

MARIO CALAMIA, GIORGIO FRANCESCHETTI, MONICA GHERARDELLI

*20 luglio 1969: il primo uomo sulla Luna.
L'evento e le sue ricadute*

Abstract

Man's landing on the moon was undoubtedly the most significant event of the second half of the 20th century (July 20, 1969), not only from the media point of view, but mainly from the scientific and technological points of view.

While the newspapers focused on the last part of the event, that is on the Neil Armstrong that sets his foot on the lunar surface, only some specialists have deepened what that extraordinary Mission has requested and imposed, in terms of preparation and engagement of thousands of men and women.

This paper aims at providing a historical, scientific and technological framework for the lunar mission, referring to subsequent missions, too. The deep knowledge of what really happened is certainly interesting, but it is probably better that this item is personally accomplished.

In its second part this paper reports some space activities that took their cue and push from those lunar Missions. It refers to two Missions: the SIR-C / X-SAR, that were conceived for the optimization of the use of radar in orbit, and the Cassini Mission. The authors of this contribution were involved in both activities.

Introduzione

La notte del 20 luglio 1969 l'uomo pose per la prima volta il piede sulla Luna. Fu una notte straordinaria: è difficile dimenticare le voci di Tito Stagno e Ruggero Orlando, che descrivevano il momento in cui l'astronauta americano Neil Armstrong, poggiando il piede sul suolo lunare, pronunciò la storica frase: "un piccolo passo per un uomo, un gigantesco salto per l'umanità".

La prima aspirazione dell'Uomo è stata, infatti, quella di sollevarsi da Terra, di volare: pensiamo a Icaro, che imitò il volo degli uccelli attaccandosi delle ali con la cera che si fuse al sole. Lo stesso Leonardo, con le sue macchine volanti, trasse ispirazione di nuovo dal volo degli uccelli. Successivamente l'Ariosto, nel suo Orlando Furioso, fece raggiungere la Luna da Astolfo a cavallo di un ippogrifo. In questi casi era necessaria la presenza dell'aria per dare il necessario sostegno alle grandi ali.

Dal passato quello che più ci prepara al viaggio verso la Luna è forse il gesto di David con la sua fionda, che appartiene a quei sistemi che nel tempo hanno tentato di superare la forza di gravità con una spinta iniziale molto forte.

La scoperta della polvere da sparo e le armi da fuoco ci hanno poi avvicinato alla possibilità di percorrere uno spazio anche nel vuoto, cioè in un ambiente in cui

l'assenza dell'aria può facilitare il percorso di un oggetto.

Con questi sistemi si è pensato di sollevarsi sempre più in alto tanto che, nel milleottocento, alcuni scrittori hanno immaginato di poter raggiungere la Luna, imprimendo a una opportuna navicella spaziale una spinta iniziale molto forte. Il mezzo per questa spinta iniziale poteva essere, ad esempio, un grosso cannone: è quanto immaginò Ernesto Capocci, in un libro che è una sorta di racconto che, profetizzando il viaggio fino al satellite, narra l'avventura di Urania e dei primi uomini arrivati sulla Luna. Un'opera che andò dispersa (avrebbe meritato ben altra fortuna), e di cui una copia è stata trovata soltanto per caso nella Biblioteca nazionale di Bari, in cui Capocci ha immaginato e scritto quello che sarebbe avvenuto duecento anni dopo e lo ha fatto raccontare da una donna [1]. Ancora una volta, però, la realtà ha superato la fantasia: siamo arrivati sulla Luna molto prima! Ritroviamo in questo libro i tanti problemi che si sono dovuti superare per raggiungere la Luna: fra questi quello del lancio, che Capocci risolve impiegando un grosso cannone, fuso e reso operativo nella bocca di un vulcano spento, e quello dei pesi, superato arrivando a eterizzare gli astronauti.

Da fantascienza a realtà, l'allunaggio è diventato possibile con la messa a punto degli endoreattori, cioè con la propulsione a reazione, quando il razzo ha potuto portare sia il combustibile sia il comburente (Emrich, 2016).

