – and without the support of maps – only to Christopher Columbus's 15th-century Atlantic voyages. "We are pioneers, navigators on a raft", the main character in "Interstellar" reminds his fellow traveller, a scientist. The cure devised by Cooper, not by chance, is a simple recording of a storm. *Homo sapiens* needs return to the forest to find the courage to leave it again. We do these things not because they are easy, but because they are hard (JFK).



ANDREA SOMMARIVA

THE RACE FOR ICE

In the Sixties, the launch of Sputnik and Soviet cosmonauts (starting with Gagarin) into the Earth's orbit followed by the American manned Moon landing created a climate of optimism. Man was now able to leave the Earth. Having won their challenge with the

Soviet Union, many in the US government and Congress now began to question the benefits of continuing with human Space exploration. With no definitive answers forthcoming, the budget allocated to NASA was scaled down.

After this first phase, the physical presence of humans in Space was limited to stays at the International Space Station, while private companies became increasingly involved in Space activities in orbit, particularly in the context of telecommunications, Earth observation and navigation. Satellite technology gave rise to a growing stream of applications, including transport and logistical efficiency, natural resource management, precision agriculture, the environment, and the monitoring of climate change, thus becoming a source of economic growth and sustainable development. In 2019, the turnover of the Space economy reached 400 billion dollars. The majority share of this (two thirds) was taken up by commercial applications. With the development of satellite internet and in-orbit servicing projects, Morgan Stanley estimates that the Space economy could grow to be worth one trillion dollars by 2040.

From 1960 to the present day, Space agencies have been engaged in the unmanned exploration of the solar system, expanding our scientific knowledge. Many of us regard scientific research as the main goal of Space exploration, but we can lose sight of other important aims: those of an economic and commercial nature, that is to say the long-term incorporation of the solar system into our economic sphere. Not only does humanity have a guiding role to play in achieving these goals, but its expansion into Space can guarantee human survival. As Stephen Hawking said: «The long-term survival of the human race is at stake as long as it is restricted to a single planet. Sooner or later disasters like an asteroid collision or a nuclear war could wipe us all out. But once we spread out into Space and establish independent colonies, our future should be safe».

The return of humans to the Moon is now firmly on the agenda for the main Space agencies like NASA and the European Space Agency (ESA). The United States has proposed an agreement, entitled the Artemis Accords, which would regulate operations on the Moon's surface, and which NASA has distributed to 11 partners including Canada, Japan and the European countries – among which Italy and Luxembourg – as well as the United Arab Emirates, New Zealand and South Korea. The ESA is also working with NASA on the construction of the Gateway, and has its own vision for the Moon Village. A new form of public-private partnership is emerging in which governments will provide initial support for the exploration of lunar resources, the advancement of critical technologies (Earth-Moon telecommunications and navigation on the Moon), and the building of Space infrastructure (the Gateway project and a lunar base to provide a sustainable human presence). The private sector would then take the initiative in creating new markets and a human presence in Space.

During the past decade, numerous private initiatives have emerged promoting the exploration and development of Space beyond the Earth's orbit. A list of the top ten billionaires currently investing in Space estimates that their combined net worth is over 543 billion dollars. Private activities on the Moon will include navigation and Moon-Earth telecommunications, tourism, the use of resources *in situ* for the construction of a base, and the exploitation of lunar resources. Such resources include ice – the crude oil of Space and particularly abundant at the Moon's south pole – to produce propellant for in-orbit spacecraft refuelling and thus reduce transport costs, as well as oxygen and water for the life-support systems of the future lunar orbital Space station (the Gateway project) and the base on the Moon's surface. Over the long term, the reduction of transport costs and the future availability (or otherwise) on Earth of certain minerals (e.g. rare-earth elements) could mean that it becomes economically viable to bring them from the Moon.

Estimates of the lunar economy's value over the medium term are uncertain, but it is thought capable of doubling to two trillion dollars by 2040. The ensuing economic benefits on Earth can be placed in two categories: those measured by the revenues of Space enterprises generated by using Space resources and related products and services; and those deriving from the efficiencies created by those same products and services. Among the former are increased turnover from refuelling activities, lunar tourism, the construction of the lunar base, and the resulting growth in the economy and employment on Earth. The latter include the business opportunities offered by Moon projects to existing non-Space based sectors, for example furniture, clothing, and agribusiness. Moreover, since the installations used to exploit lunar resources will be automated, artificial intelligence and robotics applications developed on the Moon could have spillover effects on Earth-based industries. Both of these effects would have major consequences on economic efficiencies and growth here on Earth.

If private companies are to seize the opportunities presented by the exploitation of lunar resources then they need to have certainty regarding rights over ownership and use of Space resources. The Artemis Accords assert the rights of ownership over resources extracted from the Moon, also introducing the concept of security zones around future lunar bases to prevent interference from rival nations or companies that are operating in the near vicinity. The signing of a Memorandum of Understanding (MoU) between China and Russia to establish a lunar science base has complicated this issue of property rights and the use of lunar resources by creating two mutually competing blocs.

It is to be hoped that the two blocs can reach an agreement on how to regulate relations between them. This is not an easy process to achieve. Nonetheless, Michael Tomasello maintains that *homo sapiens* has developed his cooperative capabilities

through cultural backgrounds based on conventions and norms. The best results have been achieved by players who have recognised their interdependence on others and have acted on the basis of a kind of cooperative rationality. He therefore asserts that human beings can continue to collaborate by sharing information and knowledge.

