

Mario Di Martino  
 INAF-Osservatorio  
 Astronomico di Torino

# L'esplorazione spaziale di Marte

Nel corso degli ultimi due secoli il fascino di Marte è stato fortemente stimolato dalla possibilità che vi sia esistita qualche forma di vita e dal fatto che certamente sarà il primo pianeta a essere visitato dall'uomo. Al di là di ciò, l'interesse scientifico del pianeta rosso nasce da numerose cause.

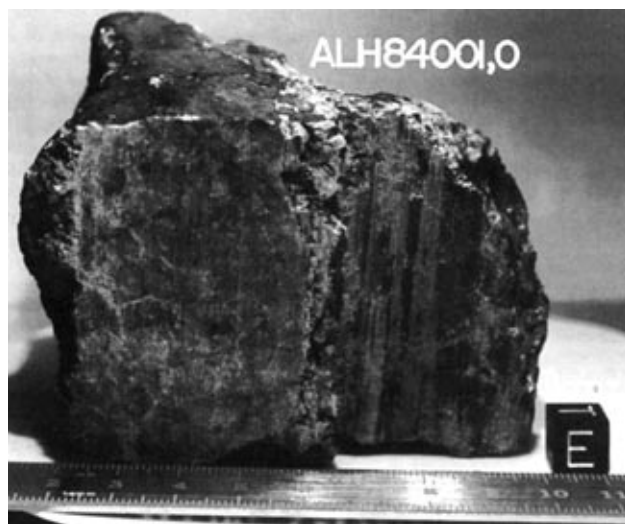
## Il pianeta

Marte è il corpo planetario, tra tutti quelli del Sistema Solare, più simile alla Terra. Come la Terra, ha avuto una storia geologica e climatologica mutevole. La maggior parte dei processi planetari a noi familiari sulla Terra apparentemente hanno operato anche su Marte, sebbene sotto condizioni molto diverse e forse su scale e ritmi differenti. Di particolare importanza è il fatto che Marte è il solo pianeta del Sistema Solare, oltre alla Terra, dove l'acqua allo stato liquido ha avuto, con ogni probabilità, un ruolo significativo nell'evoluzione della superficie. Questa evidenza, assieme alle indicazioni che il clima marziano nel passato può essere stato simile a quello della Terra, ha portato da lungo tempo a speculazioni riguardo alla possibilità che sul pianeta rosso possa essersi sviluppata qualche forma di vita, o che possa essere stato "colonizzato" da forme di vita terrestri, come risultato del trasferimento interplanetario per mezzo di meteoriti. Le ipotesi sono state ulteriormente stimolate dalla scoperta di enigmatiche strutture microscopiche in meteoriti marziane per le quali è stata invocata, da parte di alcuni ricercatori, una possibile origine biologica.

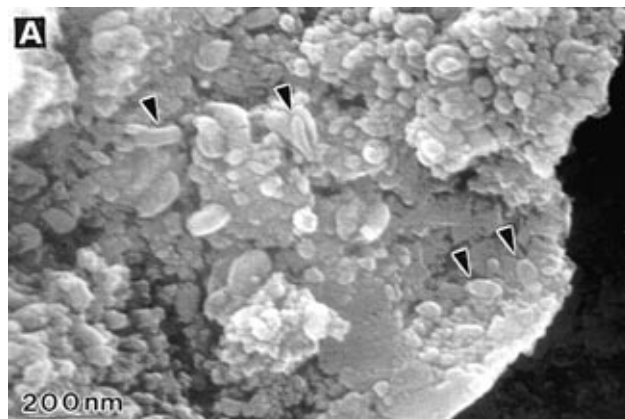
## I canali

Nei primi anni del XX secolo, prima dell'avvento dei grandi telescopi e delle missioni spaziali interplanetarie, era molto diffusa la convinzione che su Marte si fossero sviluppate delle civiltà avanzate. Molti astronomi, osservandolo al telescopio, vedevano sulla sua superficie ciò che il nostro Schiaparelli aveva suggerito: delle linee disposte come una ragnatela. Da alcuni, come Percival Lowell, fondatore dell'osservatorio di Flagstaff, esse furono interpretate come una rete di canali costruiti da una civiltà marziana per trasportare l'acqua dai poli alle aride regioni equatoriali. Con il passare del tempo, e con un'analisi più critica dell'immagine telescopica del pianeta, le convinzioni sulle possibilità dell'esistenza di vita intelligente su Marte diminuirono considerevolmente, anche se ancora agli inizi degli anni Sessanta alcune mappe del pianeta riportavano oasi e canali che attraversavano le sue polverose pianure. Inoltre, molti astronomi continuavano a credere che i cambiamenti stagionali che subivano le morfologie superficiali del pianeta rosso, visibili al telescopio, fossero dovuti a variazioni periodiche della copertura vegetale. Effettivamente Marte, quattro miliardi di anni fa, era molto probabilmente un pianeta caldo e umido, dove forse

brulicavano delle forme di vita, e anche oggi è quello in cui le condizioni alla superficie, nonostante apparentemente siano inadatte all'esistenza di qualsiasi forma biologica, sono le più vicine a quelle esistenti sul nostro pianeta.