La strada è aperta e il sogno è diventato realtà la notte del 20 luglio 1969.

È stato certamente un grande evento che cercheremo di raccontare, ma che ha anche evidenziato problemi, per la cui soluzione è stata impostata una serie di attività scientifiche di grande rilievo e sono state sperimentate soluzioni successivamente adottate.

In questo contributo ricorderemo due missioni scientifiche di particolare rilevanza, alle quali l'esperienza del primo allunaggio umano ha dato ispirazione e fornito soluzioni:

- le Missioni SIR-C/X-SAR per l'ottimizzazione dell'uso del radar in orbita;
- la Missione Cassini – Huygens, con la posa dell'Huygens Probe dell'ESA su Titano.

In entrambe le Missioni furono coinvolti gli autori di questo contributo.

La Missione "allunaggio"

Il primo lancio nello spazio, storicamente provato e qui testimoniato dalle foto in Figura 1, è quello del vettore V2 che nel 1947, nel deserto del Nevada, salì a 100 miglia di quota, circa 150 km, fotografando la Terra. Riteniamo che questo lancio possa essere considerato l'inizio effettivo delle operazioni che porteranno alla conquista dello spazio.

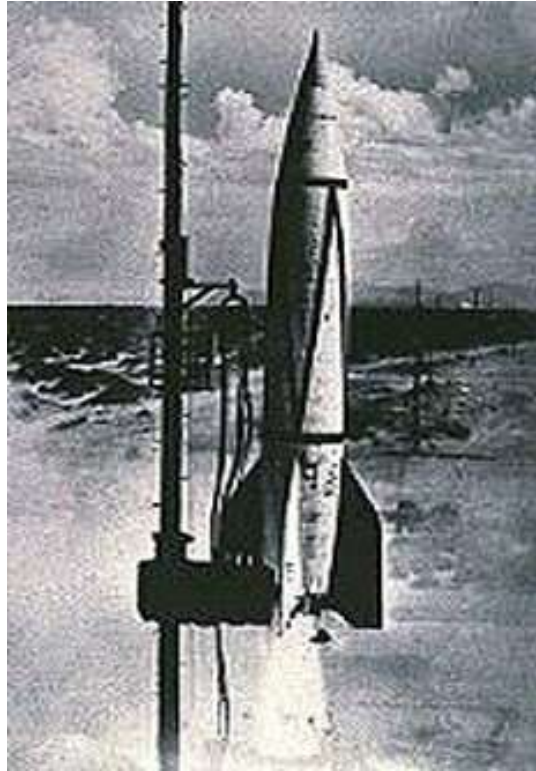


Figura 1 - In alto, il vettore V2. In basso, la prima fotografia ripresa dallo spazio, a 100 miglia di quota, nel 1947.

La Seconda guerra mondiale si era conclusa, lasciando una scia di lutti e distruzioni indescrivibili: il mondo era attonito di fronte agli effetti della bomba atomica. Alla guerra calda subentrò la cosiddetta guerra fredda, attori principali gli Stati Uniti e l'Unione Sovietica. Fra i temi della guerra fredda può essere considerata la conquista dello spazio, cui entrambe le potenze si erano dedicate. Il 4 ottobre 1957, il lancio da parte dell'URSS dello Sputnik, primo satellite artificiale costruito dall'uomo e capace di orbitare intorno alla Terra, suscitò grande ammirazione e, allo stesso tempo, preoccupazione. Il bip-bip del modellino che i sovietici regalavano agli ospiti, ossessionando il mondo occidentale, segnò l'inizio della "corsa allo spazio".

È impressionante la sequenza di eventi che portò poi al primo allunaggio dell'uomo. Il presidente Dwight Eisenhower costituì, il 29 luglio 1958, la *National Aeronautics and Space Administration*, la NASA, e dette impulso al Programma Mercury, già concepito nel 1953, per testare i limiti di resistenza del corpo umano nello spazio. A tale scopo, robot e animali furono spediti nello spazio: Ham, lo scimpanzé del progetto Mercury, e Laika, il cane sovietico, sono diventati entrambi celebri nel mondo dell'astronautica. Ham fece ritorno sulla terra e morì di vecchiaia nello zoo di Washington, mentre Laika morì nel 1957 a bordo dello Sputnik 2.

