

La nuova frontiera del viaggio: l'esplorazione del cosmo

Marco Romoli

1. Introduzione

Il 10 agosto 1519, una flotta spagnola composta da 5 navi – *Trinidad*, *San Antonio*, *Concepción*, *Victoria* e *Santiago* – salpa da Siviglia sotto il comando del navigatore portoghese Ferdinando Magellano (Fernão de Magalhães) al servizio del re Carlo I di Spagna. La spedizione, composta da 247 tra marinai, soldati e ufficiali, ha lo scopo di raggiungere le isole Molucche, dette anche isole delle spezie, seguendo una rotta verso ovest, circumnavigando a sud il continente sudamericano. Questa rotta era ritenuta da Magellano, secondo le conoscenze dell'epoca, la via più breve per raggiungere le 'Indie', dove la Spagna mirava a stabilire relazioni commerciali con i regni asiatici. La spedizione sarebbe ritornata in Spagna dopo aver circumnavigato l'Africa dimostrando in modo inequivocabile che la Terra è sferica. Un unico veliero, la *Victoria*, capitanata dal basco Juan Sebastián Elcano, con a bordo appena 17 sopravvissuti, tra cui il cronista del viaggio Antonio Pigafetta, completò il viaggio a Siviglia l'8 settembre 1522, tre anni dopo la partenza. Magellano era stato ucciso nella primavera del 1521, nel corso della battaglia di Mactan, nelle Filippine, mentre cercava di sottomettere un gruppo di nativi ribelli che non accettavano la conversione alla Cristianità. Malgrado le perdite umane e delle navi, il prezioso carico di 27 tonnellate di chiodi di garofano, trasportato dalla *Victoria*, avrebbe abbondantemente ripagato i costi della spedizione. Ma, come il capitano Elcano, al ritorno, disse al re Carlo

Marco Romoli, University of Florence, Italy, marco.romoli@unifi.it, 0000-0001-9921-1198

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Marco Romoli, *La nuova frontiera del viaggio: l'esplorazione del cosmo*, pp. 25-45, © 2021 Author(s), CC BY 4.0 International, DOI 10.36253/978-88-5518-467-0.04, in Michela Graziani, Lapo Casetti, Salomé Vuelta García (edited by), *Nel segno di Magellano tra terra e cielo. Il viaggio nelle arti umanistiche e scientifiche di lingua portoghese e di altre culture europee in un'ottica interculturale*, © 2021 Author(s), content CC BY 4.0 International, metadata CC0 1.0 Universal, published by Firenze University Press (www.fupress.com), ISSN 2704-5919 (online), ISBN 978-88-5518-467-0 (PDF), DOI 10.36253/978-88-5518-467-0

I «[...] aquello que más debemos estimar y tener es que hemos recorrido y descubierto toda la redondeza del mundo» (Elcano *apud* López Jiménez 2020, 25).

Il viaggio di Magellano fu la prova sperimentale diretta che la Terra è «rotonda». Al termine del viaggio scoprirono anche che la data di arrivo secondo il calendario mantenuto a bordo corrispondeva a un giorno in meno rispetto al calendario spagnolo, perché la spedizione aveva tagliato da est verso ovest quella che in tempi moderni sarà chiamata la «linea del cambiamento di data», che divide l'Oceano Pacifico in due, dallo stretto di Bering all'Antartide, attraversando la quale avrebbero dovuto togliere un giorno alla data sul calendario.

Questa fu la principale scoperta scientifica del viaggio: la Terra è sferica ed è più grande di quanto era a loro conoscenza. Fu un viaggio di scoperta, e come molte delle scoperte scientifiche sono fortuite, come si dice in inglese *serendipitous*. Magellano scoprì che l'Oceano Pacifico era molto più esteso di quel che si pensava, come si può vedere nell'emisfero occidentale del globo disegnato da Johannes Schöner nel 1520, che rifletteva il concetto erroneo degli europei, per cui Asia e America erano prossime l'un l'altra.



Fig. 1 – Globo di Johannes Schöner (1515) (Chet van Duzer, 2011). <https://www.sciencephoto.com/media/571494/view/globus-des-johannes-schoner>

La spedizione pagò questa conoscenza errata con la vita di molti uomini dell'equipaggio che morirono di scorbuto e altre malattie durante una traversata nella quale non incontrarono terraferma per più di 60 giorni.

I principali obiettivi della missione erano senza ombra di dubbio di natura politica, strategica e commerciale, dettati dalla sete di risorse e dalla guerra egemonica tra le due maggiori potenze marinare dell'epoca: la Spagna e il Portogallo, ma ciononostante fu una missione spinta dalla volontà di un singolo uomo, Magellano. Uomo che osò addirittura cambiare la propria nazionalità per ottenere l'autorizzazione e i finanziamenti dal re avversario e pagò importanti conseguenze per questo, se solo si vuole ricordare l'ammutinamento nella baia di San Antonio lungo le coste della Patagonia argentina, represso col sangue, perché gli altri comandanti delle navi non riconoscevano l'autorità di uno 'straniero', guardato fin dalla partenza con grande sospetto.

Il viaggio di Magellano rappresenta uno degli apici dell'esplorazione della Terra, che termina, non a caso, proprio all'inizio della corsa allo Spazio, con il raggiungimento dei poli geografici, le trasvolate oceaniche e la conquista degli 8000 metri dei massicci asiatici dell'Himalaya e del Pamir. Quando fu lanciato lo Sputnik dai sovietici, episodio che segna l'inizio simbolico dell'era spaziale, solo tre montagne sopra gli ottomila restavano inviolate¹.

Una guerra egemonica, analoga a quella delle potenze marinare del XVI secolo, fu svolta dalle due superpotenze, USA e URSS, al termine della Seconda Guerra Mondiale, quando in piena Guerra Fredda lo Spazio diventò uno dei terreni di gara: il dominio strategico della Terra dallo Spazio, la dimostrazione del proprio ingegno per dominare l'avversario in cielo e nella corsa alla Luna. La scienza missilistica sviluppata in tempo di guerra era pronta per mandare i primi razzi balistici carichi di testate nucleari per mostrare al nemico la capacità di raggiungerlo con un solo tiro, ma anche in parallelo per effettuare ricerche scientifiche. Il primo razzo per l'osservazione del Sole nell'ultravioletto fu lanciato nel 1946. Anche in questo caso furono le competenze di pochi scienziati, come Werner von Braun negli Stati Uniti e Sergej Korolëv in Russia, che permisero ai due paesi di mandare l'uomo nello Spazio. L'Unione Sovietica perse la corsa alla Luna per la scelta del vettore, per le rivalità degli ingegneri che guidavano il programma e, chi dice, per la perdita prematura di Korolëv, nonostante il *rover* Lunochod 1 fu il primo *rover* a controllo remoto ad atterrare sulla Luna nel 1970, dopo il fallimento della prima missione il 19 febbraio 1969.

L'occasione del cinquecentenario del viaggio di Magellano ci dà l'opportunità di ripercorrere le principali tappe dell'esplorazione dello Spazio rivolte alla 'conquista' e allo studio dell'Universo, mantenendo ove possibile il parallelo con l'impresa del portoghese.

¹ Il Gasherbrum I, il Dhaulagiri e lo Shisha Pagma conquistate, rispettivamente, nel 1958, nel 1960 e nel 1964.

2. *The Moon race*

La competizione tra USA e URSS iniziò immediatamente dopo la fine del secondo conflitto mondiale. Era l'inizio della Guerra Fredda, combattuta con la corsa agli armamenti nucleari, una follia che serviva da deterrente contro lo scoppio di una Guerra 'calda', il supporto contrapposto a guerre regionali in tutto il mondo, con la crisi cubana e la corsa alla Luna.