La meteorite di origine marziana nella quale sono state segnalate possibili forme di vita elementare.

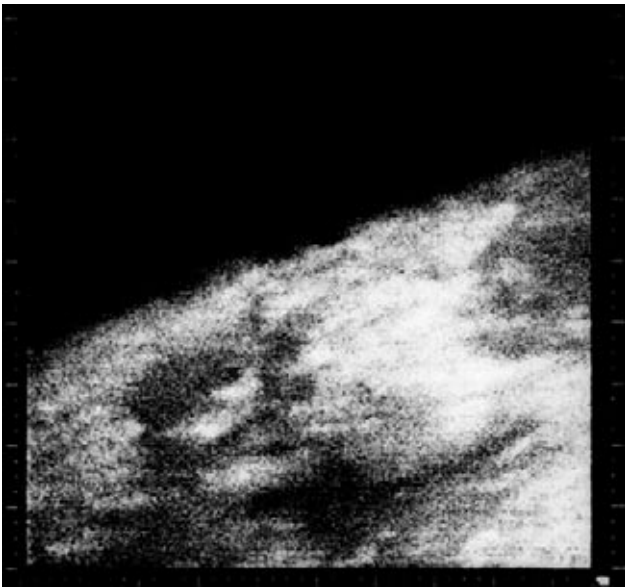


Nella meteorite, queste strutture hanno richiamato per la forma alcune categorie di batteri terrestri.

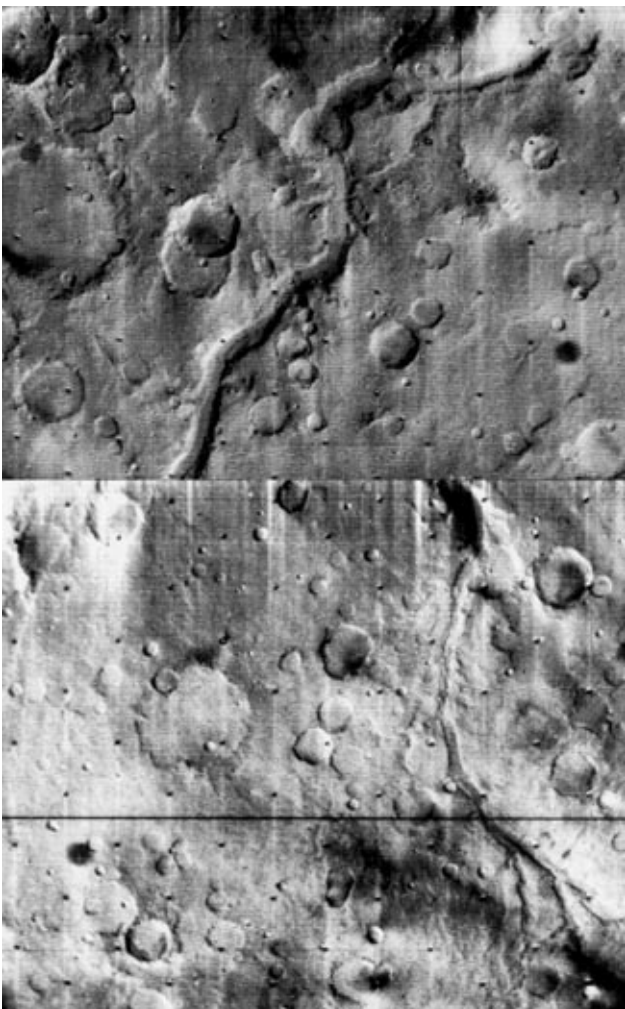


La sonda Mariner 4.





La prima immagine di Marte ripresa dal *Mariner 4*, che mostra alcune nubi al lembo del pianeta.



Alcuni canali che mostrano il flusso di acqua allo stato liquido che ha segnato il suolo nel passato di Marte, ripresi dal *Mariner 9*.

### Marte da vicino

Tutte le residue speculazioni sull'esistenza di civiltà marziane erano però destinate a crollare improvvisamente con l'avvento dell'esplorazione spaziale del nostro sistema