Si arriva quindi ai primi uomini nello spazio: il 12 aprile 1961, il cosmonauta sovietico Yuri Gagarin divenne il primo uomo a viaggiare nello spazio, compiendo un'intera orbita intorno alla Terra a bordo di una navicella Vostok. Ma subito dopo, il 5 maggio 1961, fu l'americano Alan Shepard Jr, lanciato a bordo della navicella Mercury-Redstone 3, il primo astronauta statunitense a viaggiare nello spazio.

Crediamo sia utile una riflessione sulle diverse filosofie seguite nella corsa allo Spazio da Usa e Urss. L'Unione Sovietica aveva seguito la strada di aumentare la potenza dei propulsori per poter mettere in orbita pesi sempre più consistenti e poté, così, vantare i missili più potenti; tale scelta fu influenzata certamente anche da ragioni militari. Gli Usa avevano seguito la strada di ridurre considerevolmente i pesi; questa filosofia portò alla miniaturizzazione dei circuiti con tutte le ricadute nelle applicazioni civili, verificatesi nel tempo. Gli Stati Uniti trascurarono, a nostro parere volutamente, il problema di inseguire i sovietici nella produzione di sistemi balistici più potenti; si posero invece un obiettivo più spettacolare, anche se non giustificato da motivi strettamente militari.

"Credo che questa nazione si debba impegnare a raggiungere l'obiettivo, prima che finisca questo decennio, di far atterrare un uomo sulla Luna e di farlo tornare sano e salvo sulla Terra": questo obiettivo fu annunciato, il 25 maggio 1961, da J. F. Kennedy, al Congresso degli Stati Uniti col discorso su "Urgenti necessità nazionali".

La corsa alla Luna fu caratterizzata dalla nascita delle due missioni della NASA Gemini e Apollo, mentre il progetto Mercury lavorava a nuove missioni: nel febbraio 1962, John Glenn fu il primo americano a compiere una orbita terrestre completa, in una missione nota come "Friendship 7". Però, ancora una volta, il primo astronauta a uscire dalla propria navicella in orbita fu il sovietico Aleksei Leonov, nel marzo del

1965.

Intanto, nell'ambito del progetto Apollo, che era stato presentato da James Webb l'11 giugno 1962, si valutavano le varie soluzioni per arrivare alla Luna; la scelta fu il *Lunar orbit rendez-vous*, che prevedeva che una navicella spaziale dedicata si posasse sulla superficie lunare. La navicella Apollo sarebbe stata quindi composta da tre parti [2]: un modulo di comando con una cabina pressurizzata per i tre astronauti, che era anche l'unica parte che sarebbe tornata sulla Terra, un modulo di servizio, supporto per il modulo di comando con fornitura di propulsione, energia elettrica, ossigeno e acqua, e un modulo lunare, a sua volta diviso in due stadi, uno per la discesa e l'allunaggio e uno di risalita per riportare gli astronauti nell'orbita lunare. La scelta di questo profilo di missione significò che sarebbe stato possibile lanciare il veicolo spaziale tramite il razzo Saturn V, un vettore che era in quel momento in fase di sviluppo.