I russi furono i primi, il 4 ottobre 1957, a lanciare in orbita un satellite: lo *Sputnik I*. I primi a mandare il primo essere vivente nello spazio, la cagnetta Laika, il 3 novembre 1957, e di nuovo i primi a lanciare il primo uomo e la prima donna in orbita terrestre: Jurij Gagarin il 12 aprile del 1961 e Valentina Tereškova il 16 giugno del 1963. Sovietico fu anche il primo cosmonauta, Aleksej Leonov, a 'passeggiare' nello Spazio, il 18 marzo 1965.

Nel frattempo, il 1 ottobre del 1958, gli americani iniziarono il programma Mercury, coordinato dalla *National Administration and Space Agency* (NASA) e lanciarono il primo uomo nello Spazio, Alan Sheperd, ma con un volo balistico, meno di un mese dopo il lancio di Gagarin.

Ufficialmente la corsa alla Luna fu annunciata dal presidente Kennedy subito dopo il volo di Alan Sheperd con un discorso al Congresso del 25 maggio 1961. Kennedy spiegò le motivazioni per portare l'uomo sulla Luna durante il celebre discorso alla Rice University in Texas, il 12 settembre del 1962:

[...] We set sail on this new sea because there is new knowledge to be gained, and new rights to be won, and they must be won and used for the progress of all people. For space science, like nuclear science and all technology, has no conscience of its own. Whether it will become a force for good or ill depends on man, and only if the United States occupies a position of pre-eminence can we help decide whether this new ocean will be a sea of peace or a new terrifying theater of war. I do not say that we should or will go unprotected against the hostile misuse of space any more than we go unprotected against the hostile use of land or sea, but I do say that space can be explored and mastered without feeding the fires of war, without repeating the mistakes that man has made in extending his writ around this globe of ours.

There is no strife, no prejudice, no national conflict in outer space as yet. Its hazards are hostile to us all. Its conquest deserves the best of all mankind, and its opportunity for peaceful cooperation may never come again. But why, some say, the moon? Why choose this as our goal? And they may well ask why climb the highest mountain? Why, 35 years ago, fly the Atlantic? Well, space is there, and we're going to climb it, and the moon and the planets are there, and new hopes for knowledge and peace are there. [...]

[...] We choose to go to the moon. We choose to go to the moon in this decade and do the other things, not because they are easy, but because they are hard, because that goal will serve to organize and measure the best of our energies and skills, because that challenge is one that we are willing to accept, one we are unwilling to postpone, and one which we intend to win. [...] (Kennedy 1962).

Le vere motivazioni erano di nuovo legate a interessi geopolitici e strategici, al futuro sfruttamento delle risorse nel Sistema Solare, ad armamenti spaziali e a satelliti spia, ma anche allo sviluppo di tecnologie con una ricaduta nella vita di tutti i giorni, conoscenza scientifica e naturalmente lo spirito di frontiera, tipico della cultura americana.

La corsa alla Luna ebbe inizio nel giusto contesto storico, la Guerra Fredda, che impegnò risorse economiche, grande impegno e volontà. Il programma Apollo della NASA portò i primi due uomini a toccare il suolo del nostro satellite naturale, la Luna: Buzz Aldrin e Neil Armstrong, quest'ultimo il primo a poggiare il piede sulla Luna e famoso per la frase *That is one small step for a man, one giant leap for Mankind*.

Sbarcare sulla Luna richiese il superamento di numerose difficoltà tecniche, quali sfuggire all'orbita terrestre, agganciare l'orbita della Luna, costruire un veicolo in grado di staccarsi dalla navicella di supporto, scendere sulla superficie della Luna, e successivamente decollare, riagganciare il veicolo orbitante, riguadagnare l'orbita della Terra e rientrare dentro l'atmosfera senza mancarla oppure essere bruciati dal calore che si sviluppa con l'attrito con l'aria. L'incredibile sforzo messo nel programma in termini di risorse economiche, tecnologie, tecnici e scienziati che ci lavorarono, premesse di raggiungere l'obiettivo Luna in soli 8 anni, quasi niente se confrontato con i tempi attuali per la realizzazione di una missione spaziale ben meno ambiziosa con sonde automatiche. La prematura morte di Korolëv portò a uno stallò il programma sovietico, anche se a posteriori fu detto che i sovietici non avevano la tecnologia per poter raggiungere la Luna con dei cosmonauti².

3. *Outer Space Treaty*

Quando nasce una disputa, una competizione tra due 'potenze', è sempre necessario stabilire le regole del gioco. All'inizio del Cinquecento, Spagna e Portogallo dominavano i mari e avevano bisogno di stabilire dei confini che identificassero le regioni con diritti di prevalenza per le colonizzazioni e i commerci. Il trattato di Tordesillas, firmato in Spagna il 7 giugno 1494, divideva le terre e i mari fuori dall'Europa tra l'impero portoghese e l'impero spagnolo lungo un meridiano di 370 leghe (1184 miglia nautiche) a est delle isole di Capo Verde. Il trattato, firmato a meno di due anni dalla scoperta delle Indie Occidentali da parte di Cristoforo Colombo, permetteva alla Spagna di reclamare la sovranità su tutte le isole appena scoperte da Colombo, ma allo stesso tempo permetteva al Portogallo di circumnavigare l'Africa verso l'India e di sfruttare le terre della costa più orientale del Brasile.

Fu necessario un secondo trattato per risolvere la controversia delle Molucche. Era difficile per le conoscenze dell'epoca stabilire l'antimeridiano del meridiano di Tordesillas. Il trattato di Saragozza, firmato nell'aprile del 1529, stabiliva che le isole delle spezie appartenevano al Portogallo e in cambio la Spagna riceveva un risarcimento in denaro di cui l'imperatore Carlo V³ necessitava

² Gli astronauti sovietici furono chiamati cosmonauti dal nome del programma spaziale russo che si chiamava InterCosmos.

³ Il re Carlo I di Spagna viene incoronato imperatore del Sacro Romano Impero nell'ottobre 1520 col nome di Carlo V.

disperatamente per finanziare una delle tante guerre contro la Francia. Il mondo veniva così letteralmente diviso in due emisferi.



Fig. 2 – Confini di influenza di Spagna e Portogallo sanciti dal trattato di Tordesillas (1494) e successivamente dal trattato di Saragozza (1529). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spain_and_Portugal.png

Il trattato di Tordesillas era un atto di non belligeranza che permetteva ai due imperi di Portogallo e Spagna di colonizzare e commerciare in tutto il mondo senza conflitti, almeno sulla carta.

In modo simile, ma con scopi diversi, il trattato internazionale sullo spazio extra-atmosferico (*Outer Space Treaty*), che include la Luna e gli altri corpi celesti, fornisce i principi che governano le attività delle nazioni in materia di esplorazione e utilizzazione dello Spazio e una legislazione che promuove il controllo degli armamenti e l'uso pacifico dello Spazio.

Inizialmente lo *Outer Space Treaty* fu ratificato da USA, URSS e Regno Unito, entrò in vigore il 10 ottobre 1967 e successivamente venne ratificato anche dalla maggior parte delle nazioni. Il trattato proibisce i test e l'invio di testate nucleari e armi di distruzione di massa in orbita terrestre sulla Luna o su altri corpi celesti. Promuove l'uso della Luna e degli altri corpi per attività pacifiche e proibisce di rivendicarne la sovranità.

All'epoca, la possibilità di sfruttare le risorse dei corpi celesti era piuttosto lontana dalla realtà e il trattato è rimasto piuttosto vago sulla regolamentazione di tali attività. La commissione delle Nazioni Unite sugli usi pacifici dello Spazio (*Committee on the Peaceful Uses of Outer Space – COPUOS*) coordina il trattato e tutte le questioni relative alla legislazione spaziale (cfr. UNOOSA 2021).