planetario. Con i primi *fly-by* (sorvoli) del pianeta e con i successivi atterraggi sulla sua superficie, le vecchie ipotesi furono smentite dall'evidenza di prove scientifiche e la nostra visione di Marte cambiò drasticamente. Le prime delusioni per i numerosi sostenitori dell'esistenza di vita su Marte giunsero verso la metà degli anni Sessanta quando le sonde *Mariner 4*, *6* e *7* sorvolarono da breve distanza la superficie marziana. Le immagini inviate a terra mostravano un paesaggio costellato di crateri, senza alcun segno di forme viventi, e per certi versi somigliante alla superficie lunare. Comunque, un'ulteriore sorpresa giunse dopo che *Mariner 9* arrivò a Marte nel 1971. Questa sonda entrò in orbita attorno al pianeta e ciò permise, per la prima volta, di tenere sotto osservazione ravvicinata e per lungo tempo il pianeta. Quando arrivò, Marte era completamente avvolto da una tempesta di polvere che impediva di osservarne la superficie. Agli inizi del 1972 la polvere cominciò a diradarsi e la sonda iniziò un'esplorazione sistematica del pianeta utilizzando diversi strumenti. A differenza delle precedenti missioni, *Mariner 9* rivelò la complessa varietà di un pianeta che era tutt'altro che simile alla Luna. Le sonde sovietiche che raggiunsero Marte nel corso degli anni Settanta confermarono la varietà geologica della superficie marziana.



Un modello della sonda *Viking 2*, con il braccio meccanico allungato per il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi biochimiche.

Terminata la serie di queste prime missioni pionieristiche, gli scienziati planetari rivolsero la loro attenzione al problema della vita su Marte. Nel 1975 la NASA mise in orbita attorno a Marte due navicelle spaziali, *Viking 1* e *Viking 2*, ciascuna delle quali fece discendere un *lander* sulla superficie del pianeta. Tutte e quattro le sonde lavorarono in maniera impeccabile e inviarono dati a terra per più di quattro anni. Sebbene i complessi esperimenti biologici effettuati dai due *lander* non trovarono alcuna traccia di forme viventi, essi rivelarono molti aspetti sulla reattività e sulle proprietà fisiche e chimiche della superficie. Gli strumenti dei *lander* osservarono i cambiamenti della superficie all'alternarsi delle stagioni, registrando i dati meteorologici locali e i terremoti per un periodo di oltre due anni marziani (un anno marziano è pari a 687 giorni terrestri). Nel frattempo, i due *orbiter*



Panorama ripreso dal Lander della sonda Viking 2. In primo piano, l'antenna e alcune strumentazioni della sonda, parzialmente coperte dalla polvere marziana.



Il desolato sito circostante il Lander 1 della missione Viking, in un montaggio panoramico. La distesa di pietre di varia adagiate su un letto sabbioso.



Il panorama mostrato dalla Pathfinder. Sullo sfondo due colline gemelle denominate Twin Peaks. Sulle rocce circostanti sono stati cercati i segni del passaggio di grandi masse d'acqua, ma senza poter ottenere indicazioni definitive.



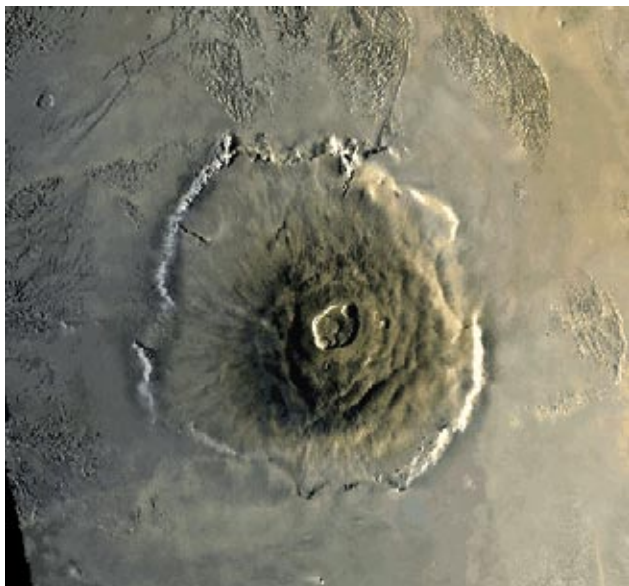
Tramonto ripreso dalla Pathfinder sulla superficie marziana. Il pulviscolo e i vapori creano la spettrale luce diffusa nel cielo.

fotografarono l'intero pianeta, misurando le sue proprietà termiche e il contenuto di acqua della tenue atmosfera. Alla fine della missione tutto il pianeta era stato fotografato a una risoluzione di poche centinaia di metri e buona parte di esso a una risoluzione inferiore ai 10 metri.

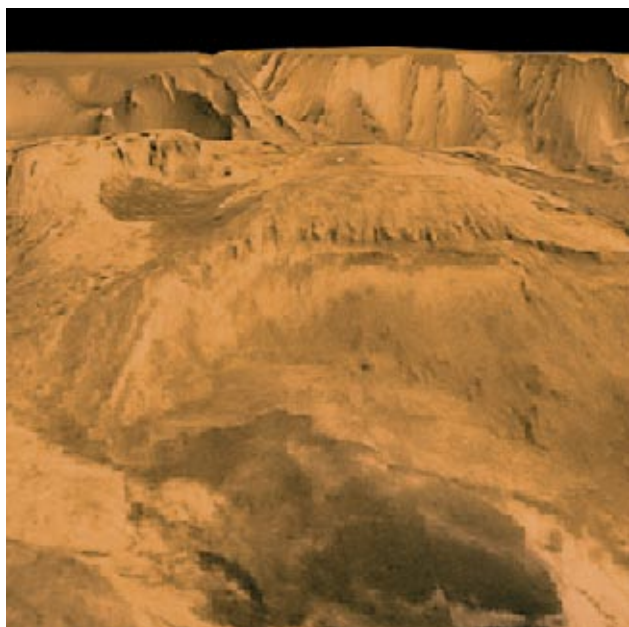
### Insuccessi e successi nell'esplorazione di Marte