With a view to humanity's leap towards Mars and the future creation of permanent human settlements on the red planet, the Moon also represents a "testing ground" for collaboration between governments, private companies and academia. This is particularly vital in the development of propulsion systems to get to Mars, technologies for protection against cosmic rays, sustainable energy solutions, the growing of food produce on the Moon, and the extraction of lunar resources while minimising water use. As an ancient Chinese proverb says: a journey of a thousand miles begins with a single step.



SERGIO MARCHISIO

THE DOCTRINE OF CELESTIAL SPACE

The earliest legal doctrines on celestial Space first emerged in the 1950s, when there was perceived to be a tangible need to regulate the exploration and use of Space and the celestial bodies. This was originally referred to as intersidereal, interplanetary, or interstellar law, or as meta-law that could be applied to relations between humans and other potential planetary communities. The main approaches were then reduced to two: the first was based on an analogy with maritime and air navigation, and concepts of a proprietary nature; the second, instead, focused on the functional properties that the principles of the new legislation would need to possess, excluding any paradigms based on the localisation of activities.

The fusion of the two approaches was reached through certain legal principles that the two Cold War superpowers agreed to comply with to avoid turning Space into a theatre of permanent conflict. In 1963, the United Nations General Assembly adopted the Declaration on Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space. This involved the transfer of international law from a terrestrial to a Space dimension and, within

this context, outer Space, the Moon and the celestial bodies were declared to be *res communes omnium*. As had already been seen on the high seas with Hugh Grotius's "Mare Liberum" doctrine of 1609 and Carl Schmitt's reflections in his 1942 work "Land and Sea", the notion of sovereignty seemed unsuited to celestial Space, which cannot be appropriated by projections of sovereignty by geographically-based entities on Earth.

In legal doctrine, therefore, the principle of the exploration and use of Space as the province of humankind, for the benefit and in the interest of all countries, coexists – in a context of relative ambiguity – with the cosmic freedoms granted to all States without distinction. This message is confirmed by the Treaty on the Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, which was sealed at the UN on 27 January 1967 and has now been ratified by 111 States. The freedom to explore and make use of Space, to carry out scientific research, and to have access to the celestial bodies is the linchpin of a regulation that is based in solidarity, but that also establishes those powers possessing the necessary resources as the undisputed main actors in the Space adventure. The treaty strikes a balance between a prohibitive and a flexible approach through principles such as forbidding the appropriation of Space and celestial bodies; ensuring the applicability of international law, including the United Nations Charter, to Space activities; and banning the launch of nuclear weapons or other weapons of mass destruction into Earth orbit or their installation on celestial bodies (which are assigned demilitarised status). Other principles introduce new principles unknown to normal international law, such as the international responsibility of States for all their national Space activities, whether public or private, with the obligation to authorise and continuously monitor the activities of commercial operators; the responsibility of a State making a launch for any damage caused by its objects; the obligation to assist astronauts as envoys of humankind; the power of jurisdiction and control by the registering State over registered objects and on-board personnel. These norms are set out in four subsequently negotiated agreements respectively relating to astronauts, liability for damage caused by Space objects, the registration of launches and, lastly, the Moon – an agreement ratified by only 18 States in 1979.

This legal framework has remained the same for more than five decades, even against a background of fundamental changes in the economic and technological context of Space activities. The most significant change regards private operators, who have now overtaken the State agencies and are engaged in new activities to facilitate Space access using reusable launchers, mega-constellations of small satellites, the transporting of astronauts and payloads to the International Space Station, services to satellites in orbit to extend their working life, and projects to exploit the natural resources of celestial bodies. There is also no shortage of plans to colonise these celestial

bodies with permanent human settlements. The other side of the coin, naturally, is that there are also increasing risks to the safety of Space infrastructures, the resilience of which is threatened by orbiting debris, potential collisions, congested orbits and an absence of rules to govern Space traffic management. So how is it possible to renew an international legal framework that contains some objective deficiencies and is prone to diverging interpretations, a source of uncertainty that could be a barrier to private investment? The activation of international law-making processes to remedy the situation presents difficulties related to growing competition between the main Space operators and the obsolete working regulations of bodies such as the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. This is the reason why – given the difficulty of pursuing agreements on possible universal solutions – alternative pathways are being explored to reach solutions via different means. The first of these is the promotion of non-binding legal instruments, adopted with a view to progressive governance. Examples are the 2007 UN Space Debris Mitigation Guidelines and the 2019 UN Guidelines for the Long-Term Sustainability of Outer Space Activities, also mentioned in a *communiqué* on the sustainable use of Space issued by the G7 on 21 June of this year.

The second instrument comes in the form of national Space legislation which, by bypassing the traditionally international dimension of Space regulation, unilaterally regulates emerging sectors, such as sub-orbital flights and the mining and use of natural resources on celestial bodies. With over forty States having passed national laws for the more precise implementation of the treaties they have accepted, some of them are now taking action with regard to certain specific Space activities.

The legal doctrines, for their part, are an attempt to mediate between two emerging trends at international level that are not always easy to reconcile: on the one hand, guaranteeing access to Space for all within a sustainable context and, on the other, adapting the rules to suit the huge economic potential of the sector.

