

# IL GRANDE GHOUL GALATTICO

|| Marte risponde a un fondamentale bisogno di ognuno di noi.  
**Esiste un imperativo umano a esplorare.**

Le persone esplorano perché sono esseri umani, con il desiderio di espandere l'ambito dell'esperienza umana. L'esplorazione aumenta la nostra conoscenza, soddisfa la nostra curiosità e risponde al nostro senso di avventura.

Andremo su Marte perché siamo vivi e perché questo riflette qualcosa di molto speciale dentro ciascuno di noi ||

Arnold Aldrich, NASA,  
Amministratore Associato,  
1 maggio 1990

Nella storia dell'esplorazione spaziale Marte è la meta che ha avuto la più alta percentuale di insuccessi. Gli errori umani, l'inevitabile non conoscenza delle esatte caratteristiche del luogo di arrivo e veri e propri casi di sorte avversa hanno causato la perdita di un notevole numero di sonde, come risulta evidente ripercorrendo la storia delle missioni marziane.

Per questa serie di insuccessi è stato soprannominato "Grande Ghoul Galattico". Nelle leggende mediorientali il Ghoul è un essere mostruoso che attira i viaggiatori nel deserto per cibarsene: anche Marte sembra non essere mai sazio di nuove vittime. Nonostante i tanti fallimenti, però, non è mai venuto meno il desiderio di esplorare il Pianeta rosso.