Nell'ottobre 1968, la missione Apollo 7 testò il modulo di comando in orbita terrestre. Nel marzo 1969, Apollo 9 eseguì i test del modulo lunare in orbita terrestre. Nel maggio 1969, Apollo 10 condusse una "prova generale", testando il modulo lunare in orbita lunare. A questo punto, ogni momento era idoneo per l'avventura: infatti il 16 luglio, alle ore 13:32 UTC, Apollo 11 fu lanciato da un razzo Saturn V dal *Kennedy Space Center*, con a bordo i tre astronauti statunitensi Neil Armstrong, Buzz Aldrin e Michel Collins. Il terzo stadio del Saturn V spinse gli astronauti verso la Luna, poi gli astronauti separarono la navicella e viaggiarono per tre giorni prima di entrare in orbita lunare. Armstrong e Aldrin si spostarono sul modulo lunare atterrando sul Mare della Tranquillità. Era il 20 luglio 1969, ore 20:17:40 UTC. Sei ore più tardi, il 21 luglio alle ore 02:56 UTC, Armstrong fu il primo uomo a mettere piede sul suolo lunare. Aldrin arrivò 19 minuti dopo. In Figura 2 è riportata la foto che tutti conosciamo e che ricorda questo momento. Il terzo membro della Missione, Michel Collins, pilota del Modulo di Comando, rimase in orbita lunare. Dopo 21,5 ore dall'allunaggio, gli astronauti si riunirono e Collins pilotò il Modulo di Comando Columbia nella traiettoria di ritorno sulla Terra. La Missione terminò il 24 luglio, con l'ammarraggio nell'Oceano Pacifico.

Si concludeva così una grande impresa. I tre astronauti portavano a Terra una grande esperienza e 21,5 kg di materiale lunare dopo aver lasciato sulla Luna alcuni oggetti, fra i quali una targa, in Figura 3, e un sismografo, in Figura 4, che avrebbe rilevato i movimenti del suolo lunare, fornendo importanti informazioni sulla struttura interna della Luna. I voli per la Luna continuarono ancora per alcuni anni, l'ultimo della serie, Apollo 17, nel dicembre 1972, poi le attività spaziali continuarono in altri settori.



Figura 2 - Gli astronauti Armstrong e Aldrin posano la bandiera americana sul suolo lunare



Figura 3 - Targa commemorativa del primo allunaggio lasciata dagli astronauti sulla Luna



Figura 4 - Aldrin vicino al Passive Seismic Experiment Package con il modulo lunare, Eagle, sullo sfondo

Le Missioni SIR-C/ X-SAR

L'allunaggio era stato compiuto con l'ausilio del radar. Tuttavia, erano stati riscontrati dei problemi, tanto che la fase finale, gli ultimi metri della discesa, era stata compiuta manualmente.

È lecito pensare che il Programma *Mission to planet earth*, varato negli anni '70 del secolo scorso, di cui fecero parte le Missioni SIR-C/X-SAR, che ebbero lo scopo generale di ottimizzare l'uso del radar nello spazio, sia stato anche ispirato dall'esperienza dell'allunaggio del primo uomo. I risultati ottenuti nella migliore utilizzazione dei parametri radar in termini di frequenza, polarizzazione e angolo di vista, nelle varie applicazioni che il programma contemplava, ampliavano il bagaglio di conoscenze, come avviene sempre nella scienza, e la loro utilizzazione va molto al di là degli obiettivi immediati.

Le missioni SIR-C/X-SAR, effettuate due nel 1994 e l'ultima nel 2000, avevano lo scopo di mettere in evidenza la potenzialità dell'Osservazione dallo Spazio con sistemi radar in vari settori applicativi, quali ecologia, geologia, idrologia e oceanografia.

Il fatto nuovo delle missioni SIR-C/X-SAR era che per la prima volta si mettevano in orbita, su un'unica piattaforma, tre radar a frequenze diverse e a diverse polarizzazioni, capaci di osservare con diversi angoli di incidenza. In Tabella 1 sono riportate

le caratteristiche tecniche dei radar. Ciò ha consentito di ricavare, per ogni tipo di applicazione, i parametri ottimi del radar SAR, radar ad apertura sintetica, e quindi, viceversa, di classificare l'affidabilità dei dati.