4. Astrofisica

La corsa alla Luna non fu l'unico scopo dell'uomo nello Spazio. Lo Spazio fu immediatamente sfruttato per scopi scientifici e militari. La Guerra Fredda esigeva che le due superpotenze si spiassero l'un l'altra e satelliti, sempre più sofisticati per l'osservazione del nemico, vennero messi in orbita terrestre. Le telecomuni-

cazioni sfruttarono i satelliti per la comunicazione a grande distanza e la televisione sfruttò i satelliti per trasmettere in Mondovisione, una parola che adesso fa sorridere, ma all'epoca evocava grandi eventi. Ma il maggiore impulso lo ebbe la scienza che iniziò a guardare verso il suolo, i mari e l'atmosfera e verso il cielo. Si esplorò in questo modo ogni angolo della Terra, le sue risorse, i fenomeni meteorologici e climatici, e l'Universo.

Perché si mandano telescopi nello Spazio? L'astrofisica, da terra, è limitata dalla presenza dell'atmosfera che è opaca in quasi tutte le bande dello spettro elettromagnetico con l'eccezione di due sole 'finestre': la radiazione visibile e le onde radio.



Fig. 3 – Grado di trasparenza dell'atmosfera terrestre (in percentuale sull'asse y) in funzione della lunghezza d'onda/frequenza (sull'asse x) mette in evidenza dove l'atmosfera è opaca (bande marroni) e dove è trasparente.

Le radiazioni ionizzanti, come l'ultravioletto, i raggi X e i raggi gamma, fortunatamente per la vita sulla Terra, sono assorbite nell'alta atmosfera, così come la maggior parte della radiazione infrarossa e delle microonde. La cosiddetta astronomia multibanda, che fornisce oggi gran parte della conoscenza dell'Universo, era estremamente limitata fino a 60 anni fa. Gli astronomi iniziarono a costruire la strumentazione per l'ultravioletto a partire dalla fine della Seconda Guerra Mondiale e negli anni settanta tutte le bande furono esplorate, prima con razzi sonda e poi con satelliti dedicati. Per esempio, giusto per citare una ricerca condotta dagli scienziati italiani Riccardo Giacconi e Bruno Rossi, le prime osservazioni nei raggi X furono ottenute con esperimenti su razzi sonda nel 1962.

L'opacità dell'atmosfera non è l'unica caratteristica che limita l'osservazione astronomica. L'atmosfera è turbolenta e la turbolenza determina la variazione delle proprietà ottiche dell'aria, nel tempo e nello spazio. Questo fenomeno, in astronomia, è noto col nome di *seeing* e induce uno sfuocamento delle immagini con perdita di risoluzione spaziale, necessaria per distinguere i dettagli dell'oggetto studiato, e una perdita di sensibilità per gli oggetti più deboli e quindi collocati nell'Universo più lontano, o come si dice in astrofisica, più profondo. Il primo osservatorio spaziale progettato per lavorare nelle bande spettrali dall'ultravioletto all'infrarosso è stato lo *Hubble Space Telescope* (HST) che ha ampliato la finestra per gli astronomi, catturando incredibili dettagli degli oggetti



Fig. 4– *Ultra Deep Field* prodotto da HST. Immagine ad alta risoluzione con circa 10.000 galassie di varie età, grandezze, forme e colori (il lato dell’immagine ha un’estensione inferiore a un decimo del diametro angolare della Luna). Le più piccole e rosse, circa 100, sono tra le più distanti galassie mai catturate da un telescopio ottico: risalgono a quando l’universo aveva appena 800 milioni di anni. Per ottenere l’immagine sono stati necessari più di 11 giorni di esposizioni. (Crediti: NASA, ESA, and S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team) <https://esahubble.org/images/heic0406a>

celesti e ottenendo le prime informazioni da galassie molto lontane; un primo sguardo nel passato dell’Universo⁴. Un nuovo telescopio spaziale da 6 metri di diametro sarà lanciato alla fine del 2021. Si chiama *James Webb Space Telescope* (JWST) e sostituirà il vecchio HST con prestazioni molto migliori nel visibile e nell’infrarosso. JWST verrà collocato in L2, uno dei cinque punti di equilibrio gravitazionale tra la Terra e il Sole, chiamati punti lagrangiani⁵.

⁴ Quando osserviamo una galassia molto lontana (miliardi di anni luce) la stiamo osservando com’era nel momento in cui la radiazione ha lasciato la galassia, ovvero miliardi di anni fa e quindi la osserviamo com’era in un lontano passato quando l’Universo era giovane.

⁵ In un sistema formato da due corpi che interagiscono gravitazionalmente, come il Sole e la Terra, si identificano 5 punti dell’orbita del corpo di massa minore intorno al baricentro del

5. Missioni interplanetarie

Uno dei più avvincenti capitoli dei viaggi spaziali è rappresentato dall'esplorazione del Sistema Solare. I primi viaggi verso nuovi mondi iniziarono non appena i razzi furono in grado di sfuggire alla forza di gravità terrestre. La Luna fu chiaramente il primo obiettivo ma, subito dopo, sia americani che sovietici si avventurarono verso i corpi celesti più vicini: Venere con la sua densa atmosfera di anidride carbonica (quasi 100 volte la pressione terrestre) e alta temperatura (464° C), e Marte, con un'atmosfera tenue sempre di anidride carbonica (<1% della pressione terrestre) ma certamente più ospitale anche se non abitabile (temperatura di -63° C).

Venere fu raggiunto dalla NASA nel 1962 con *Mariner 2*. Il pianeta fu sorvolato dalla sonda che trasmise dati relativi al pianeta, ma senza immagini. Marte, invece, fu sorvolato da *Mariner 4*, il quale inviò anche immagini del pianeta. All'epoca si credeva ancora che ci fosse vita su Marte, perché al telescopio si vedevano variazioni di colore. I dati mostrarono però che Marte era un pianeta piuttosto inerte, con atmosfera tenue e senza campo magnetico, quindi sottoposto all'aspro ambiente spaziale. Tali risultati attenuarono molto l'entusiasmo per l'esplorazione del pianeta e il calo di interesse in termini di finanziamento e impegno politico fu significativo.

Successivamente, i russi spedirono su Venere la sonda *Venera 3*, che il 1 marzo 1966 si schiantò sul suolo del pianeta dopo aver raccolto dati della sua atmosfera. Fu il primo manufatto umano a toccare il suolo di un altro pianeta. Le prime immagini della superficie furono ottenute solo nel 1975 dalle sonde sovietiche *Venera 9* e *10*.

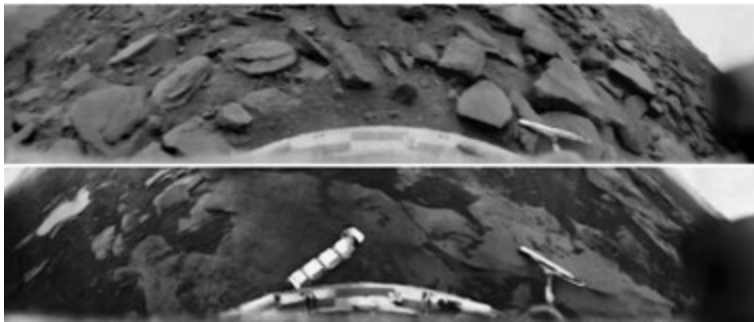


Fig. 5 – Prime immagini di Venere ottenute dalle prime sonde sovietiche che hanno toccato il suolo del pianeta: *Venera 9*, atterrata il 22 ottobre 1975 (in alto) e *Venera 10*, atterrata 3 giorni dopo (in basso). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_de_Venera_9.png, https://www.planetary.org/space-images/venera_10_panorama_stryk

sistema, detti punti lagrangiani (da L1 a L5), che sono punti di equilibrio. Ad esempio L1 si trova a circa 1,5 milioni di chilometri dalla Terra verso il Sole sulla retta ideale congiungente la Terra al Sole: in esso si equilibra la forza di gravità esercitata reciprocamente dalle masse dei due corpi. L2 si trova a circa 1,5 milioni di chilometri sulla stessa retta ma in direzione opposta al Sole rispetto alla Terra. Entrambe sono posizioni molto stabili dove vengono collocati satelliti per l'osservazione del Sole e dell'Universo.