Dovettero passare più di dieci anni perché altre sonde fossero lanciate verso il pianeta rosso. Si trattò delle missioni russe *Phobos 1* e *2* nel 1988, che fallirono in parte, della *Mars Observer* nel 1992, di cui fu perso il contatto durante il viaggio interplanetario, e di *Mars 96*, che dopo il lancio, a causa della mancato funzionamento del terzo stadio del vettore, precipitò nell'oceano Pacifico. Ma, dopo questi numerosi fallimenti, il successo ritornò con *Mars Pathfinder* che, dopo essere rimbalzato diverse volte nella regione di Crise Planitia protetto da speciali *airbag* il 4 luglio 1997, utilizzò un piccolo *rover* per esplorare la zona circostante il punto di atterraggio e analizzare la composizione del suolo e delle rocce. Sempre in quell'anno la *Mars Global Surveyor* raggiunse Marte e iniziò una ricognizione fotografica ad alta risoluzione dedicata allo studio della geologia e della mineralogia, della topografia globale, del magnetismo e della gravità. Questa sonda, che sta ancora trasmettendo dati, ha ripreso immagini di parte della superficie marziana con una risoluzione compresa tra 1.5 e 8 metri e ha effettuato una mappa altimetrica di tutto il pianeta con una risoluzione spaziale di poche centinaia di metri e una risoluzione verticale inferiore al metro, oltre ad aver ottenuto spettri nell'infrarosso termico di tutta la superficie marziana con una risoluzione spaziale di 3 km. Ha inoltre determinato con precisione il campo gravitazionale e scoperto delle forti anomalie magnetiche nella crosta del pianeta che indicano che Marte, in un lontano passato, era dotato di un intenso campo magnetico.

Attualmente la sonda sta effettuando osservazioni dettagliate di potenziali zone di atterraggio per delle prossime missioni, in particolare per i *Mars Exploration Rovers*, che entro quest'anno dovrebbero posarsi sulla superficie del pianeta rosso. Viste le sue buone condizioni di salute è molto probabile che *Mars Global Surveyor* possa essere



Il più grande vulcano del Sistema Solare, il monte Olimpo, da immagini del Mars Global Surveyor.



Ricostruzione 3D della zona di Candor a partire dai rilievi del Mars Global Surveyor. In secondo piano si apre il canyon della Valles Marineris.

impiegata nel futuro come sonda ponte per trasmettere a terra dati raccolti da altre missioni.

Un'altra missione tuttora in piena operatività è la *Mars Odyssey*, che fu messa in orbita attorno a Marte nell'ottobre 2001 e trasporta tre strumenti principali. Uno spettrometro a raggi gamma, che sta effettuando la mappa mineralogica di tutta la superficie con una risoluzione spaziale di 250-300 km. Un sistema di ripresa dell'emissione termica proveniente dalla superficie, che effettuerà immagini nell'infrarosso termico di regioni di particolare interesse. I dati raccolti da questo strumento sono di particolare interesse per la scelta delle future regioni da esplorare e per localizzare anomalie chimiche, come quelle che potrebbero essere causate da attività idrotermale. Il terzo esperimento,

MARIE (*Mars Radiation Environment Experiment*), è dedicato alla caratterizzazione della radiazione cosmica attorno a Marte, in modo da fornire preziose informazioni agli ingegneri sulle protezioni che dovranno essere tenute in considerazione nella progettazione delle navicelle spaziali per le future missioni di esplorazione umana del pianeta. *Mars Odyssey* verrà anche impiegata come ponte di trasmissione per i *Mars Exploration Rovers*.



La sonda Mars Global Surveyor

### Il futuro dell'esplorazione di Marte

Mentre le prospettive di lungo termine dell'esplorazione marziana sono indirizzate allo sbarco umano sul pianeta, le attuali strategie sono rivolte all'esplorazione robotica con prevalente carattere scientifico. È comunque chiaro che la determinazione di molti fattori ambientali, la cui conoscenza è indispensabile per la preparazione della discesa su Marte dell'uomo, rientra tra gli obiettivi delle sonde che già sono al lavoro e di quelle che si accingono a raggiungere il pianeta rosso. Agli inizi dello scorso decennio gli Stati Uniti hanno adottato una strategia dell'esplorazione spaziale del Sistema Solare definita "*faster, better, cheaper*" (più in fretta, migliore, più economica). Essa si è concretizzata con il lancio, verso Marte e altri corpi planetari, di piccole missioni di costo relativamente basso e con obiettivi scientifici concentrati su pochi temi, piuttosto che complesse e costose missioni dedicate allo studio di un gran numero di aspetti. Lo scopo di questa strategia, adottata dopo la perdita della sonda *Mars Observer* nel 1993, è stato quello di ridurre i costi e di distribuire il rischio su diverse missioni, in modo che un eventuale fallimento non possa compromettere l'intero programma. Prima di allora le missioni planetarie erano diventate così complesse e costose che ne poteva essere lanciata soltanto una nell'arco di tempo di circa un