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche dei sistemi radar utilizzati nelle Missioni SIR-C/X-SAR

Missioni	SIR-CX-SAR
Date	Aprile 1994, Ottobre 1994, Febbraio 2000
Paesi partecipanti	USA, Germania, Italia
Banda/Frequenza (GHz)	L, C, X/1.25, 5.3, 9.6
Polarizzazione	quad(L,C); VV (X)
Angolo di incidenza (gradi)	15 - 55
Risoluzione in range (m)	30
Risoluzione in Azimuth (m)	30
Swath width (km)	15 - 60

La Tabella 2, ad esempio, riporta i parametri SAR ottimi per una specifica applicazione di telerilevamento: l'ecologia. Le bande di frequenza utilizzate sono riportate nella prima riga: Banda X (8÷12 GHz), Banda C (4÷8 GHz), Banda S (2÷4 GHz), Banda L (1÷2 GHz), Banda P (230÷1000 MHz).

Per ogni banda sono indicate le modalità di acquisizione dei dati in termini polarimetrici: trasmissione e ricezione con polarizzazione orizzontale (HH), trasmissione e ricezione con polarizzazione verticale (VV), trasmissione e ricezione con polarizzazioni ortogonali (X).

Le righe sottostanti della tabella riportano la qualità dei dati per ogni ambito di applicazione. I risultati ottenuti hanno permesso di affermare che:

- la mappatura e il monitoraggio richiedono una combinazione delle bande X o C oppure L o P;
- la banda L o P è essenziale per discriminare foresta/non foresta;
- la modellazione della biomassa forestale richiede la polarizzazione incrociata della banda L o P;
- la mappatura delle aree inondate richiede la banda L o P polarizzata HH;
- la banda L è la più importante per il rilevamento da remoto dell'agricoltura;
- la migliore classificazione dei raccolti si ha con la banda X e L, seguono C e L.

Purtroppo, solo pochi risultati sono stati pubblicati relativamente alla banda S.

Fissando l'attenzione sulle missioni citate, si fa riferimento a precise caratteristiche. Si parla cioè di missioni scientifiche ed abitate. Scientifiche perché si tratta di missioni che hanno lo scopo di svolgere attività scientifica, come quella delineata.

Tabella 2- Parametri SAR ottimi per applicazioni di telerilevamento: Ecologia. X, C, L, P sono le bande di frequenza operative del SAR. T: topografia; I: interferometria. HH: trasmissione e ricezione con polarizzazione orizzontale; VV: trasmissione e ricezione con polarizzazione verticale; X: trasmissione e ricezione su canali con polarizzazioni ortogonali.

	Ambiti di ricerca/Applicazioni	X			C			S			L			P			T	I
		HH	VV	X	HH	VV	X	HH	VV	X	HH	VV	X	HH	VV	X		
E	Mappatura della vegetazione	A	A	B	A	A	B	A	A	B	<	>	B	<	>	B	B	B
C	Stima della biomassa	A			A						A	A	B	A	A	B	B	B
O	Geometria della calotta	B	B	A	B	B	B				B	B	B	B	B	B	A	B
L	Monitoraggio della foresta pluviale	-	-	-	-	-	-				B	A	A	B	A	A		
O	Zone umide	B	B	B	B	B	B				B	A	A	B	A	A		
G	Monitoraggio dei raccolti	<	<	<	>	>	>				B	B	B	-	-	-		
Y	Monitoraggio della tundra	B	B	B	B	B	B				B							
	Congelamento/scongelamento della vegetazione	<	<	<	>	>	>											
Legenda: A: utile B: importante C: non obbligatorio <> importante, è richiesta solo una polarizzazione << >> importante, è richiesta la polarimetria, ma solo di una delle due frequenze - nessuna rilevazione																		

In particolare, le missioni SIR-C/X-SAR avevano lo scopo di sperimentare nuove tecnologie radar (per la prima volta un radar in banda X in orbita), di valutare globalmente le variazioni stagionali (una missione in aprile, l'altra in ottobre, la terza in febbraio), di verificare la fattibilità della interferometria dallo spazio (con la prima e la seconda missione) e quindi, sulla base della risposta positiva ottenuta, di predisporre un sistema interferometrico operativo con la terza missione. Abitate perché era prevista la presenza dell'uomo, anzi di un intero equipaggio (sei persone) per rendere efficace e significativa la sperimentazione. E questo certamente era stato possibile grazie all'esperienza della Missione lunare.