La prima immagine da un *lander* su Marte fu invece ottenuta dalla sonda NASA *Viking 1* nel 1976, come si vede dalla nitidissima immagine qui riportata.

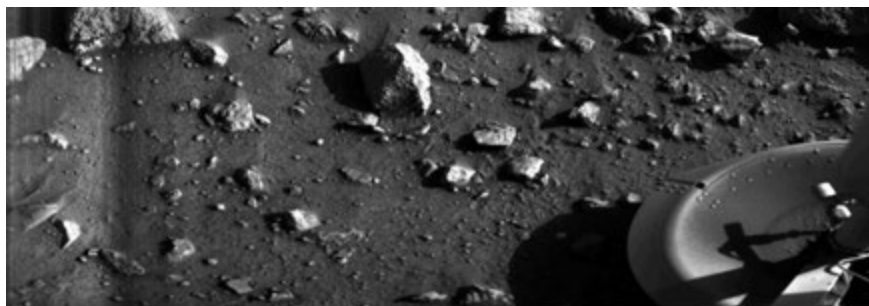


Fig.6 – Prima immagine scattata dalla superficie di Marte, ottenuta dal *lander* di *Viking 1* il 20 luglio 1976. (Crediti: NASA Viking Image Archive). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mars_Viking_12a001.png

Negli anni successivi e ancora oggi ci sono missioni dedicate all'esplorazione di uno o più corpi celesti con lo scopo di capirne le caratteristiche, studiarne l'atmosfera e il suo campo magnetico. Osservazioni che servono per capire come si è formato il Sistema Solare e come si è sviluppata la vita e, ultimamente, usate anche per ricercare la presenza di acqua e di forme di vita. Sarebbe troppo lungo qui menzionare tutti gli oggetti che sono stati visitati, basta solo andare nelle pagine web della NASA e dell'ESA (European Space Agency) per avere una panoramica della varietà delle atmosfere e delle superfici di questi oggetti, dai pianeti di tipo terrestre (Mercurio, Venere, Marte), ai pianeti gassosi (Giove, Saturno, Urano e Nettuno), agli anelli e ai satelliti di Giove e di Saturno, Urano e Nettuno, ai pianeti nani, agli oggetti transnettuniani, alle comete e agli asteroidi. L'ultimo oggetto in ordine di tempo a essere stato sorvolato è il pianeta Plutone, raggiunto dalla sonda *New Horizon* nel 2015. Una collezione di immagini dei vari oggetti è mostrata nella figura seguente (Figura 7), dove si vede l'incredibile varietà che caratterizza gli oggetti del Sistema Solare.

Merita una menzione particolare l'avvincente missione Rosetta dell'ESA, che lanciata nel 2004, ha raggiunto la cometa Churyumov-Gerasimenko nel 2014, dopo un viaggio in cui gli strumenti della sonda sono stati ibernati per due anni e mezzo per sopravvivere all'ambiente spaziale per poi essere risvegliati poco prima di raggiungere la cometa. È stato il primo esperimento di questo tipo, caratterizzato dalla trepidante attesa del risveglio trasmessa in diretta *streaming* sul portale video ESA, e con l'annuncio dato tramite l'*account twitter @ESA_Rosetta* con la frase *Hello, World!*. La sonda trasportava anche un *lander* per sbarcare sulla cometa, chiamato *Philae*.

Si tenga solo presente la complessità di una missione come Rosetta progettata per inserirsi nell'orbita di un oggetto di cui non si conosceva né la forma né la sua gravità. Non è molto dissimile dal navigatore Magellano che non sapeva se e dove avrebbe trovato il passaggio a sud per la rotta per le Indie.



Fig. 7 – La varietà nel Sistema Solare (Crediti tra parentesi). Dall'alto: ricostruzione della sonda *Solar Orbiter* con un'immagine del Sole nell'estremo UV sullo sfondo (NASA/SDO). Sotto, da sinistra, la cometa Churyumov-Gerasimenko a 4 km di distanza vista da Rosetta (ESA/Rosetta); Mercurio visto da *Messenger* (NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington); Giove (NASA/Juno), Marte (NASA/Global Surveyor) e Nettuno (NASA/Voyager 1). Nella fila sotto: Venere (JAXA/Akatsuki); Asteroide Ida e i satelliti di Giove (NASA/Galileo); la cometa Churyumov-Gerasimenko (ESA). In basso da sinistra: Urano (NASA/Voyager 1); Saturno da *Cassini* (NASA/ESA); Suolo di Marte (NASA/Mars Curiosity); Plutone (NASA/New Horizons) e Titano, satellite di Saturno (NASA/ESA Cassini). [Solar Orbiter: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/10/Facing_the_Sun. Credits: ESA/ATG medialab; Sun: NASA/SDO/ P. Testa (CfA)], [Churyumov-Gerasimienko: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comet_67P_on_19_September_2014_NavCam_mosaic.jpg], [Mercurio: https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2455.html], [Giove: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PIA22946-Jupiter-RedSpot-JunoSpacecraft-20190212.jpg>], [Marte: <https://mars.nasa.gov/resources/6453/valles-marineris-hemisphere-enhanced/>], [Nettuno: [https://it.wikipedia.org/wiki/File:Neptune_-_Voyager_2_\(29347980845\)_flatten_crop.jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Neptune_-_Voyager_2_(29347980845)_flatten_crop.jpg)], [Venere: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_view_uvi_Venus_\(Akatsuki\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_view_uvi_Venus_(Akatsuki).jpg)], [Ida: <https://www.jpl.nasa.gov/images/asteroid-ida-and-its-moon>], [satelliti di Giove: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Galilean_satellites_\(the_four_largest_moons_of_Jupiter\).tif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Galilean_satellites_(the_four_largest_moons_of_Jupiter).tif)], [Churyumov-Gerasimienko: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comet_on_7_July_2015_NavCam.jpg], [Urano: <https://en.wikipedia.org/wiki/Uranus#/media/File:Uranus2.jpg>], Saturno: <https://www.planetary.org/space-images/saturn-from-cassini>], [Plutone: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pluto_by_LORRI_and_Ralph_13_July_2015.jpg], [Titano: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ligeia_Mare_in_false_color_\(PIA17031\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ligeia_Mare_in_false_color_(PIA17031).jpg)]

Nonostante il *lander* non abbia completato il suo obiettivo per via della posizione di atterraggio che non ha permesso di usare il trapano per trivellare la superficie, la missione è stata un grande successo per la quantità di dati ottenuti nel corso del passaggio della cometa al perielio e ha trasmesso a Terra numerose splendide immagini della cometa e del suo nucleo, dalla sua bizzarra forma (Siercks et al. 2017).

Per ultima posso ricordare in questo contesto la sonda della NASA che prende il nome da Magellano, prima sonda lanciata nel 1989 dallo *Space Shuttle* e non da Terra, ideata per mappare con tecniche radar la superficie di Venere, come Magellano mappò le nuove terre che incontrò nel viaggio. Come il viaggio di Magellano rivelò la vasta natura della Terra e la distribuzione di estesi oceani e dei continenti, così la sonda *Magellan* ha fornito per la prima volta dettagli sulla geografia del pianeta più vicino alla Terra, ma nascosto da una densa e impenetrabile atmosfera (cfr. NASA).