decennio, come per esempio la missione *Galileo* a Giove o la *Cassini-Huygens* a Saturno. Al contrario, a partire dal momento in cui è stata adottata la nuova politica, la NASA ha lanciato verso Marte ben cinque missioni. Questa nuova politica ha al suo attivo, comunque, un successo solamente parziale. Sebbene *Pathfinder*, *Mars Global Surveyor* e *Mars Odissey* abbiano lavorato e stiano lavorando (le ultime due) in maniera migliore delle aspettative, due sonde (*Mars Climate Observer* e *Mars Polar Lander*) sono andate perse in un breve lasso di tempo nel 1999, probabilmente perché i costi erano stati così ridotti da far prendere ai gestori delle missioni dei rischi troppo alti. Nonostante questi due fallimenti, comunque, le piccole missioni multiple sono ancora alla base del piano strategico di esplorazione di Marte, anche se alla luce di questi insuccessi vengono prese molte più precauzioni al fine di limitare al minimo i rischi.

I moti orbitali della Terra e di Marte fanno sì che l'opportunità di lanciare delle sonde verso il pianeta si presenti ogni 26 mesi. La NASA prevede di lanciare almeno una sonda, e qualche volta due, verso il pianeta in corrispondenza di ognuna di queste finestre che si presenteranno nei prossimi dieci anni. Inoltre, l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) lancerà quest'anno la sonda *Mars Express*, mentre l'Italia e la Francia prevedono l'invio di due sonde a Marte verso la fine di questo decennio. Se si considera inoltre che la sonda giapponese *Nozomi*, lanciata nel 1998, raggiungerà quest'anno il pianeta, è chiaro che l'esplorazione del pianeta rosso rappresenta un vero e proprio sforzo internazionale. Le riunioni in cui viene fatta la pianificazione strategica vedono una rappresentanza multinazionale, la maggior parte degli strumenti messi a bordo delle sonde sono internazionali e alcune missioni possono approfittare della partecipazione di una seconda agenzia spaziale, oltre a quella promotrice, per alcuni elementi essenziali, come per esempio le telecomunicazioni. Le informazioni sui vari programmi nazionali vengono scambiate nell'ambito dell'*International Mars Working Group*, in cui sono rappresentate 11 nazioni.

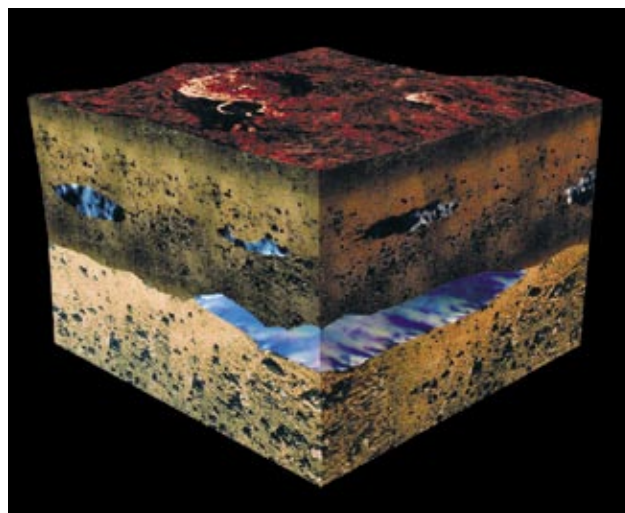
### Gli obiettivi

I tre obiettivi scientifici fondamentali dell'esplorazione di Marte sono: ricercare l'evidenza di eventuali forme di vita passate o presenti; delineare l'evoluzione del pianeta; determinare la sua storia climatica. La superficie marziana è pari a quella delle terre emerse sul nostro pianeta e le aspettative indicano che, se mai qualche attività di tipo biologico si sviluppò su Marte, l'evidenza della loro presenza sarebbe individuabile soltanto in nicchie particolari, tutt'altro che comuni, dove possono esistere le condizioni per la conservazione allo stato fossile o, ancor più eccezionalmente, per il loro sostentamento. Per questo motivo, la strategia per la ricerca della vita prevede come primo obiettivo l'effettuazione di una mappa globale dettagliata del pianeta per ricercare le zone dove l'acqua, il calore e materiali nutritivi possono averne reso possibile lo sviluppo. I dati globali permetteranno anche di ricostruire la storia geologica e climatica del pianeta.