A significant case in point lies in current plans to return to the Moon in order to use it as a base for the further exploration of Mars and the solar system. The 1979 Agreement offers little help here by defining the Moon and its resources as the “common heritage of mankind” – which excludes not only sovereign but also private ownership – and by presenting the exploitation of lunar resources within the framework of an international authority that has never actually been constituted. Projects in the field nonetheless require some shared rules to coordinate future lunar activities within a framework of mutual non-interference; to regulate the use of lunar minerals in appropriate quantities to support missions without disturbing the environmental balance; and to clarify the criteria for the installation of manned or unmanned stations above or below the Moon’s surface.

The Artemis Accords, which eight countries – including Italy – negotiated and signed on 13 October of last year, represent a significant step forward in this regard. Being a high-level though non-binding political instrument, they identify the principles for cooperation in the exploration and use of the Moon, Mars, comets and asteroids for peaceful purposes that the participating States in NASA’s Artemis programme commit themselves to respect. The aim is to help support a sustainable human presence on the Moon and to promote collaboration between the industries of those States.

To any critics of this approach, it needs to be said that, even in the past, international Space legislation was developed not only by means of universal treaties but also through multilateral agreements on specific Space programmes among a more limited group of countries, an example being the 1998 agreement on the International Space Station. The Artemis Accords, moreover, reaffirm the applicability of the United Nations treaties on Space, particularly the 1967 Treaty of which they are an implementation instrument, and introduce new paradigms for Space exploration based on transparency, interoperability, and the sharing of scientific data. They also help to reduce the legal uncertainty around certain controversial issues such as the mining and use of natural resources on celestial bodies, which are not intrinsically a form of appropriation, and set out some particularly innovative tools for the avoidance of conflict, such as those providing for security zones around lunar facilities.

The legal doctrines are therefore expected to promote the adaptation of the legal framework to the new needs of mankind in Space and to underline the duty of individual States to implement – within their own legal systems – the norms, rules, guidelines and good practices currently being established to promote the new uses of Space. This is not a matter of colonising the cosmos as happened in the past on the Earth’s continents, but of setting out the legal groundwork for the possible expansion of human civilisation beyond national jurisdictions and into celestial Space.



DANIELA SESSA

THE LOST HISTORY OF THE NIGHT SKY.

THE TWO MOONS OF ERIK ASPHAUG

Erik Asphaug is a professor in the Department of Planetary Sciences and the Lunar and Planetary Laboratory (LPL) at the University of Arizona. Of Norwegian origin, he majored in English and Mathematics at Rice University before teaching at high schools in Minneapolis and Tucson. At the University of Arizona he became a planetary scientist. His research on asteroids has earned him the Urey Prize and the association of his name with asteroid 7939. In his book “When the Earth Had Two Moons”, published in 2021 in Italy by Adelphi, Asphaug highlights the fineness of the line that exists between science, philosophy and poetry: the book is a literary account of the accretion theory of the Moon’s formation, developed together with Martin Jutzi. Asphaug talks of his passion for the Moon and our planet, displaying an almost political perspective on the climate crisis and the future of Space exploration: as a scientist and as a pragmatic man, as he describes himself.

In “When the Earth Had Two Moons” you describe, with broad narrative brushstrokes, the theory of double impact to explain the asymmetries of the Moon. What is planetary diversity?

Explaining how the planets came into being – that’s a perplexing task! If it can be achieved at all. On the one hand we want to come up with an explanation as to why they ended up being so diverse, but on the other we don’t want our theories to be like cooks working in the kitchen, adding a bit of this, a bit of that, until we have just the right recipe for each planet. If the recipe calls for a planet with the mass of the Earth, experience tells us that we can obtain an Earth-like planet, or a Venus (the planet next-door). Why is this? What is the underlying process or explanation that leads to such diversity? There must be an element of chance, which to me means there must be a chaotic sensitivity to the recipe.

As for the Moon, planetary diversity is staring us in the face when we gaze at the volcanic plains of the near side facing us, where the astronauts landed fifty years ago and will soon return (there’s a quiet cold war under way between the US Space program and China, and it would be interesting to have a betting pool on the outcome). The far-side of the Moon is a hemispheric plateau of mountains higher than Tibet, made of completely different rocks to those of the near-side. The geology of the Moon is divided into two halves. What is the recipe for this? This is where our hypothesis comes in, namely that the Earth had two Moons.

How revolutionary is your theory?

Well, it’s more like an old idea flipped upside-down. The highlands were the old original Moon. Then a huge impact hit the (now) near side, causing it to become a crater and the far side to become a piled-up mass of ejecta. It turns out, however, that there isn’t enough crater ejecta to do this as a result of

any reasonably powerful impact. Some people hypothesised seven craters in a row, just on one side of the Moon, which could be possible but would be like flipping a coin and coming up heads seven times in succession. So we considered the possibility of a “slow” impact (though faster than a rifle bullet), slower than the speed of sound in the rocks, which would not cause much melting but just a lot of deformation. The far side would be a Moon-sized heap of broken rocks.

This work has just begun, but unfortunately proposing the idea with some test calculations is just the easy part. The hard part now is pursuing all the implications. At some point you’ve got to do all the modelling and the maths, and you can’t study everything, so this might be a question that’ll have to wait until we have seismometer networks on the Moon and are able to directly answer the issue of the “lunar far side splatter”.