Le poche missioni citate giungono al successo dopo molti tentativi, alcuni dei quali, invece, sono stati degli insuccessi, dovuti a razzi difettosi, al mancato raggiungimento dell'obiettivo, alla perdita di contatto fino al disastroso atterraggio sul pianeta. Ma questo è un evento che in ogni esplorazione va messo in conto.

6. Missioni solari

Nello spirito del mito di Icaro, rivisitato in chiave scientifica, ci sono stati molti osservatori spaziali per lo studio della nostra stella, il Sole. I motivi sono tanti. Il Sole è il motore del Sistema Solare e fornisce tutta l'energia necessaria per sostenere la vita sulla Terra. Una piccola variazione della sua luminosità può modificare il clima terrestre trasformando il pianeta in una palla di ghiaccio oppure in un arido deserto. Il Sole può essere considerato la 'stele di Rosetta' per lo studio dell'evoluzione delle stelle, essendo l'unica stella osservabile in grande dettaglio. Esso rappresenta inoltre un laboratorio cosmico per studiare il comportamento di un gas ionizzato, chiamato plasma. Ma, soprattutto, è la vicinanza che lo rende l'unico astro a influenzare direttamente l'ambiente terrestre. Il Sole ha un ciclo di attività con un periodo di circa 11 anni dovuto all'evoluzione del proprio campo magnetico. Fenomeni associati con l'attività del ciclo solare generano particelle che si propagano fino ad arrivare ai confini del Sistema Solare e possono produrre effetti sulla Magnetosfera terrestre, quell'involucro magnetico che protegge la Terra dal continuo flusso di particelle generato dal Sole, chiamato vento solare. Eventi di maggiore energia avvengono durante il massimo del ciclo solare, con maggiore frequenza. Le particelle accelerate da questi eventi possono penetrare la difesa fornita dalla Magnetosfera e producono quelle spettacolari manifestazioni naturali che sono le aurore boreali, ma possono causare tempeste geomagnetiche sulla Terra che disturbano le telecomunicazioni, danneggiano i satelliti e le linee di trasmissione elettrica e sono pericolose per la salute degli astronauti e di equipaggi e passeggeri degli aerei in rotte polari. È perciò molto importante correlare tali eventi con le tempeste geomagnetiche sulla Terra per poter prevedere in futuro quali di questi episodi possono avere effetti negativi e prevenirli. La scienza che studia le cause e gli effetti delle tempeste geomagnetiche si chiama *Space Weather* (Meteorologia Spaziale).

Come per l'astronomia 'notturna', l'atmosfera limita l'osservazione del Sole, la cui tenue atmosfera, detta corona solare, è visibile solo durante le rare eclissi totali di Sole, che avvengono circa una volta ogni anno e mezzo con durate dell'ordine di pochi minuti.

La missione NASA *Solar Maximum Mission* (SMM) fu uno dei primi satelliti che portavano a bordo diversi strumenti per lo studio del Sole. Lanciato nel 1980, fu anche il primo satellite per il quale fu inviata nel 1983 una missione dello *Space Shuttle* per ripararlo. Cessò la sua attività nel 1989.

Probabilmente, il più noto osservatorio solare spaziale, le cui immagini del Sole, oltre all'intrinseco valore scientifico, sono state prese a prestito da annunci pubblicitari, loghi e così via, è stato il *Solar Heliospheric Observatory* (SOHO), lanciato nel dicembre 1995 con un carico di strumenti (*payload*) in grado di studiare la fisica del Sole dal suo interno fino alla sua atmosfera estesa, detta Eliosfera, che riempie il Sistema Solare. La sonda, costruita dall'ESA e lanciata dalla NASA, con i suoi telescopi e strumenti in grado di campionare *in-situ* le particelle del vento solare e ad alta energia, ha in parte riscritto la fisica solare, contribuendo alla comprensione del Sole e dei suoi dintorni. A 26 anni dal lancio, SOHO è ancora operativo.

In anni recenti, l'attenzione verso la meteorologia spaziale, ma anche verso i cambiamenti climatici, ha dato una spinta allo studio del Sole e dell'Eliosfera. Tra le sonde che saranno operative nel decennio che è appena iniziato è importante citare la *Parker Solar Probe* (PSP), una missione NASA lanciata nell'agosto 2018 che si avvicinerà a una distanza dal Sole inferiore a 10 raggi solari. Al perielio della sua orbita toccherà la velocità di circa 200 km/s, diventando l'oggetto più veloce costruito dall'uomo. PSP, con sola strumentazione *in-situ*, esplorerà quelle regioni della corona solare dove avviene l'accelerazione delle particelle del vento solare e dove si propagano ad alta velocità le eruzioni di massa. Con obiettivi simili, ma con un differente *payload* e una diversa orbita, la sonda europea *Solar Orbiter*, all'interno di una collaborazione ESA-NASA, è stata lanciata nel febbraio del 2020, appena prima dello scoppio della pandemia di coronavirus. *Solar Orbiter* trasporta sei telescopi che studieranno l'interno del Sole, il suo campo magnetico e la corona solare e 4 strumenti *in-situ*, dedicati alla misura dei campi magnetici e elettrici in Eliosfera, delle particelle del vento solare e dei raggi cosmici.

Solar Orbiter raggiungerà la sua orbita operativa alla fine del 2021 dopo un viaggio disegnato con la precisione di un gioco di biliardo cosmico con due incontri con il pianeta Venere e uno finale con la Terra, che servono a modificare la traiettoria e a cambiare la velocità della sonda. *Solar Orbiter* raggiungerà il perielio a 0,28 au⁶ e dopo incontri periodici con Venere che inclineranno l'orbita per spingere la sonda al di fuori dall'eclittica, fotograferà per la prima volta i poli del Sole, fornendo importanti informazioni sulla formazione del campo magnetico solare.

⁶ L'unità astronomica (au) è approssimativamente la distanza media tra Terra e Sole e corrisponde a circa 150 milioni di chilometri, o circa 215 raggi solari.

PSP, *Solar Orbiter*, insieme alle sonde prossime alla Terra quali SOHO, STEREO, SDO (Solar Dynamics Observatory), gli osservatori cinese e indiano ASO-S (Advanced Space-based Solar Observatory) e Aditya (che significa Sole in sanscrito), e gli osservatori solari a Terra, formeranno una grande flotta per l'esplorazione del Sole come non c'era mai stata finora.

7. Il costo di una esplorazione

Quanto costa un'esplorazione? Nel caso della missione di Magellano, essendo anche una missione commerciale, i costi di acquisto delle navi, del loro allestimento, la paga per ufficiali, militari e marinai, negoziata individualmente, sarebbe stato ammortizzato, in caso di successo, con la vendita delle preziose spezie riportate, senza contare la conquista di nuovi territori per la corona spagnola e nuove alleanze. Il costo totale ammontò a circa 8,7 milioni di Maravedi (cfr. Guillemard 1891, 329), l'equivalente di 170 milioni di euro di oggi⁷, per due anni di preparazione e 3 di viaggio. La spedizione fu finanziata dal re di Spagna che cercava nuovi territori da conquistare per il regno su cui non tramontava mai il sole, anche se, essendo molto indebitato, Carlo dovette chiedere un prestito ai banchieri Fugger. Dal punto di vista economico, come si è già detto, il viaggio, malgrado le perdite umane, fu ampiamente ripagato dal carico di spezie riportato in patria.

Ma qual è il ritorno di una missione spaziale? Sicuramente non è economico, o almeno non lo è stato finora, prima dell'ingresso delle compagnie private nel business; sicuramente prestigio per le nazioni che riescono a realizzare una missione spaziale. Il ritorno viene dallo sviluppo tecnologico che poi verrà impiegato nella vita di tutti i giorni, dall'elettronica ai materiali speciali. Ma soprattutto è la conoscenza che portano queste missioni che è anche poi uno dei motivi per cui vengono realizzate.