La Missione Cassini-Huygens

Come detto, nell'ambito del progetto Apollo, la soluzione scelta per arrivare alla Luna fu il *Lunar orbit rendez-vous*, con la previsione che una navicella spaziale dedicata si sarebbe posata sulla superficie lunare.

Questo schema, di separare la parte orbitante dal modulo di discesa, è stato utilizzato in altre Missioni spaziali, in particolare nella Missione Cassini-Huygens. La Missione Cassini-Huygens è stata progettata, gestita e operata dalle Agenzie Spaziali degli Stati Uniti, dell'Europa, e dell'Italia, rispettivamente la NASA, l'ESA e l'ASI, con lo scopo di esplorare il sistema Saturno ponendo un satellite artificiale in orbita intorno a Titano, satellite naturale di quel pianeta, così da potervi fare posare un veicolo spaziale. La sonda si componeva di due elementi: l'*orbiter* Cassini della NASA e il *lander* Huygens dell'ESA (il veicolo spaziale). Il satellite artificiale è stato lanciato il 15 Ottobre 1997, ed è stato operativo in orbita dal 1° luglio 2004 sino a luglio 2008, posando anche l'Huygens Probe dell'ESA su Titano, nel Gennaio 2005.

Una prima estensione della missione, *Equinox Mission* (luglio 2008 - ottobre 2010), è stata tesa ad osservare il sistema Saturno in occasione dell'attraversamento del suo piano equatoriale da parte del Sole. La seconda estensione, *Solstice Mission*, completata nel 2017, ha avuto lo scopo di osservarne i cambi stagionali indotti dalla presenza del Sole sino alla sua massima elevazione sul piano equatoriale di Saturno. La sonda, *lander e orbiter*, ha concluso la sua attività il 15 settembre 2017 dopo che, come programmato, è stata fatta rientrare nell'atmosfera di Saturno e così disintegrata.

In sintesi, gli obiettivi scientifici della Missione Huygens su Titano erano relativi a raccogliere informazioni e dati su quanto elencato: composizione della atmosfera, le sue stratificazioni, possibile presenza di più complesse molecole organiche, esistenza di venti e variazioni di temperatura. In aggiunta, esplorare in ambito del Sistema Saturno l'esistenza di un ambiente atto alla presenza di esseri viventi su alcuni dei satelliti naturali di Saturno.

Venendo agli obiettivi scientifici della Missione Cassini su Saturno, questi si sono concretizzati nella raccolta di informazioni e dati su: composizione della atmosfera; composizione della magnetosfera, e generazione in essa di nubi di idrogeno,

nitrogeno e prodotti acquosi; composizione degli anelli di Saturno, e loro interazione con la sua atmosfera, ionosfera, magnetosfera; descrizione delle sue lune, in particolare se la luna Rhea abbia un suo particolare anello e se sulla luna Enceladus ci sia mare; presenza di altri satelliti naturali, in aggiunta quelli già noti.

Nelle due estensioni della Missione Cassini-Huygens è stato approfondito lo studio del sistema Saturno, sulla base di quanto osservato nella prima missione.

I risultati della Missione e delle sue estensioni, della durata complessiva di 13 anni, sono stati molto importanti, in quanto hanno permesso di giungere alla completa conoscenza del sistema Saturno e dello sviluppo della formazione del sistema solare e hanno fornito informazioni sulla possibilità di vita analoga a quella sulla Terra. In particolare, sul satellite Enceladus è presente un oceano di acqua, con spessore dell'ordine di 10 km; al di sopra di questo oceano di acqua esiste una crosta ghiacciata dello spessore variabile da 30 km a 5 km nella regione Sud-polare. La presenza di acqua e di molecole organiche contenenti carbonio fa ritenere che il satellite sia potenzialmente abitabile. Su Titano è presente una densa atmosfera di idrogeno e in parte di metano. Sono stati poi individuati altri 13 satelliti naturali, in aggiunta a quelli già noti.