You’re an asteroid expert. In 2019 NASA found many large NEOs, but the research funds needed aren’t available. Why is it important to discover NEOs?

I think about NEOs for three reasons: the hazard they represent in terms of impacts, the scientific record they store of planetary origins, and their potential for resources. Not necessarily in that order. With all the competition there is for precious resources such as lithium and rare-Earth elements like platinum, for semiconductors and other electronics for phones and self-driving cars, it’s interesting to observe that by capturing one single asteroid and putting it into orbit around the Moon we could satisfy the needs of the world’s electronics industries for centuries to come, all without having to devastate the Earth’s landscape and biosphere. As for the immediate future, in which we’re thinking about dreadful things like climate change and pandemics, NEOs are by their very nature a global threat, objects that could crash anywhere on Earth. But as a scientist and pragmatist I see them less as a threat and more as exciting targets for human and unmanned visits. It’s an essential part of human nature to explore and discover what’s out there in near-Space which is, after all, where we all live from the perspective of the Universe.

Let’s try to reverse the usual perspective: can observing the Earth from the Moon – from above – offer benefits that help us take care of our planet’s ecosystem?

“Earthrise”, the famous photograph taken from the Moon by Apollo 8 astronaut Bill Anders, led to a recognition that the Earth is just one small sphere in Space, the blue marble that we call home. Our precious biosphere is exposed to the blank infinity of Space, which may or may not care about us (and probably doesn’t), so the Earth just seems so fragile to whatever might befall it from the outside. Unfortunately we’re finding out that the greatest threat to the Earth’s biosphere comes from within, from humans, the most arrogant and self-centred of species.

In the conclusion to your book you write, perhaps provocatively, that one day it’ll be easier to go to the Moon than to Mars, and that Space exploration serves the needs of the Earth and its climate. Will be studying the climate be your next challenge?

I agree that climate science is the biggest picture in our future. How does that get solved? We need to bring all the world’s scientists and engineers together, and I think the one example of this happening historically has been our adventures into Space. The Apollo missions coincided with the beginnings of the environmental movement, although we haven’t done enough about all those clear scientific warnings regarding our fragile biosphere and climate. Now we’re seriously paying attention, and by “we” I mean the policy makers.

But we can’t hope to solve the climate crisis without the inspiring conviction that we can do great things. So we can find success, and accumulate great experience, by making these comparatively small steps like robotic landers on the Moon and Mars. This adventure can inspire the robots that will clean up the plastic in the oceans, and that will perhaps repair devastated landscapes and plant trees to soak up carbon. Sometimes the path to success must be indirect. We had to go to the Moon to photograph our fragile Earth.

What are you working on or studying now?

I’m working on a project to get small robotic landers inside a lava tube on the Moon! We’ve never peered below the Moon’s surface and getting down there is potentially quite easy; these caves (lunar skylights) could open up for dozens of kilometres, becoming caverns several kilometres across: like in Jules Verne’s “Journey to the Centre of the Earth”, but on the Moon (and not to the centre); these lava tubes were solidified in the upper layers of massive lava flows; if you can check out the lava caves on Mt. Etna, then imagine something ten times bigger in diameter. Astronauts could make a home there, safe from cosmic radiation. There could be deposits of water ice to make breathable oxygen, fuel and drinking water. So this is a dream, an endeavour. On the Moon it’s also possible to find rocks that were ejected from the Earth, and possibly small fragments containing fossilized life forms from when life was first evolving on Earth – a historical record obliterated long ago on Earth that could be preserved as tiny fragments in lunar soils. I keep looking up at the Moon.

This is the year of G20 (Space Economy). Space research has been going in three directions. The first is economic: an action plan providing for investment and profit management. Has the fifth industrial revolution already arrived or are we only talking about property records on the Moon and Mars?

Maybe we’re starting to get there. NASA, for example, has opened up commercial opportunities for Spaceflights to the Moon, directly supporting al-

most a dozen private companies that are developing landers to deliver payloads for scientists and non-scientists alike. You can, if you want, have your grandmother’s ashes buried on the Moon. Perhaps future companies will run a robotic cemetery, something Stephen King and the ghost of Kurt Vonnegut might write about. Other missions are similarly for profit, in the sense that if you discover an outcrop of ice in a lunar lava tube you will own the data that can guide other people to the same spot. It’s certainly not the case, not yet at least, that a private company can “own” a piece of the Moon, but the data rights are clear.

It’s a bit of a “wild west” at the moment, with the rules just coming into place. My concern is that we might mess up those pristine landscapes, because we humans have a bad track record in taking care of our own planet, but I think with international cooperation it could become an example of planetary stewardship.

The next major Space mission will be Artemis. What is your opinion of that and the Lunar Gateway?

The Lunar Gateway is still at the ideation stage and that’s a dangerous time for an idea that’s becoming reality. In immediate (i.e., budgetary) terms, the Gateway doesn’t fit in at all with how we get to the Moon. The Moon is less than forty times further away from us than the distance from Tucson to Rome (10,000 km), so we can go straight there. We can get there with fewer rocket firings, which means fewer mission failures, so going straight there makes way more sense. Why a Gateway?