Il passo successivo sarà quello di effettuare osservazioni più dettagliate di obiettivi di interesse sia dall'orbita sia *in situ*.

Infine, una volta disponibili le conoscenze globali e locali, i siti prescelti verranno esplorati in dettaglio con esperimenti dedicati alla scoperta di forme di vita e con missioni che riporteranno a Terra campioni del suolo marziano. Uno dei maggiori punti in discussione nel piano strategico a lungo termine dell'esplorazione marziana è appunto la scelta del momento più opportuno per organizzare una missione di *sample-return*. Le misure chimiche e isotopiche possono essere eseguite nei laboratori terrestri con precisioni che sono ordini di grandezza migliori di quanto è possibile effettuate *in loco*. Altre analisi, come una determinazione precisa dell'età e la ricerca di microfossili, sono molto difficili e richiedono una così complicata preparazione dei campioni da non poter essere effettuate automaticamente, in maniera remota, su un pianeta distante decine di milioni di chilometri, neppure con le tecnologie che possiamo presumere di sviluppare nel prossimo decennio. Inoltre, è impossibile conoscere a priori quali siano le misure più critiche da effettuare *in situ* e come effettuarle al meglio.

Poter disporre invece di campioni nei laboratori terrestri permetterebbe di utilizzare un ampio spettro di tecniche di analisi e di poter sfruttare appieno le capacità e le esperienze di una vasta comunità scientifica. Ma riportare a terra campioni marziani è molto costoso e rappresenta una vera e propria sfida tecnologica. Si dovranno infatti sviluppare nuove tecniche per effettuare un lancio autonomo dalla superficie marziana e un *rendez-vous* in orbita. Inoltre, le nostre conoscenze di Marte sono attualmente insufficienti per conoscere dove andare a raccogliere i campioni la cui analisi potrebbe risolvere il vecchio enigma sull'esistenza passata e/o presente di forme di vita sul pianeta rosso. Alla luce delle sfide scientifiche e tecnologiche rappresentate da una missione *sample-return*, nonostante la sua importanza, è molto improbabile che una missione di questo genere venga lanciata prima della fine di questo decennio.



La pressione potrebbe mantenere allo stato liquido delle falde acquifere nel sottosuolo marziano.

### Le prossime missioni

I prossimi anni saranno comunque molto attivi per l'esplorazione spaziale di Marte. Come accennato, durante le finestre che permettono l'invio di sonde ogni 26 mesi,

verranno fatte partire una o più missioni. Quelle previste sino al 2005, a meno che non vengano impedita da circostanze inattese, verranno lanciate rispettando il calendario già delineato, mentre quelle in programma dopo questa data sono meno certe. La strategia della NASA è quella di avere missioni orbitali ogni quattro anni, intercalate da missioni che prevedono la discesa di *lander*. Ciò per permettere di sfruttare l'esperienza e le informazioni raccolte da una missione in modo da incorporarle in missioni simili successive. Seguendo questa logica, gli Stati Uniti prevedono di lanciare sonde che discenderanno sul pianeta quest'anno, nel 2007 e nel 2011 e degli *orbiter* nel 2005 e 2009.

Quest'anno partiranno verso Marte numerose missioni. La NASA lancerà due *Mars Exploration Rovers* che atterreranno sulla superficie del pianeta utilizzando la stessa tecnica degli *air bag* già sperimentata con successo nel 1997 con *Mars Pathfinder*, ma a differenza di *Pathfinder*, i *rover* saranno indipendenti dalla sonda madre e quindi liberi di muoversi a grande distanza dalla zona di atterraggio. La loro vita operativa è prevista in almeno 90 giorni, durante i quali effettueranno una varietà di misure sulle rocce e sul suolo. I siti da esplorare includono il fondo di *canyon* e di crateri da impatto dove è più probabile che sia stata presente dell'acqua, il bordo di antichi altipiani pesantemente craterizzati, e una regione in cui la sonda *Mars Global Surveyor* ha rivelato la presenza di ematite, un minerale del ferro che si pensa sia un composto precipitato dall'acqua. Sempre nel giugno di quest'anno, dalla base spaziale di Baikonur (Kazakhstan), partirà *Mars Express* la prima missione, definita "flessibile", del programma a lungo termine di esplorazione di Marte dell'ESA. A bordo avrà una camera tedesca ad alta risoluzione per effettuare la mappa stereoscopica e a colori del pianeta,