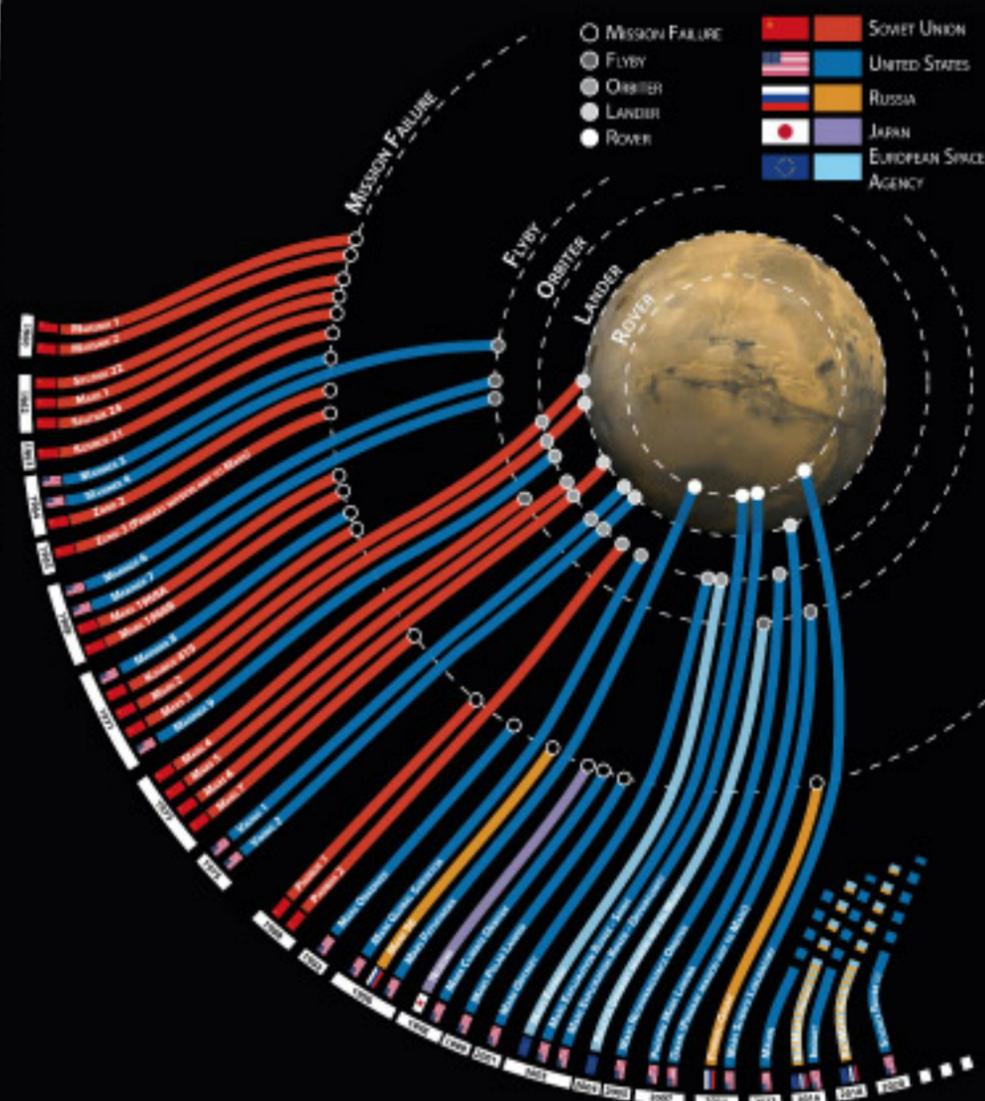


Immagine artistica degli anni '90 della colonizzazione di Marte (NASA)

## L'uomo su Marte?

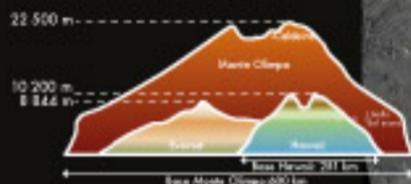
I mezzi di comunicazione presentano spesso l'idea che la colonizzazione di Marte sia quasi la naturale prosecuzione dei successi lunari. Oltre alle proibitive condizioni di vita sul pianeta rosso, però, diversi fattori rendono improbabile il viaggio umano su Marte. L'esperienza delle stazioni spaziali dimostra che il corpo umano non è fatto per vivere lunghi periodi in assenza di gravità: i muscoli si atrofizzano, le ossa sono soggette a osteoporosi, ci sono alterazioni cardiovascolari, del sistema nervoso e dell'equilibrio. Le radiazioni solari lontano dalla Terra, inoltre, sono più intense e pericolose e possono causare alterazioni al sistema immunitario, a quello riproduttivo e favorire l'insorgenza di tumori. Cosa succederebbe a un uomo costretto a viaggiare nello spazio interplanetario per più di sette mesi? Oltre alla difficoltà dell'atterraggio, infine, bisogna considerare che gli attuali sistemi di propulsione non consentono la realizzazione di navicelle adatte a trasportare uomini, con possibilità di rientro sulla Terra.

Nonostante questi problemi, però, grazie all'attività di alcuni privati, il sogno di Von Braun di colonizzare Marte sta raccogliendo adesioni da parte di molte persone nel mondo, disposte a sacrificare la vita terrestre per l'incognito di una nuova esistenza "marziana": fra i soggetti attivi il famoso industriale Elon Musk, la fondazione Mars Foundation, la non profit Mars-One. Ma cosa si cerca in una meta tanto inospitale? Si può ragionevolmente pensare che Marte dia maggiori possibilità della Terra? L'epica idea della nuova colonizzazione assomiglia più a un sogno che a una possibilità realmente percorribile.