I costi sono ingenti e le motivazioni devono essere forti. Un modo per quantificare il costo di una missione spaziale in maniera grossolana è quello di considerare che ogni chilogrammo da lanciare costa 1 milione di euro. Si può fare un confronto tra i costi di un telescopio terrestre e un telescopio spaziale. Da una parte si può prendere come esempio il telescopio solare attualmente più grande, entrato in funzione lo scorso anno alle Hawaii: specchio di 4 metri di diametro per un costo di circa 350 milioni di dollari; oppure lo *Extremely Large Telescope* con 30 metri di diametro, che supererà il miliardo di dollari. Dall'altra il *James Webb Telescope*, il futuro telescopio spaziale di 6 metri di diametro che costerà 10 miliardi di dollari. Un altro è il *Solar Orbiter*. La missione, selezionata nel 2011, lanciata nel 2020, e che terminerà le sue operazioni nel 2030, costerà, tutto compreso, 1,5 miliardi di euro. Sembrano cifre enormi, però vediamole in un'altra prospettiva: la popolazione europea è di circa 750 milioni di abitanti. Chi non spenderebbe due euro in venti anni per conoscere meglio la nostra stella?

⁷ 1 Maravedi corrispondeva a 0,02 US\$ nel 1929 (Walsh, 1929). 1 US\$ del 1929 corrisponde oggi a circa 15 US\$.

8. Come si realizza una missione spaziale

Oggi giorno, il processo di definizione, costruzione e completamento di una missione spaziale prende da 15 a 30 anni a seconda della durata della missione. Una missione nasce, di solito, dall'esigenza di una comunità scientifica di comprendere dei fenomeni fisici che avvengono nell'Universo, se si tratta di un' esplorazione astronomica, e propone una serie di obiettivi scientifici e i metodi per raggiungerli. Il primo passo per la comunità scientifica consiste nel convincere l'ente o gli enti finanziatori dell'importanza di tale ricerca. I finanziatori della missione sono di solito le principali agenzie spaziali, quali la NASA e l'ESA ad esempio. Queste agenzie propongono bandi per la realizzazione di missioni in cui specificano le dimensioni e la massa del sistema spaziale, gli obiettivi scientifici e il costo della missione. Le comunità partecipano al bando promuovendo la loro ricerca e di solito anche gli strumenti necessari per effettuarla. Gli obiettivi in ambito spaziale generalmente comprendono l'astronomia, il Sistema Solare e la fisica fondamentale. Nel caso dell'Agenzia Spaziale Europea le missioni proposte si dividono in tre categorie: *Large (L)*, *Medium (M)* e *Small (S)* sulla base delle risorse rese disponibili in termini di costi e massa. Dalla risposta della comunità scientifica vengono di solito selezionate tre o quattro missioni che poi subiscono un processo di valutazione sulla loro fattibilità, in cui vengono valutate le nuove tecnologie da sviluppare e che termina con la selezione di due o tre missioni che procedono alla fase A, nella quale avviene la progettazione preliminare, al termine della quale si seleziona una delle missioni.

In parallelo, un altro bando permette di selezionare il carico scientifico (*payload*), ovvero lo strumento o gli strumenti che produrranno la scienza della missione. Ogni strumento ha un *Principal Investigator (PI)* e in genere viene proposto da consorzi nazionali o internazionali di scienziati e finanziato dalle agenzie spaziali nazionali. La missione affronta la fase B1 dove per mezzo di due contratti industriali competitivi si definiscono meglio il progetto, le interfacce e i requisiti. Una valutazione dei due progetti porta all'adozione della missione e a un nuovo contratto industriale che condurrà la missione attraverso la fase B2 di definizione del progetto. Al termine della fase B viene effettuata la *Preliminary Design Review* sia per la sonda sia per il *payload* nella quale viene valutata la fattibilità del progetto e la sua rispondenza ai requisiti di missione, tra cui il *budget*, economico, di massa e di potenza. Nella fase C viene completato il progetto nel dettaglio e di nuovo valutato attraverso la *Critical Design Review*, per poi passare alla fase D di qualifica e realizzazione.

Nel caso di uno strumento, il PI guida il progetto attraverso tutte le fasi. Dello strumento vengono costruiti almeno due modelli. Il primo modello, detto ingegneristico, viene sottoposto a tutti i test di qualifica funzionale, termici e meccanici per verificare che lo strumento riesca a funzionare in tutti gli ambienti nei quali si troverà a operare. Il secondo modello, detto di volo, viene per prima cosa caratterizzato e calibrato. Successivamente viene sottoposto ai test di accettazione, simili a quelli di qualifica, ma con dei limiti meno estremi. Tutte queste attività vengono condotte seguendo accurati pro-

tocolli, specificati in una dettagliata documentazione, e effettuate in ambiente pulito, una camera bianca, che mantiene la 'pulizia' dello strumento ai livelli richiesti, sia per la contaminazione chimica, di particolato e in alcuni casi biologica. Finiti i test di accettazione, lo strumento viene di nuovo verificato funzionalmente in laboratorio. Questo è il momento più critico per il team, perché rappresenta il test finale prima della consegna. I tempi sono quelli rimasti alla fine della fase di costruzione e sono in genere sempre troppo ridotti a causa dei vari ritardi accumulati. Consegnato lo strumento, questo viene integrato nella sonda. Dopo aver completato il montaggio, sull'intera sonda si esegue l'accettazione che prevede di nuovo test termici, meccanici e l'intera verifica del *software* di bordo.

Finalmente la sonda viene inviata alla base di lancio dove viene incapsulata e posta su un razzo. Inizia qui, forse, il momento più emozionante che completa la fase di realizzazione: il lancio.

Si entra nella fase di utilizzazione, che può essere preceduta da una fase di crociera di più o meno lunga durata, che porta la sonda nella sua orbita operativa, per esempio, in orbita attorno ad un pianeta, una cometa, un asteroide, al Sole oppure più semplicemente in orbita terrestre. All'inizio viene eseguito il *commissioning* della sonda e degli strumenti, ovvero tutte le attività di accensione e test del sistema. È iniziata la fase E del progetto, quella che produrrà i dati scientifici che tutti si aspettano e magari qualcosa in più che non era previsto. La missione si chiude con la fase F che è quella dello smaltimento. Non basta spegnere il satellite, occorre eseguire una manovra che lo distrugga, ad esempio un rientro controllato in atmosfera, oppure che lo faccia perdere nello spazio, per impedire che diventi un pericoloso relitto.

9. Nuove frontiere: I viaggi interstellari

Senza scomodare gli antichi, l'idea di un Universo infinito nel quale il Sistema Solare non occupa una posizione privilegiata è l'impostazione cosmologica non scientifica di Giordano Bruno. Cartesio, la cui teoria filosofica dominerà oltre il secolo XVII, concepisce un Universo costituito da vortici nel cui centro vi è una stella e il Sole occupa il centro di uno di questi vortici. Per determinare la distanza delle stelle, e avere una prima idea delle dimensioni del cosmo, occorrerà tuttavia attendere il 1843 quando Bessel effettuò la prima misura della parallasse trigonometrica⁸ di una stella, *61 Cygni* o Stella di Piazzini. La distanza risultò essere maggiore di 10 anni luce⁹.

⁸ La parallasse trigonometrica in astronomia è l'unico metodo diretto per effettuare la misura di una distanza. Il metodo consiste nel misurare la posizione della stella rispetto a uno sfondo di oggetti luminosi di riferimento ('stelle fisse'), in genere galassie, da punti diversi dell'orbita terrestre.

⁹ L'anno luce è una misura di distanza che corrisponde alla distanza che percorre la luce nel vuoto in un anno, equivalente a circa 9.461 miliardi di chilometri.