Why indeed? Well, because it’s visionary. You just know that any future for humanity in cislunar Space will need a gateway station between here and the Moon. It’s prime real estate. What a cool place it’ll be to hang out in. But, returning to the climate issue, it’s also a place where you can monitor the Earth from a global vantage point, with a whole array of instruments scanning an entire hemisphere as it rotates. But it’s not all about the instruments, or even the science, it’s all about the vision.



BRUNO TABACCI

È sottosegretario alla Presidenza del Consiglio e segretario del Comitato interministeriale per la programmazione economica e lo sviluppo sostenibile (CIPESS). Deputato della Repubblica, è stato presidente della Regione Lombardia.

ROBERTO BATTISTON

Fisico, dal 1992 è professore ordinario di Fisica sperimentale, attualmente presso l'Università di Trento. Dal 2014 al 2018 è stato presidente dell'Agenzia Spaziale Italiana. È editorialista per diverse testate giornalistiche.

LUIGI PASQUALI

È amministratore delegato di Telespazio da febbraio 2013 e coordinatore delle attività spaziali di Leonardo da gennaio 2016.

STEFANO GUSTINCICH

Biologo molecolare, è Associate Director di "Technologies for Life Science" all'Istituto italiano di tecnologia (IIT) di Genova, dove si occupa di genomica e RNA terapeutici.

VALENTINA FOSSATI

Laureata in biotecnologie farmaceutiche, è Senior Research Investigator presso lo New York Stem Cell Foundation Research Institute, dove studia le malattie neurodegenerative.

MASSIMO SIDERI

Editorialista del "Corriere della Sera", dirige dal 2017 il mensile "Corriere Innovazione". Docente al Master in Comunicazione della scienza dell'Università di Trento, è direttore scientifico della RCS Academy Innovation e Adjunct Professor di Storia socio-economica dell'innovazione all'Università LUISS Guido Carli. Ha pubblicato diversi libri tra cui per Bompiani "La sindrome di Eustachio" (2017) e "Diritto all'oblio, dovere della memoria", con Umberto Ambrosoli (2017).

ANDREA SOMMARIVA

È direttore dello Space Economy Evolution Lab (SEE Lab) della SDA Bocconi School of Management e membro del gruppo di studi Space Mineral Resources - Challenges and Opportunities dell'Accademia Internazionale di Astronautica.

ALESSANDRO GILI

È Associate Research Fellow presso l'ISPI Center on Business Scenarios e il Center on Infrastructure. Ha lavorato come ricercatore al Centro Ricerche LUISS sulle Organizzazioni Internazionali ed Europee, con focus su tematiche economiche e presso il dipartimento Affari Internazionali/Istituzionali di Confindustria Nautica.

SERGIO MARCHISIO

Professore di Space Law alla Sapienza Università di Roma, e di International Law all'Università LUISS Guido Carli, è presidente del Centro europeo di diritto dello spazio (ECSL/ESA) e General Counsel della Federazione astronautica internazionale.

NICOLA MIRENZI

Giornalista e autore televisivo. Lavora a Mediaset. Scrive per "HuffPost" e "Il Venerdì di Repubblica". Ha pubblicato tre libri tra cui "Pasolini contro Pasolini" (Lindau, 2016).

GABRIELLA ARRIGO

Direttore degli Affari Internazionali dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), è membro della delegazione italiana presso l'Agenzia Spaziale Europea, il COPUOS delle Nazioni Unite, il Board of Trustees dell'International Space University (ISU) a Strasburgo e lo European Space Policy Institute (ESPI) a Vienna.

DANIELA SESSA

Vive e lavora a Siracusa dove è docente di Letteratura italiana in un liceo. Si occupa di critica letteraria e collabora con diverse testate giornalistiche.

MASSIMILIANO PANARARI

Professore associato di Sociologia della comunicazione all'Università Mercatorum di Roma, è editorialista de "La Stampa", "L'Espresso" e delle testate del gruppo GEDI. Insieme a Guido Gili ha scritto "La credibilità politica" (Marsilio, 2020).

CHANDRA CANDIANI

È nata nel 1952 a Milano. Ha pubblicato: "lo con vestito leggero" (Campanotto, 2005); "La nave di nebbia" (Vivarium, 2005); "Bevendo il tè con i morti" (Interlinea, 2015); "Vista dalla luna" (Salani, 2019); per Einaudi "La bambina pugile ovvero la precisione dell'amore" (2014), "Fatti vivo" (2017), "Il silenzio è cosa viva" (2018), "La domanda della sete" (2020) e "Questo immenso non sapere" (in via di pubblicazione).

TOMMASO PINCIO

È autore di vari romanzi tra cui "Un amore dell'altro mondo" (2002), "Cinacittà" (2008), "Il dono di saper vivere" (2018), tutti pubblicati da Einaudi. Collabora regolarmente con "La Stampa" e "il manifesto".

FRANCESCO PONTORNO

È Director of Growth di Opinno Italia. Si occupa di programmi di innovazione aperta e intrapreneurship per le grandi aziende. Studia il post-umano e l'impatto della tecnologia sulla società.

ANTONIO GHEZZI

È direttore degli Osservatori Space Economy e Hi-Tech Startups del Politecnico di Milano, dove è professore associato di Strategia, imprenditorialità e trasformazione digitale.

JACOPO MANOTTI

È ricercatore dell'Osservatorio Space Economy del Politecnico di Milano, dove è dottorando in Strategia con una tesi dal titolo "Strategizing in the New Space Economy: a Business Model Perspective".