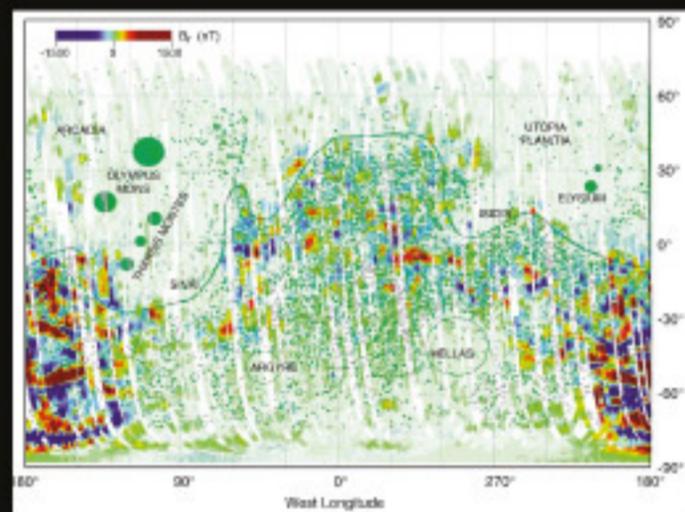




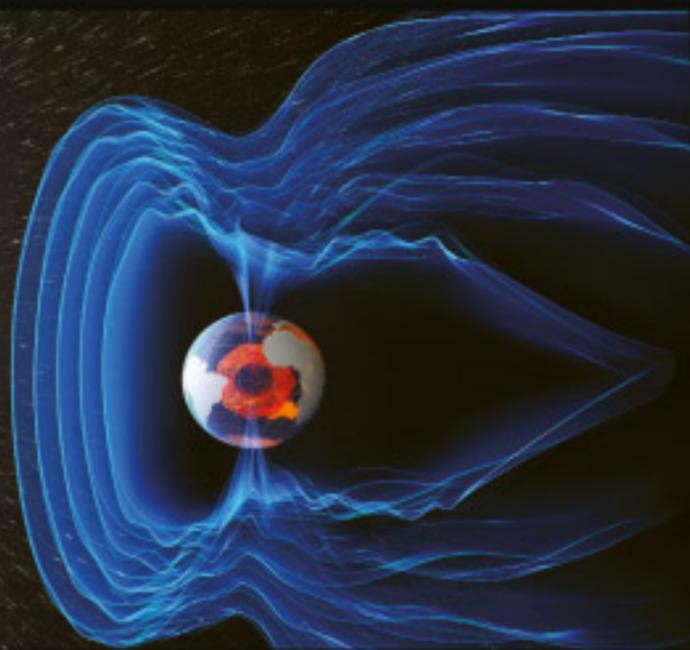
Ricostruzione di come sarebbe Marte se fosse ancora presente, scopia Epitolo nella sua epifora



Marte Olimpo: alto 27 km, è il rilievo più elevato del Sistema Solare. Le sue dimensioni sono probabilmente dovute alla mancanza di tettonica e a placche: le eruzioni rimase fino a la fine spaziale, ha prodotto lava da milioni di anni sempre nello stesso punto



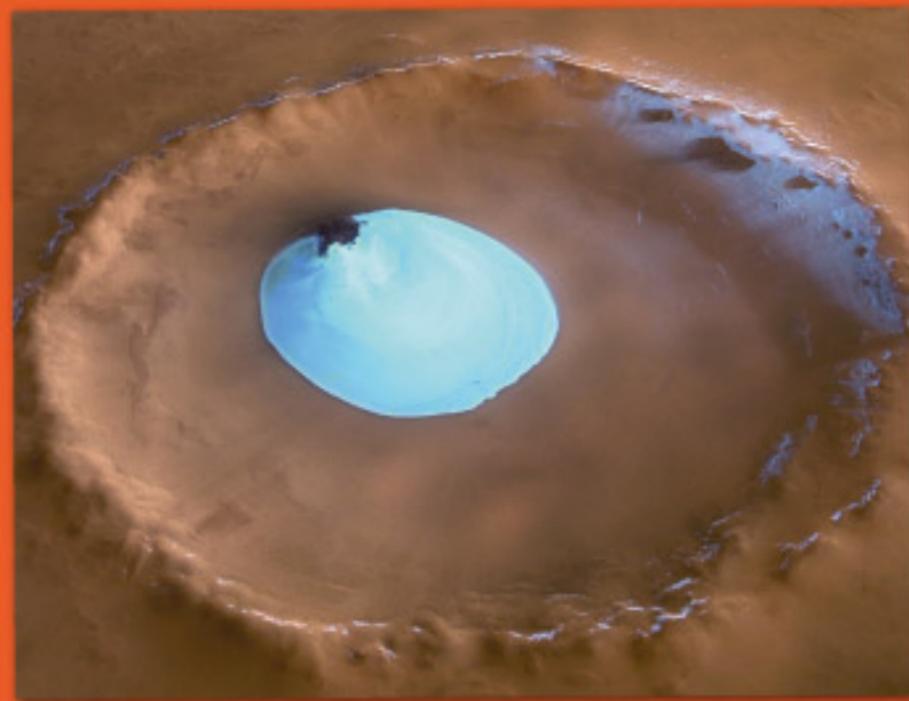
Rilevazioni del Campo Magnetico Marziano da parte dello scudo Mars Global Surveyor: si possono vedere le anomalie nella distribuzione delle linee di forza, che non si ricollegano intorno ai poli