Considerazioni finali

In questo contributo si è voluto ricordare un evento fra i più suggestivi, ma anche molto importanti, per l'umanità. In proposito tanto è stato scritto e detto, anche a sproposito, su ipotesi assolutamente immaginarie, che oggi si cerca di giustificare. Siamo al paradosso: si cercano giustificazioni al tentativo compiuto di mettere in dubbio la più importante impresa della seconda metà del secolo ventesimo!

Per illustrare meglio la cura con cui la Missione lunare fu preparata, ci sembra giusto dare notizia di un'altra attività organizzata dalla NASA e dalla Difesa Americana in vista dell'obiettivo "allunaggio del primo uomo". È un'attività di cui si è saputo poco, ma che oggi merita di essere conosciuta anche perché le ragioni di segretezza del tempo sono ormai superate.

Fra il 1966 e il 1967, gli Stati Uniti inviarono verso la Luna cinque sonde di ricognizione, denominate *Lunar Orbiter*, con l'obiettivo di creare una mappa fotografica dettagliata dalla quale selezionare i luoghi migliori per i futuri allunaggi degli equipaggi delle missioni Apollo.

Le sonde *Lunar Orbiter* fotografarono la superficie lunare su pellicola fotografica da 70 mm. A bordo delle sonde venne installato un laboratorio di sviluppo all'interno di un contenitore pressurizzato. Le pellicole furono quindi sviluppate chimicamente, asciugate, e poi sottoposte a scansione con un sistema analogico, in maniera completamente automatizzata, a bordo delle sonde. Le *Lunar Orbiter* trasmisero via radio verso la Terra il segnale di uscita di queste scansioni, segnale che fu captato dalle grandi antenne della NASA situate in Spagna (Madrid), Australia (Woomera) e California (Goldstone). Le fotografie furono ricostruite sulla Terra partendo da questi

segnali radio e furono usate per preparare gli allunaggi. In Figura 5 è riportata una foto che testimonia questa attività.



Figura 5 - Le immagini originali delle Lunar Orbiter stampate e usate alla NASA per scegliere i siti di allunaggio

Una delle prime foto recuperate, riportata in Figura 6, mostra il cratere Copernico della Luna, ripreso obliquamente dalla sonda *Lunar Orbiter 2*, il 24 novembre 1966 da una quota di circa 45 km.

Spesso ci si è chiesto a cosa sia servita, in termini di ricadute, la missione sulla Luna, e perché tali missioni, da parte USA, siano terminate nel 1972. La risposta non è semplice, ma possiamo presentare una serie di considerazioni al riguardo.

Sul piano strettamente scientifico, abbiamo riportato due esempi significativi, quelli delle Missioni citate, ma l'esperienza lunare ha influenzato molti altri settori:

- si è detto della miniaturizzazione dei circuiti, effetto della scelta americana di ridurre i pesi. Tutto quello che oggi abbiamo, in termini di cellulari e simili, è forse cominciato allora;
- si è sperimentata la vita e il lavoro dell'uomo in assenza di peso; tutta la sperimentazione scientifica volta alla produzione di materiali in assenza di gravità, oggi condotta a bordo della Stazione Spaziale Internazionale, è cominciata allora. Numerosi sono i materiali e i medicinali prodotti sulla base di sperimentazioni condotte in assenza di peso;
- l'incognita sulle reali condizioni in cui l'uomo si sarebbe trovato a operare ha costretto a realizzare equipaggiamenti e strumenti, che oggi comunemente usiamo. Il campo è vastissimo, dai sistemi di protezione dal caldo e dal freddo ai sistemi di liofilizzazione dei cibi;