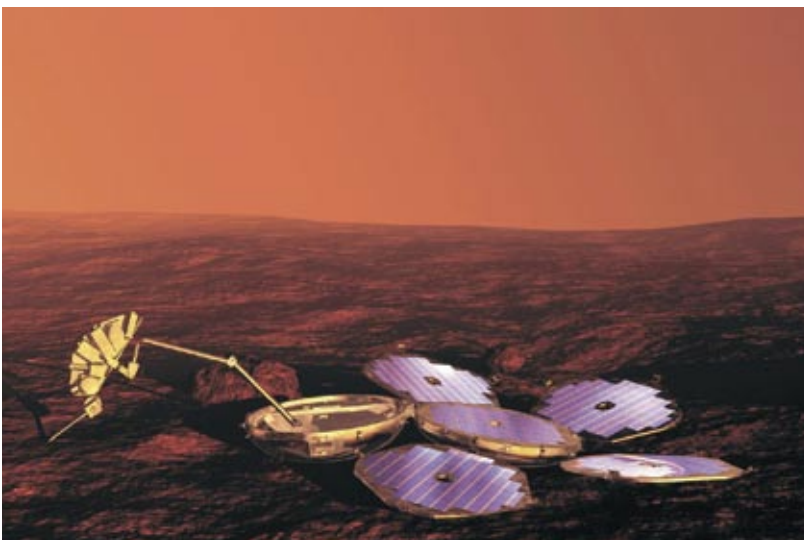


La sonda europea Mars Express

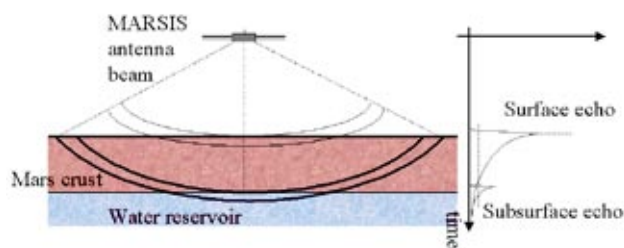
uno spettrometro infrarosso di realizzazione francese, dedicato allo studio mineralogico della superficie marziana, oltre a un radar italo-statunitense che permetterà di rivelare la presenza di acqua allo stato liquido sino a una profondità di circa 5 km.

Altri esperimenti effettueranno misure dell'alta atmosfera e analizzeranno l'interazione tra il pianeta e il vento solare. Questi ultimi esperimenti saranno complementari a quelli che verranno compiuti dalla sonda giapponese *Nozomi*, che sarà in orbita attorno a Marte nello stesso periodo. *Mars Express* farà scendere sulla superficie marziana anche un piccolo *lander*, chiamato *Beagle 2* e costruito in Gran Bretagna. È dotato di una telecamera e di numerosi rivelatori che effettueranno misure della composizione del suolo e dell'atmosfera. Se tutto andrà come previsto, il 2004 sarà un anno eccezionale per l'esplorazione di Marte, con tre *lander* sulla sua superficie e quattro sonde in orbita, tenendo conto di *Mars Global Surveyor* e *Mars Odyssey* che potrebbero fungere da ponte per la trasmissione a terra dei dati.

Nel 2005 la NASA prevede di lanciare il *Mars Reconnaissance Orbiter*. Il *payload* da mettere a bordo di questa sonda non è ancora stato scelto, ma probabilmente comprenderà uno strumento progettato per acquisire profili verticali multipli dell'atmosfera nel corso di un anno marziano, al fine di caratterizzare la circolazione atmosferica. Altri probabili strumenti, il cui uso permetterà di identificare e caratterizzare future zone di atterraggio, saranno una telecamera con una risoluzione di alcune decine di centimetri e uno spettrometro operante nel visibile e nel vicino infrarosso. È anche possibile l'aggiunta di un radar per rilevare la presenza di acqua sotterranea, ma con una sensibilità e risoluzione spaziale superiore a quello che volerà su *Mars Express*.



Il modulo di discesa della Mars Express.



Il radar MARSIS del modulo orbitante della Mars Express dovrebbe essere in grado di mostrare un'eco dovuta alla presenza d'acqua nel sottosuolo marziano.

### Il futuro remoto

Dopo il 2005 i programmi sono meno certi. Tra le varie possibilità, esiste il lancio nel 2007 di un esperimento che farà posare su Marte tre cosiddetti *netlander*. Lo scopo principale sarà quello di stabilire una rete sismica per determinare la struttura interna del pianeta, ma saranno anche dotati di telecamere e sensori geochimici. Allo stesso tempo la NASA prevede di inviare altri *rover* sulla superficie marziana per effettuare ricognizioni con raggio molto più ampio di quelli inviati in precedenza e per sperimentare alcune tecnologie necessarie alla raccolta e al trasporto di campioni sulla Terra. La NASA inoltre richiederà alla comunità scientifica idee per una piccola missione, denominata *Scout*, che dovrebbe colmare le lacune lasciate dal programma principale. È anche prevista una missione congiunta USA-Italia per un satellite per telecomunicazioni che dovrebbe supportare i numerosi veicoli che nella seconda metà di questo decennio si troveranno sulla superficie marziana.