Il Campo Magnetico Terrestre in una ricostruzione della NASA

## ACQUA E METANO

La ricerca della vita è strettamente collegata alla ricerca di acqua allo stato liquido e alla presenza del metano. La quantità di metano misurata su Marte non è sufficiente a giustificare con certezza la presenza di forme di vita. La bassa temperatura e la bassa pressione atmosferica rendono inoltre impossibile la presenza di acqua liquida sulla superficie di Marte; evidenti segnali di erosione nei canali e sulle rocce e di carbonato di calcio indicano però che un tempo su Marte l'acqua c'era.



# SU MARTE ALLA RICERCA DELLA VITA

## VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA GEOLOGIA MARZIANA

L'intensità del campo magnetico marziano è molto inferiore a quella del campo magnetico terrestre; la mancanza di protezione magnetica dal vento solare potrebbe essere tra gli elementi che determinarono la rarefazione dell'atmosfera marziana. Questo effetto si collega alla geologia del pianeta: l'ipotesi più accreditata è che la quasi totale assenza di campo magnetico sia dovuta alla mancanza di correnti di roccia fusa in movimento all'interno del pianeta, a differenza di quello che avviene sulla Terra.

|| Marte è in una fase primitiva della tettonica a placche. Esso ci dà un assaggio di come fu la Terra primordiale e può aiutarci a capire come la tettonica ebbe inizio sulla Terra ||

An Yin, Geologo planetario,  
University of California

"Le condizioni ambientali sulla Terra oggi non sono le stesse di quando la vita sorse su questo pianeta. Perché la vita sopravviva, i nutrienti devono rinnovarsi e questo può accadere solo grazie a processi geologici attivi [...]. Uno dei problemi maggiori sulla Terra è che la tettonica a placche ha eliminato tutti i primi 500 milioni di anni della storia delle rocce e ha seriamente alterato i seguenti 500 milioni di anni, [...] quando la vita comparve e prese piede. Questo buco nella nostra conoscenza può essere riempito studiando altri pianeti che non svilupparono una tettonica a placche e che conservano ancora tracce delle primitive condizioni ambientali. Marte è un obiettivo ideale. [...] Ha avuto una storia primordiale simile a quella della Terra e le sue condizioni erano adeguate per la presenza della vita. [...] Non è stato influenzato da una diffusa tettonica a placche; in conseguenza di ciò potrebbe essere possibile trovare antiche rocce che non sono state esposte ad alte temperature."

Tratto da: "Cosmic Vision", programma ESA per l'esplorazione spaziale 2015-2025

“Quando i Voyager vennero lanciati nel 1977 l'età spaziale prevista per le due navicelle era di 20 anni. Molti di noi nel team sognavano di raggiungere il mezzo interstellare, ma veramente non potevamo avere modo di sapere quanto lungo avrebbe potuto essere il viaggio, o se questi due veicoli sui quali avevamo investito tanto tempo ed energia avrebbero funzionato abbastanza a lungo per raggiungerlo.”

Edward Stone,  
Voyager Project Scientist  
e JPL Director 1991-2001



Edward Stone

“Lo smisurato e infinito è indispensabile all'uomo così come quel piccolo pianeta nel quale abita.”