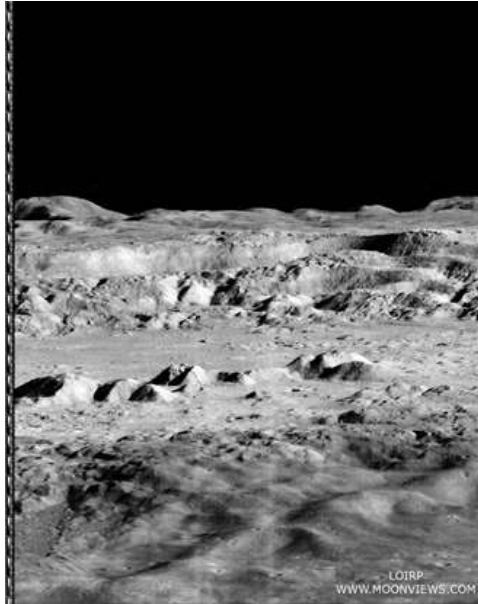


Figura 6 - Immagine del cratere Copernico della Luna ripreso dalla sonda Lunar Orbiter 2

- i radar usati nella Missione lunare davano indicazioni talvolta non completamente affidabili. Gli anni successivi servirono agli Usa per predisporre il programma Mission to Planet Earth, nel quale fu sperimentato scientificamente l'uso del radar in orbita, la prima volta nel 1978. In questo caso una insufficienza ha prodotto eccellenti risultati scientifici, quale la sonda sulla cometa, ma anche grandi vantaggi per usuali applicazioni, legati per esempio alla navigazione satellitare;
- il patrimonio di conoscenze accumulato con la Missione Apollo 11 non si cancella. Oggi si torna a parlare di missioni lunari e tutta l'esperienza acquisita con quelle missioni tornerà estremamente utile; se la Luna non è adatta alla vita dell'uomo, una base lunare sarà forse indispensabile come punto di partenza per lo spazio più lontano.

Il motivo ufficiale della mancata prosecuzione delle missioni sulla Luna, nonché razionalmente il più probabile, è legato ai costi eccessivi e al venir meno della motivazione politica, una volta che i sovietici rinunciarono al proprio tentativo di sbarcare sulla Luna. Non secondaria causa fu lo scarso interesse da parte del presidente repubblicano Richard Nixon nel portare avanti un programma fortemente voluto dal presidente democratico John Kennedy.

Nel 1989, l'allora presidente americano George H.W. Bush lanciò l'ambizioso programma denominato *Space exploration initiative*, che prevedeva la creazione di una base lunare permanente. Ma la tiepida reazione dell'opinione pubblica e l'opposizione del Congresso bloccarono l'iniziativa.

Nel 2004 il figlio, divenuto a sua volta presidente, George W. Bush, propose

nuovamente l'idea col progetto *Vision for space exploration*, e stavolta sembrò che la cosa dovesse avere un seguito, con una base lunare da realizzare entro il 2020 come tappa intermedia in vista di un volo sino a Marte. Ottenuto il via libera del Congresso il programma, che intanto aveva cambiato nome in *Constellation*, venne poi cancellato da Barack Obama nel 2010 per carenza di fondi adeguati, e per il parere contrario di una commissione tecnica appositamente costituita.

Oggi sembra che la situazione stia cambiando.

In Figura 7 è riportata l'immagine del sito di lancio 39A da cui partì l'Apollo 11, scattata nel luglio 2019 dal satellite Sentinel 2 (con sensori ottici) per celebrare il cinquantenario del primo allunaggio dell'uomo.



Figura 7 - Immagine che ritrae la base di lancio dell'Apollo 11, scattata nell'ambito del programma Copernicus dal satellite Sentinel-2

Bibliografia

Emrich W. 2016. Rocket Engine Fundamentals. In *Principles of Nuclear Rocket Propulsion*, 11-20. Amsterdam: Elsevier.

Webgrafia

- [1] Olostro Cirella E., Virgilio N. 2000. *Ernesto Capocci, un divulgatore di scienza nella Napoli dei Borbone*. Accessibile online: <http://www.brera.unimi.it/sisfa/atti/2000/205-212Olostro.pdf> (30 settembre 2019)
- [2] Pognant P. 1999. *La conquista della Luna. Le missioni Apollo*. Alenia Spazio. Accessibile online: <http://www.grangeobs.net/apollo.pdf> (30 settembre 2019)