Il sistema stellare più vicino è *Alpha Centauri*. Si trova a circa 4,3 anni luce. Una distanza molto grande per pensare di poterla colmare con la tecnologia attuale. Alcune idee però circolano già dall'epoca di Werner von Braun.

Facciamo però un passo indietro. Il 2 marzo del 1972 fu lanciata la sonda *Pioneer 10*, seguita a breve distanza da *Pioneer 11*. L'obiettivo di queste sonde era effettuare *fly-by* ravvicinati di Giove, Saturno e dei loro satelliti. Entrambe trasportano una placca dorata,

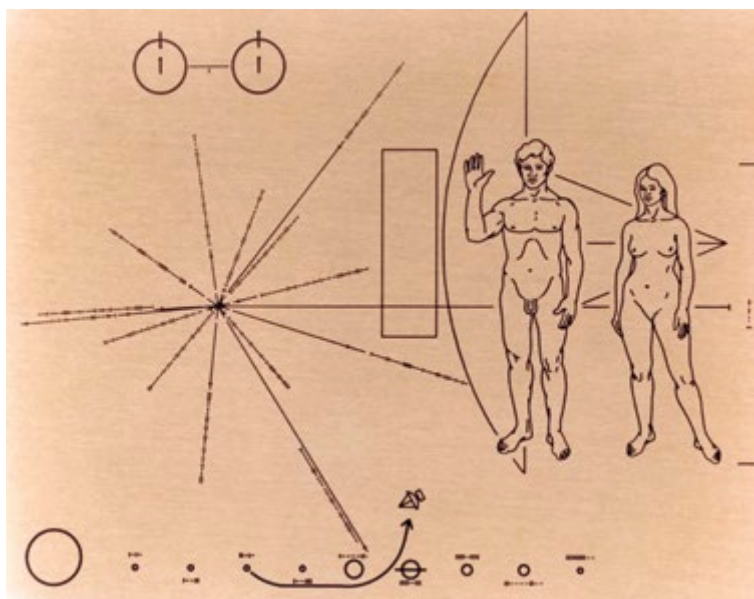


Fig. 8 – Placca dorata trasportata a bordo di *Pioneer 10* e *11*. Ideata dall'astrofisico Carl Sagan, fondatore del Progetto SETI per la ricerca delle intelligenze extraterrestri. Oltre alle immagini stilizzate di un uomo e una donna e il confronto con le dimensioni della sonda, si può intuire la successione dei pianeti del Sistema Solare. I numeri sono espressi in codice binario, rappresentato con una serie di trattini verticali (1) e orizzontali (0). Per maggiori dettagli riferirsi a Sagan et al. 1972. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pioneer10-plaque_tilt.jpg

voluta da Carl Sagan, celebre astronomo americano che ha lavorato molto sulla ricerca di vita extraterrestre, con i disegni di un uomo e una donna e dei simboli relativi al Sistema Solare e alla posizione del Sole rispetto a delle *pulsar*¹⁰ che potrebbero essere interpretati da una forma di vita intelligente.

¹⁰ Le *pulsar* sono stelle compatte dotate di intensi campi magnetici che producono una emissione radio a impulsi regolarissimi. Rappresentano una specie di radiofari della nostra galassia.

Di entrambe le sonde si è perso il contatto, mentre il contatto è ancora attivo con altre due sonde simili: *Voyager 1* e *Voyager 2*, lanciate in rapida successione nel 1977. Le *Voyager* hanno sorvolato Giove, Saturno, Urano e Nettuno e sono recentemente uscite dalla Eliosfera, entrando nel mezzo interstellare. La sonda *Voyager 1* è attualmente l'oggetto costruito dall'uomo più distante dal Sole, trovandosi a circa 150 unità astronomiche, che corrispondono a 0,0023 anni luce. *Voyager 1* sta viaggiando alla velocità di 17 km/s. Per fare un paragone fiorentino di quanto distanti siamo dal raggiungere una stella, immaginiamo che il Sole si trovi sulla lanterna della cupola di Santa Maria del Fiore e che *Alfa Centauri* si trovi a Londra (circa 1600 km di distanza da Firenze). La Terra orbiterebbe a circa 6 metri dalla lanterna e *Voyager 1*, in viaggio per Londra, sarebbe appena arrivato alla stazione di Santa Maria Novella e avrebbe ancora circa 80.000 anni per arrivare a destinazione!

Ritornando alle idee su possibili missioni interstellari sono state formulate varie ipotesi. Le missioni che usano le attuali tecnologie di propulsione impiegherebbero dai 100 ai 1000 anni per giungere a destinazione. Con innovativi sistemi di propulsione, in particolare motori nucleari o vele solari sospinte da raggi laser, sonde automatiche potrebbero raggiungere velocità dell'ordine di 15-20% della velocità della luce e impiegherebbero una trentina di anni per raggiungere la stella più vicina (*Proxima Centauri* a 4,23 anni luce di distanza).

Il più recente di questi progetti, chiamato *Breakthrough Starshot*, fa parte di un progetto di ricerca e ingegneristico per uno studio di fattibilità di sonde interstellari a vele solari chiamato *Starchip*, data la piccolezza delle sonde, per effettuare un *fly-by* su un esopianeta della stella *Proxima Centauri* del sistema *Alfa Centauri* e inviare dati verso la Terra. Il progetto è stato fondato nel 2016 da Yuriy Milner, capitalista e fisico russo-israeliano, Stephen Hawking e Mark Zuckerberg. Finanziato inizialmente con 100 milioni di dollari, Milner prevede un costo di realizzazione di circa 5 miliardi di dollari e una prima sonda da inviare intorno al 2036 (cfr. *Breakthrough Starshot*).

10. Nuove frontiere: l'esplorazione umana dello Spazio

L'esplorazione umana dello Spazio sta per ricominciare. Dal 1972, quando l'ultimo uomo lasciò la sua impronta sulla Luna, nessun altro essere umano si è avventurato fuori dall'orbita terrestre. Sono passati quasi 50 anni, in cui si è solo parlato dell'uomo su Marte, ma mai per ora era stato fatto alcun programma specifico. La NASA ha avviato un progetto per portare l'uomo su Marte negli anni 30 di questo secolo e USA e Europa stanno lavorando al progetto *Artemis*, che ha lo scopo di costruire una base sulla Luna. Nel caso della Luna, non si tratterà più di conquista, piantare una bandiera, scattare qualche fotografia, prelevare un po' di campioni di suolo e ritornare a casa. La base che verrà costruita, verrà rifornita di tutto quello che serve per la sopravvivenza di astronauti per periodi prolungati, sfruttando per quanto possibile le risorse che si possono trovare sul posto. Avrà la possibilità di far partire missioni per altri

pianeti traendo vantaggio dalla ridotta velocità di fuga¹¹ rispetto alla Terra. Le risorse da estrarre sul posto sono quelle primarie: energia solare, ossigeno, acqua, idrogeno e metalli.

Per le missioni più lunghe, ad esempio la conquista umana di Marte, ci sono difficoltà da superare che una missione automatica non incontra. Occorre pensare a tutti i rischi di una missione di lunga durata. Il viaggio di trasferimento su Marte, che minimizza la quantità di energia utilizzata, richiede 9 mesi per il viaggio di andata, 500 giorni di permanenza sul pianeta e 9 mesi di viaggio di ritorno per un totale di circa 3 anni di missione. Per un viaggio del genere servono i mezzi di sostentamento per gli astronauti, la protezione dai raggi cosmici e dalle particelle ionizzanti emesse dal Sole, la comprensione degli effetti psicologici dovuti all'isolamento in spazi ridotti, la prevenzione della perdita di tono muscolare e dell'osteoporosi dovuta all'assenza di gravità e la risoluzione dei problemi medici che possono insorgere durante la missione. Nel XXI secolo il valore della vita umana è diverso da quello al tempo del viaggio di Magellano, dove ingenti perdite umane erano normali in un viaggio lungo molti anni.