PAOLO TRUCCO

È responsabile scientifico dell'Osservatorio Space Economy del Politecnico di Milano, dove è professore ordinario di Gestione dei rischi industriali.

ROBERTO VITTORI

Astronauta, pilota collaudatore e professore/ricercatore a contratto, ha al suo attivo tre voli a bordo della Stazione Spaziale Internazionale effettuati rispettivamente con la Soyuz (2002 e 2005) e con lo Space Shuttle (2011); ha accumulato circa 2500 ore di volo su pressoché 50 differenti tipi di velivoli, elicotteri e alianti. È stato insignito di numerose onorificenze tra le quali si ricorda la medaglia d'oro al valore aeronautico ricevuta dal presidente della Repubblica Carlo Azeglio Ciampi.

MICHELE DE FEUDIS

Giornalista de "La Gazzetta del Mezzogiorno" e collaboratore de "Il Foglio", è docente di Giornalismo e comunicazione presso l'Università del Molise.

BARBARA FRANDINO

Giornalista e scrittrice, ha curato per Einaudi le raccolte di racconti "Corpo a corpo" (2008) e "Ti vengo a cercare" (2011). Ha scritto i libri per ragazzi "Jason" (Salani, 2013) e "Che paura" (Fabbri, 2017), ed è coautrice di volumi editi da Feltrinelli nella collana Save the parents. Per Einaudi ha pubblicato "È quello che ti meriti" (2020).

NICCOLÒ SERRI

Insegna Storia contemporanea alla John Cabot University, coordina l'area cultura industriale presso la Fondazione Leonardo - Civiltà delle Macchine.

CAMILLA POVIA

Giornalista, è responsabile dell'ufficio stampa della Fondazione Leonardo - Civiltà delle Macchine.

ELISA ALBANESI

Dottoranda in Storia dell'arte contemporanea alla Sapienza Università di Roma, è redattrice della rivista "Civiltà delle Macchine".



Jael Drago

CIVILTÀ DELLE MACCHINE

RIVISTA TRIMESTRALE
3 2021
SETTEMBRE 2021

Iscrizione al Registro degli Operatori
di Comunicazione con numero 32893
ISSN 2612-4416

Numero chiuso in redazione
il 26 luglio 2021

SEDE LEGALE
Via del Plebiscito 102
00186 ROMA (RM)
TELEFONO
+39 06 32473182
E-MAIL
info@fondazioneleonardo-cdm.com
press.office@fondazioneleonardo-cdm.com

Direttore responsabile
Marco Ferrante

Coordinatore di redazione
Virginia Cavaliere

Redazione
Elisa Albanesi
Claudia Fiasca
Camilla Povia
Niccolò Serri

Progetto grafico e impaginazione
Vertigo Design

Art direction
Mario Fois e Mario Rullo

Stampa
CTS Grafica, Città di Castello



**FONDAZIONE
LEONARDO**
Civiltà delle Macchine

Presidente onorario
Luciano Carta

Presidente
Luciano Violante

Direttore generale
Raffaella Luglini

Consiglio di amministrazione
Lucio Valerio Cioffi, Lorenzo Fiori,
Alessandra Genco, Alessandro Palanza,
Andrea Parrella, Pasquale Piscitelli,
Luisa Torsi

Comitato scientifico
Patrizia Asproni, Roberta Buttiglione,
Maria Chiara Carrozza, Barbara Curli,
Giovanni Maria Flick, Luciano Floridi,
Vito Gamberale, Anna Gervasoni,
Ruggero Gramatica,
Sebastiano Maffettone,
Maurizio Morra Greco,
Alessandro Pajno, Alberto Piazza,
Fabio Pinelli, Oreste Pollicino,
Francesco Profumo, Stefano Quintarelli,
Nuria Sanz

CREDITS

copertina, pag. 1
Courtesy Archivio Achille Perilli, Orvieto /
Courtesy Riccardo De Antonis

pagg. 4-5
Courtesy Archivio Giulio Turcato / Courtesy
Collezione Paneghini

pag. 7
Bruno Munari (1907-1998), Double spheres Object, 1963,
plastic and rubber diam /
Museum of Modern Art (MoMA),
New York, Greta Daniel Design Fund
© 2021 / The Museum of Modern Art, New York /
Scala, Firenze

pagg. 8, 13
Courtesy Archivio Mario Schifano / Courtesy CSAC,
Università di Parma

pagg. 10-11
Courtesy Giovanni Pizzo e Oscar Pizzo

pagg. 14-17
© ASI (2020)

pagg. 18-19, 93
Courtesy Elena del Drago, Eddart

pag. 20
Mark Grotjahn, Untitled (Full Colored Butterfly 761), 2008,
colored pencil on paper 47.6 x 38 inches (120.9 x 96.5 cm)
© Mark Grotjahn

pag. 21
Neurons derived from human neural stem cells,
di Yirui Sun,
Wellcome Collection CC BY 4.0

pagg. 22-23
Matt Damon, Il marziano, 2015
AA Film Archive / Alamy Foto Stock

pag. 24
Courtesy Stefano Perego

pag. 25
Courtesy Archivio Studio Perugini

pagg. 26, 44-45
Courtesy Galleria Poggiali, Firenze

pagg. 28-29
Ice Confirmed at the Moon's Poles © NASA

pag. 30
Courtesy Archivio Giulio Turcato /
Courtesy Galleria Il Ponte, Firenze /
Foto di Torquato Perissi