Fëdor Dostoevskij

Il programma Voyager nasce sull'onda lunga dei successi spaziali che dalla fine degli anni '50 del secolo scorso portarono l'uomo sulla Luna in poco più di un decennio. L'idea iniziale del progetto era realizzare il Grand Tour dei pianeti esterni (incluso Plutone), usando più coppie di sonde e sfruttando il posizionamento relativo dei pianeti che in quegli anni risultava particolarmente favorevole allo scopo. Un taglio al budget ridimensionò il programma, dapprima includendolo nel programma Mariner (le due sonde avrebbero dovuto chiamarsi quindi Mariner 11 e 12). Solo in un secondo momento si ribattezzò il programma con il nome di Voyager, quando l'avanzamento dei lavori di progetto rivelò la grande differenza con le precedenti Mariner.



Il Voyager quando era ancora in fase di sviluppo

Il design finale fu di due sonde di circa 800 kg, 17 metri di apertura massima, 11 strumenti scientifici a bordo alcuni dei quali di nuova concezione, un costo totale di più di 900 Milioni di dollari, includendo i costi della vita operativa. La direzione del progetto fu affidata a Edward Stone, che lo ha seguito dal 1972. La missione era progettata per durare 20 anni, ma venne estesa dopo il tour fra i pianeti esterni.

# AI CONFINI DEL SISTEMA SOLARE

## Primary Mission

“La missione primaria era l'esplorazione di Giove e Saturno. Dopo aver ottenuto una serie di scoperte -come i vulcani attivi sulla luna di Giove Io e la complicata sequenza degli anelli di Saturno- la missione venne estesa. Il Voyager 2 andò avanti per esplorare Urano e Nettuno, ed è a tutt'oggi l'unica sonda ad aver visitato questi pianeti esterni. La missione attuale dei due avventurieri, la Voyager Interstellar Mission (VIM), esplorerà il confine più esterno del dominio solare. E si spingerà oltre.”

## Interstellar Mission

“L'obiettivo della Voyager Interstellar Mission è di estendere l'esplorazione del Sistema solare da parte della NASA oltre i dintorni dei pianeti esterni fino ai limiti esterni della sfera di influenza del Sole, con la possibilità di spingersi oltre. Questa missione estesa continuerà a caratterizzare l'ambiente solare esterno e a cercare i confini della Eliopausa, i confini esterni del campo magnetico solare e il flusso esterno del vento solare. La penetrazione del confine dell'Eliopausa fra il vento solare e il mezzo interstellare permetterà di effettuare misure dei campi, delle particelle e delle onde interstellari non toccate dal vento solare.”

[tratto dal sito della Missione Voyager  
<http://voyager.jpl.nasa.gov/>]