Risolti questi problemi, si potrà pensare a missioni turistiche che sorvolino Venere e Marte, oppure a basi permanenti su Marte nelle quali venga avviato un processo di *terraforming* ovvero di graduale modifica delle condizioni ambientali su Marte che portino al reinserimento della vita e all'ossigenazione dell'atmosfera.

La novità, rispetto alle imprese che hanno portato l'uomo sulla Luna, sono le aziende private che sempre di più contribuiscono all'avventura nello Spazio in collaborazione con la NASA, non solo come sottocontraenti ma anche con iniziative indipendenti, si pensi a *SpaceX* (cfr. Musk 2021) l'azienda spaziale di Elon Musk, eclettico imprenditore di origine sudafricana che ha iniziato a produrre i propri lanciatori e presto sarà in grado di inviare i primi turisti nello Spazio e a trarre profitto dall'avventura spaziale.

Conclusioni

In questo breve saggio ho voluto raccontare a volo d'uccello la nascita dell'esplorazione dell'Universo e i viaggi nello Spazio.

Partendo dalla suggestione del viaggio di Magellano, del quale è corso nel 2019 il cinquecentenario della partenza, ho provato a fare un parallelo con l'inizio dell'era delle esplorazioni spaziali.

L'istinto alla scoperta e la curiosità verso ciò che è ignoto è tra i caratteri innati dell'uomo. Questo si manifesta in molte forme: dalla ricerca di nuove terre e nuovi commerci nelle esplorazioni del XVI secolo, nella ricerca scientifica in generale, dallo studio del passato per archeologi e paleontologi, dall'osservazione e la comprensione degli oggetti celesti per gli astrofisici e così via.

¹¹ La velocità di fuga è la velocità necessaria a un corpo per sfuggire all'attrazione gravitazionale di un pianeta.

L'era spaziale è appena cominciata, siamo agli albori, è un timido affacciarsi e lasciare alle spalle quel puntino luminoso della Terra preso da sonde lontane

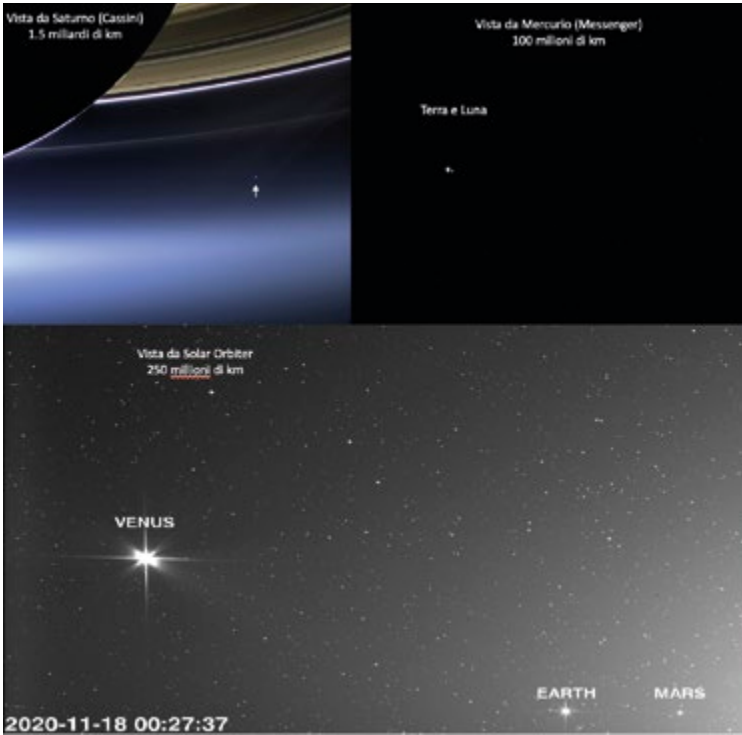


Fig. 9 – *The tiny blue dot*. La Terra vista da lontano fa capire quanto sia insignificante il nostro affannarsi agli occhi dell'Universo (Crediti NASA/ESA). *Composizione di tre immagini fatta da me;* https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/01/Solar_Orbiter_snaps_Venus_Earth_and_Mars, <https://www.planetary.org/space-images/the-day-the-earth-smiled>, <https://www.planetary.org/articles/07221447-earth-and-moon-from-messenger>

per cercare indizi su come si è formato il Sistema Solare e su come è nata la vita sulla Terra. L'esplorazione in questo nuovo millennio si è spinta verso nuovi mondi, verso la ricerca di forme di vita extraterrestre, magari intelligente. La scoperta di altre forme di vita intelligente nella nostra galassia rappresenterà una nuova rivoluzione per l'uomo, filosofica e psicologica per prima cosa, sperando di avere sufficiente maturità per non causarne la distruzione, come accadde nelle Americhe scoperte da Colombo. Ma questo evento è ancora lontano.

C'è il desiderio che questo incontro avvenga in un futuro più o meno lontano e la speranza che possa succedere con l'avanzare del progresso scientifico e tecnologico. Sappiamo che nel corso della storia non sempre è andata così. Una civiltà molto avanzata come fu quella greca ellenistica, in cui il pensiero scientifico greco raggiunse l'apice, andò incontro a un tragico oblio (Russo, 2013).

La rinascita del sapere, della filosofia e della scienza che inizia nel Medioevo con la riscoperta dei testi classici porta poi all'esplorazione del globo, alla rivoluzione scientifica e quindi allo sviluppo scientifico e tecnologico degli ultimi due secoli che ha condotto all'avvento dell'era spaziale.

L'impresa di Magellano, ma soprattutto dei pochi uomini che completarono la circumnavigazione del globo, si dimostrò non pratica per il commercio, ma resta uno dei momenti di evoluzione della conoscenza umana: un viaggio che cambiò per sempre la concezione che l'uomo aveva del globo.

Concludo ottimisticamente con una citazione di Elon Musk:

You want to wake up in the morning and think the future is going to be great – and that's what being a spacefaring civilization is all about. It's about believing in the future and thinking that the future will be better than the past. And I can't think of anything more exciting than going out there and being among the stars (Musk 2021).

Riferimenti bibliografici

- “Breakthrough Starshot.” <https://breakthroughinitiatives.org/initiative/3> (01/21).
- Elcano, J. S. 2020. “Carta de Juan Sebastián Elcano a Carlos V.” In López Jiménez J. M., *La vuelta al mundo de Magallanes: la financiación del proyecto. Especial 3*: 25-30.
- Guillemard, F. H. H. 1891. *The life of Ferdinand Magellan, and the first circumnavigation of the globe. 1480-1521*. London: Philip G. & Son.
- Kennedy, J. 1962. “Text of President John Kennedy’s Rice Stadium Moon Speech.” <https://er.jsc.nasa.gov/seh/ricetalk.htm> (01/21).
- Musk, E. 2021. “Mars and Beyond. The road to making humanity multiplanetary.” <https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/index.html> (01/21).
- “NASA, The Magellan Venus Explorer’s Guide.” <https://www2.jpl.nasa.gov/magellan/guide.html> (01/21).
- Russo, L. 2013. *La rivoluzione dimenticata*. Milano: Feltrinelli.
- Sagan, C., et al. 1972. “A Message from Earth.” *Science* 175: 881.
- Sierks H., et al., eds. 2017. *OSIRIS – The Eyes of Rosetta*. Göttingen: Germania.
- UNOOSA. 2021. “Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies.” <<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html>> (01/21).
- van Duzer, C. 2010. *Johann Schöner’s Globe of 1515: Transcription and Study*. Philadelphia, PA: American Philosophical Society.
- Walsh, W. T. 1930. *Isabella of Spain: The Last Crusader*. New York: R.M. McBride and Co.