pag. 32
Courtesy David Casini

pagg. 34-35
Courtesy Francesca Leone / Courtesy Magazzino, Roma

pagg. 36-39
Courtesy Rà di Martino

pagg. 40, 42-43
© Mattia Mognetti

pagg. 46-47
Apollo 8 Mission image, Earth over the horizon of the moon
© NASA

pagg. 48-49
David Bowie in una scena di L'uomo che cadde sulla Terra
(1976), Nicolas Roeg © British Lion / Landmark Media /
Alamy Foto Stock

pag. 52
Un razzo-triciclo / Collaboratore: Keystone Press /
Alamy Foto Stock /
Fotografo: Keystone Pictures USA

pag. 53
Dolor y gloria, di Pedro Almodóvar /
© Sony Pictures Classics/Entertainment Immagini /
Collaboratore: Entertainment Pictures /
Alamy Foto Stock

pagg. 54-55
Bruno Munari (1907-1998), Curved Negative-positive, 1950,
oil on board 50 x 50 cm Courtesy Miroslava Hajek /
Fotografo: Davide Biancorosso

pagg. 56-57
Courtesy Treccani Arte e Archivio Emilio Isgrò

pag. 60
Anselm Kiefer, The Secret Life of Plants – Luchs, 2001
197 x 284 cm oil, emulsion, acrylic, chalk, and plaster coated
branches on lead
© Anselm Kiefer

pag. 61
Courtesy Cristiano Pintaldi / Courtesy Galleria Mucciaccia,
Roma

pagg. 62-63
Official SpaceX Photos, Falcon Heavy Demo Mission,
Creative Commons
fonte <https://www.flickr.com/photos/spacex/40143096241/in/gallery-96116429@N02-72157685203201594/>

pag. 64
Interior View of L-5 Torus Sphere Colony © NASA

pag. 65
Official SpaceX Photos, Pad Abort Test Infographic,
Creative Commons
fonte <https://www.flickr.com/photos/spacex/17371035542>

pag. 66
Official SpaceX Photos, Falcon Heavy and Dragon,
Creative Commons, fonte <https://www.flickr.com/photos/spacex/26405462060/in/album-72157667519938826>

pag. 69
Courtesy Archivio dell'Opera Grafica di Pino Pascali,
Firenze

pagg. 70-72
Courtesy Fausto Fausti

pag. 73
Rappresentazione del satellite San Marco B,
Source Goddard Library,
Author NASA

pagg. 74-75
Courtesy Distretto Tecnologico Aerospaziale

pag. 76
Courtesy Giovanni Pizzo e Oscar Pizzo / Courtesy 10 A.M.
ART Gallery

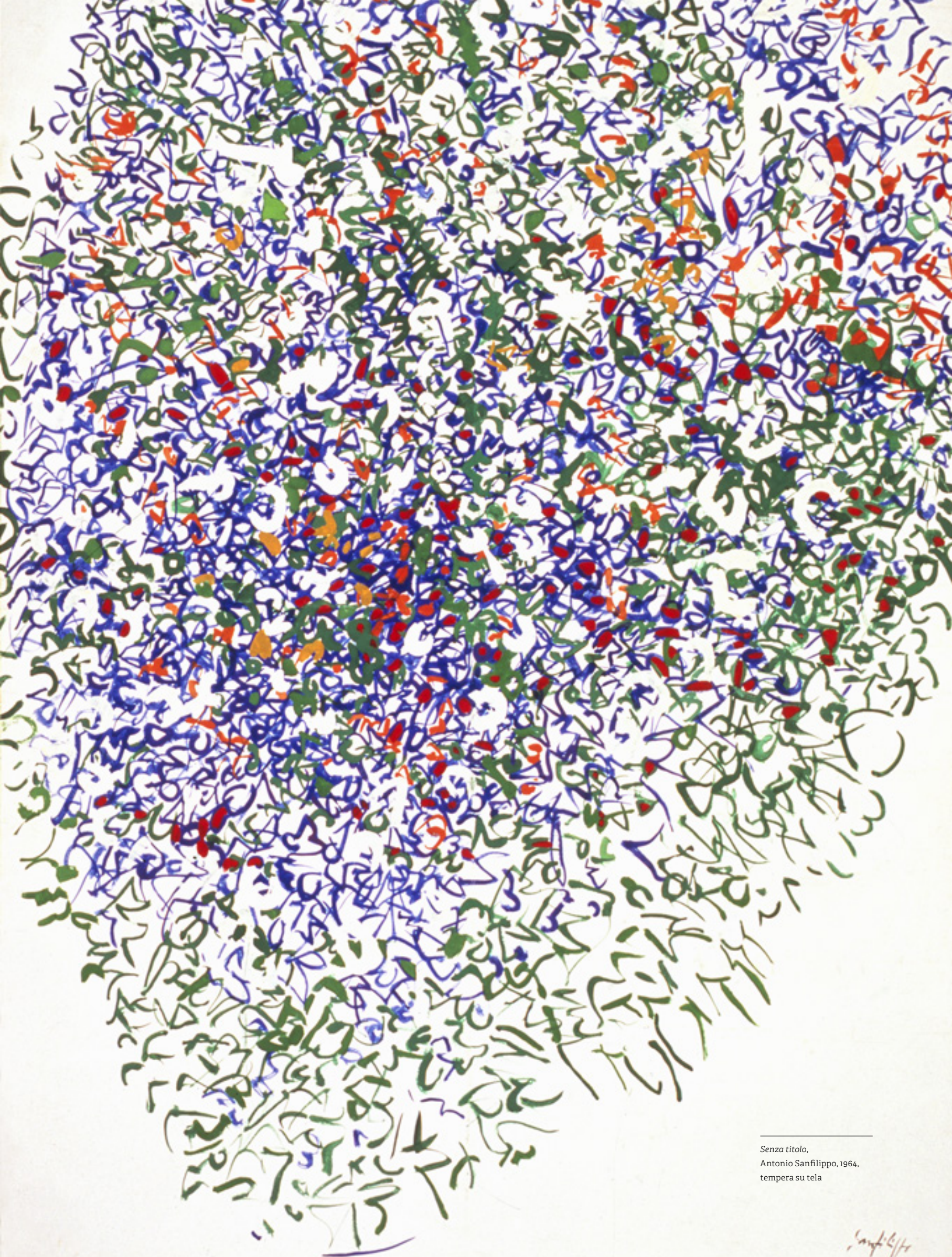
pag. 79
Milton Gendel, Lavoratori, Puglia, 1954 (busta AB007)
Courtesy Fondazione Primoli, Roma