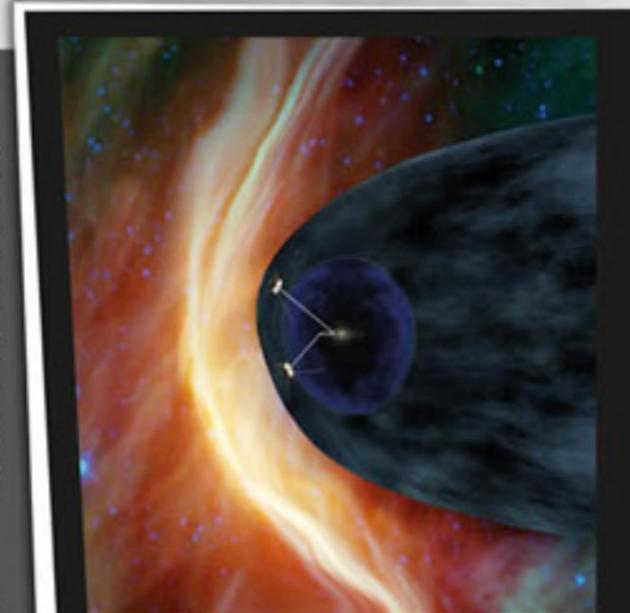
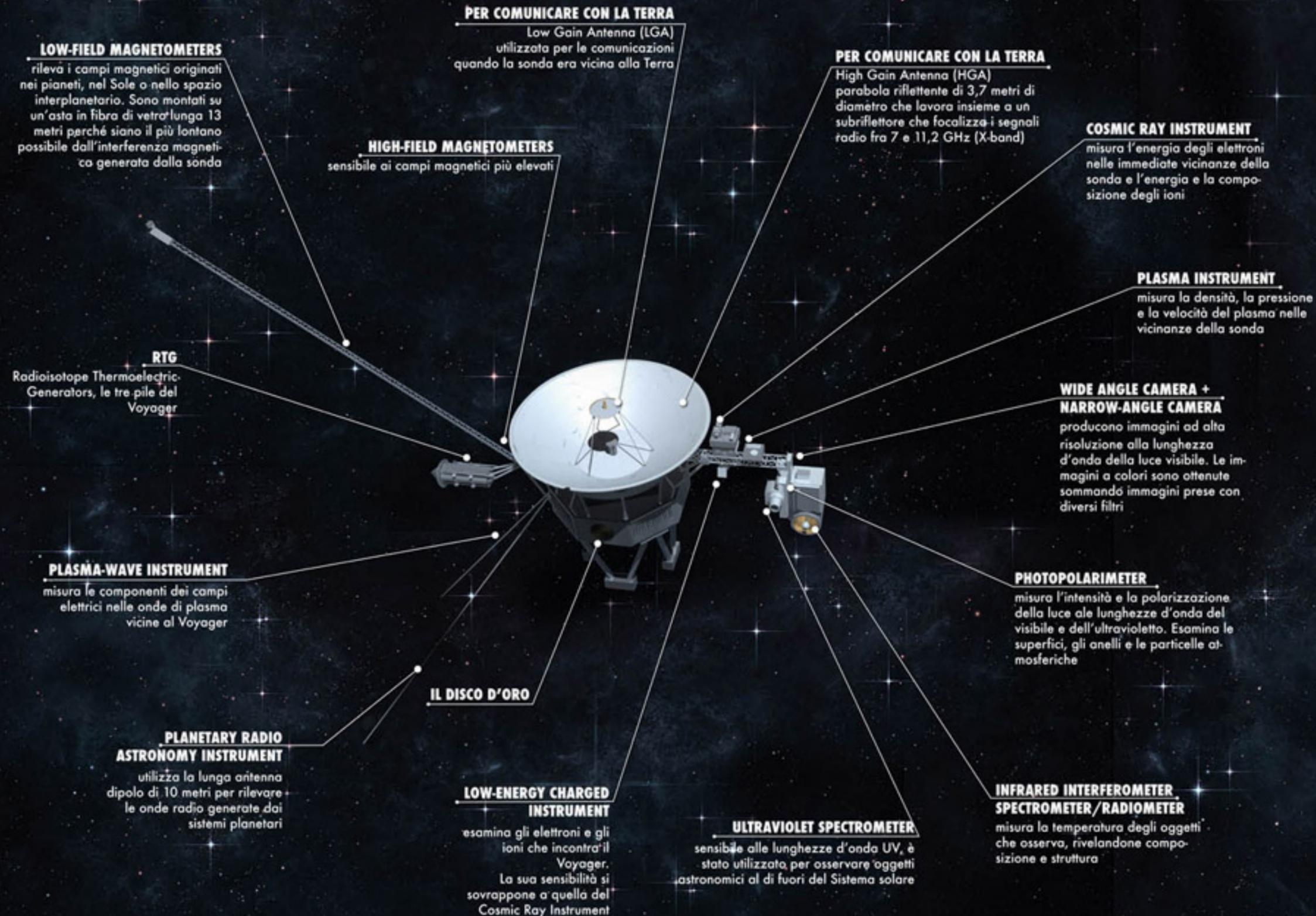


Illustrazione del Voyager

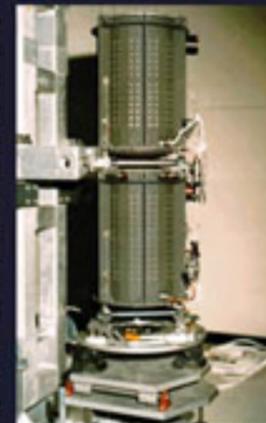


Zona esterna alla sfera di Oort, nella Nebulosa di Orione. Il più esterno come l'espansione interstellare sono definiti dalla zona di influenza della stella, proprio come accade al centro del Sistema