Il proseguimento dell'esplorazione di Marte dopo il 2007 dipenderà dai bilanci delle varie agenzie spaziali, dagli sviluppi tecnologici e anche da quello che sarà scoperto nei prossimi anni. Naturalmente il prelievo di campioni e il loro trasporto a terra è l'obiettivo che ha la più alta priorità. Nel 2007, grazie all'enorme mole di dati nel frattempo raccolti, dovremmo già avere le idee chiare su dove effettuare i prelievi di campioni e avere una quantità sufficiente di informazioni in modo da interpretare correttamente le osservazioni effettuate in maniera remota. Avremo anche una considerevole esperienza nel far atterrare e nell'operare dei veicoli sulla tormentata superficie del pianeta. Perciò, se il programma adesso delineato verrà attuato, sarà possibile effettuare un lancio nel 2011 di una missione destinata a riportare a terra campioni del suolo marziano.

Che cosa accadrà nel secondo decennio del terzo millennio dipenderà, oltre che dai fondi disponibili, da ciò che verrà scoperto nel frattempo e soprattutto dalla volontà "politica" di inviare i primi uomini su un altro pianeta del Sistema Solare. Ma il principale fattore che influenzerà in maniera decisiva la futura esplorazione del pianeta rosso sarà la scoperta in maniera non ambigua nelle meteoriti marziane, o sui campioni riportati a terra, oppure con esperimenti effettuati *in situ*, di una qualche forma di vita passata e/o presente. Se ciò accadesse, l'obiettivo della successiva esplorazione sarebbe quello di caratterizzare quelle forme di vita e stabilire come e quando si sono evolute. Ma, anche se la possibilità di scoprire qualche forma biologica è bassa, rimarrà alto l'interesse di avere a disposizione, nei laboratori terrestri, campioni prelevati in diverse zone della superficie marziana, sia per continuare

la ricerca di attività biologiche, sia per raccogliere informazioni dirette sulla tempistica e sulla natura degli eventi geologici e climatologici che hanno interessato Marte nel passato. Altre possibilità che sono state suggerite riguardano la trivellazione sino a profondità in cui l'acqua, se esiste, potrebbe essere stabile e quindi aver permesso lo sviluppo di qualche forma di vita, come riscontrato in alcuni basalti terrestri, mentre "carote" prelevate nei terreni stratificati delle regioni polari potrebbero essere di particolare interesse per chiarire la recente storia del clima marziano. Altre idee riguardano il sorvolo a bassa quota con palloni e aeroplani con cui scoprire eventuali anomalie termiche e depositi acquiferi al di sotto della superficie; al tempo stesso potrebbero essere rilasciati su tutto il globo marziano sensori sismici e meteorologici. Naturalmente molti di questi suggerimenti non vanno d'accordo con la politica del "*faster, better, cheaper*", ma è certo che, se dovrà essere sviluppato un programma di esplorazione di lungo termine, saranno necessarie missioni molto più complesse e costose di quelle attuali.

### L'uomo su Marte?

Un argomento cruciale nei piani dell'esplorazione a lungo termine di Marte è quello della necessità o meno dell'invio dell'uomo sul pianeta rosso. A questo riguardo le opinioni differiscono in maniera notevole. Alcuni affermano che l'uomo non dovrebbe mettere piede su Marte fino a che non è stato dimostrato che non vi esiste alcuna forma di vita. Gli umani, infatti, sarebbero inevitabilmente accompagnati da forme di vita microbica terrestre che potrebbe competere con forme di vita indigene, portando così alla loro distruzione o alterazione. L'uomo potrebbe anche riportare sulla Terra microbi marziani e porre così a rischio qualche forma di vita terrestre. Altri sono convinti che queste preoccupazioni sono esagerate, in quanto le possibilità che oggi esistano forme di vita su Marte sono prossime a zero e che, se anche ci fossero, non potrebbero competere con gli organismi terrestri che occupano ogni immaginabile nicchia.

In realtà, il problema maggiore al centro del dibattito riguarda la reale necessità di una tale impresa. L'enorme costo del trasporto e gli altrettanto enormi rischi connessi a un viaggio interplanetario piuttosto lungo, all'atterraggio sul pianeta e alla successiva partenza di un equipaggio umano per effettuare esperimenti scientifici sul campo, non sono facilmente giustificabili. Per lo stesso costo di una missione umana, centinaia di robot potrebbero essere dislocati in ogni parte del pianeta per effettuare un lavoro analogo e forse più completo di quello che potrebbero svolgere degli astronauti. Alcuni però affermano che le motivazioni per una missione umana su Marte non sono realmente di carattere pratico, ma filosofiche. La volontà di esplorare è profondamente radicata nella natura umana. L'esplorazione solleva l'uomo dalla quotidianità, aprendogli nuove prospettive e rendendo eroici i tremendi rischi che essa comporta. Come contropartita c'è la meraviglia della scoperta e l'orgoglio di aver raggiunto un obiettivo superando limiti pensati invalicabili. Se l'uomo andrà su Marte saranno queste le ragioni che lo spingeranno a una così straordinaria impresa. La strada, che passa attraverso le difficili scelte sull'utilizzo delle risorse economiche, è ancora lunga, nonostante vi sia un intero pianeta da esplorare e forse una biologia completamente nuova da scoprire.