pagg. 80-81
Palomar, Giulio Paolini, Torino, Luci d'artista
Daniele Comoglio /
Alamy Stock Photo

pag. 82
Il Volo dei Numeri, Mario Merz, Torino, Luci d'artista
MLBARIONA /
Alamy Stock Photo

pag. 85
ESA, NASA, S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team,
Northrop Grumman Aerospace Systems /
STScI / ATG medialab
fonte https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb_factsheet

pag. 95
Courtesy Archivio Accardi Sanfilippo



Senza titolo,
Antonio Sanfilippo, 1964,
tempera su tela

Sanfilippo

GRAZIE AL PREZIOSO CONTRIBUTO DI

Giovanni Giuliani, Fondazione Giuliani // Giuseppe Lupo, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano // Nadja Perilli, Giorgia Chierici, Archivio Achille Perilli // Matteo Basilé // Ettore Caruso, Archivio Giulio Turcato // Bruno Paneghini, Collezione Paneghini // Marco Niccoli, Galleria d'Arte Niccoli // Stefano Amoroso, Leonardo // Giovanni Pizzo, Oscar Pizzo // Christian Akrivos, 10 A.M. ART Gallery // Roberto Petronio, Telespazio // Elena del Drago, Eddart // Natasha Turk, James McKee, Gagosian Gallery // Gian Paolo Manzella // Raynaldo Perugini, Studio Archivio Perugini // Stefano Perego // Galleria Poggiali // Andrea Alibrandi, Galleria Il Ponte // David Casini // Francesca Leone // Gabriele Gaspari, Magazzino // Rà di Martino // Mattia Mognetti // Giulia Crespi, Archivio Emilio Isgrò // Cristiano Pintaldi // Costanza Giannelli, Galleria Mucciaccia // Simone Frittelli, Myrna Galli, Archivio dell'Opera Grafica di Pino Pascali // Fausto Fausti // Valeria Petitto, Fondazione Primoli // Alessandra Picardi, Barbara Buzio, Leonardo // Carlo Deregibus, Politecnico di Torino // Pietro Lobascio, Archivio Accardi Sanfilippo

ELISA ALBANESI WILLIAM ANDERS **GABRIELLA ARRIGO**
ERIK ASPHAUG **ROBERTO BATTISTON** CHANDRA CANDIANI
DAVID CASINI ENZO CUCCHI DON DAVIS MICHELE DE FEUDIS
FRANCESCO DEL DRAGO ORAZIO DEL MONACO **UGA DE**
PLAISANT RÄ DI MARTINO **MARCO FERRANTE** VALENTINA
FOSSATI **BARBARA FRANDINO** MILTON GENDEL **ANTONIO**
GHEZZI ALESSANDRO GILI MARK **GROTJAHN** STEFANO
GUSTINCICH **EMILIO ISGRÒ** ANSELM KIEFER **FRANCESCA**
LEONE VICO MAGISTRETTI **JACOPO MANOTTI** SERGIO
MARCHISIO **ELISEO MATTIACCI** MARIO MERZ **NICOLA MIRENZI**
MATTIA MOGNETTI **BRUNO MUNARI** MASSIMILIANO PANARARI
GIULIO PAOLINI PINO PASCALI **LUIGI PASQUALI** STEFANO
PEREGO **ACHILLE PERILLI** GIUSEPPE PERUGINI **RAYNALDO**
PERUGINI TOMMASO PINCIO **CRISTIANO PINTALDI** GIOVANNI
PIZZO **FRANCESCO PONTORNO** CAMILLA POVIA **ANTONIO**
SANFILIPPO MARIO SCHIFANO **NICCOLÒ SERRI** DANIELA
SESSA **MASSIMO SIDERI** ANDREA SOMMARIVA **BRUNO**
TABACCI PAOLO TRUCCO **GIULIO TURCATO** ROBERTO VITTORI

ISSN 2612-4416



9 772612 441007