### Con quale energia?

Le sonde Voyager sono state lanciate nel 1977. Come fare per mantenere gli strumenti in vita per tutta la durata prevista della missione? Non si possono usare pannelli solari, perché il Sole è troppo lontano e, anche dai primi pianeti che si vogliono raggiungere (Giove e Saturno), la sua luce è troppo debole. L'energia deve essere fornita da una speciale "pila" interna alla sonda: le Voyager usano tre generatori di energia elettrica particolari, gli RTG ("Radioisotope Thermoelectric Generators"), che sfruttano il decadimento radioattivo per produrre energia. Guardando gli schemi della sonda si può notare che i generatori sono posizionati all'esterno, su un braccio dispiegabile, per evitare disturbi (soprattutto termici) agli strumenti. L'energia fornita da queste tre pile sarà disponibile in quantità decrescente fino a oltre il 2020, più di 40 anni dopo il lancio.



Una delle 3 batterie presenti su ciascuna sonda Voyager

# NATO PER ESPLORARE

### Qui Voyager...

Per comunicare a Terra i dati scientifici e la propria posizione, velocità e direzione, le sonde Voyager utilizzano l'antenna HGA. Più è grande la parabola, più si riesce a concentrare la potenza del segnale trasmesso. Il vantaggio di aumentare il livello di potenza che può raggiungere la Terra da grandi distanze, comporta però una difficoltà non banale: si tratta, infatti, di riuscire ad allineare l'antenna della sonda, che si muove a velocità elevate (Voyager 1 viaggia a circa 61.200 km/h rispetto al Sole; Voyager 2 a circa 55.570 km/h), con quelle delle stazioni di Terra che ruotano con la Terra stessa, con un errore di qualche frazione di grado ad una distanza di miliardi di chilometri.

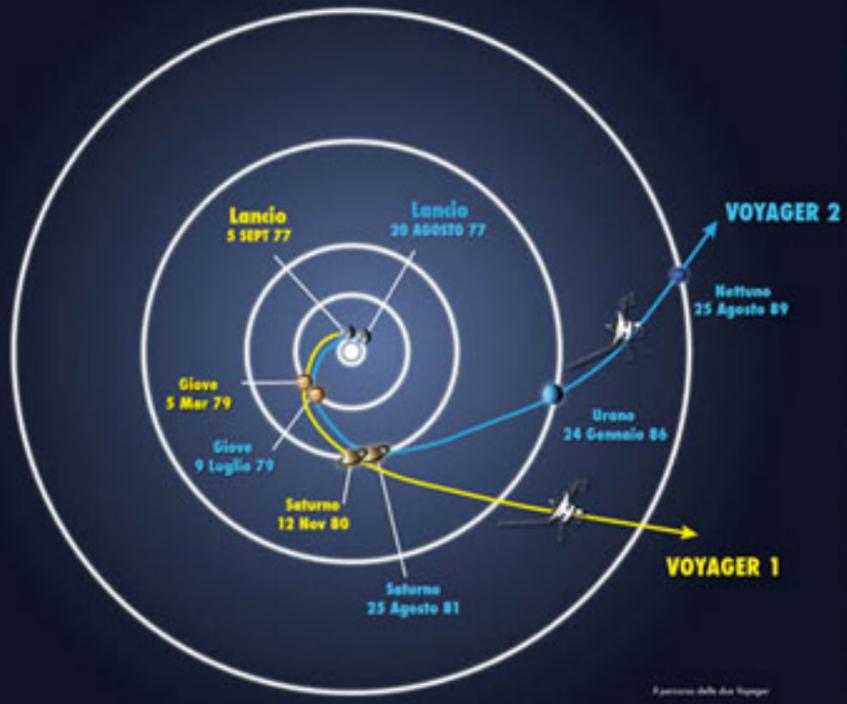


### Deep Space Network

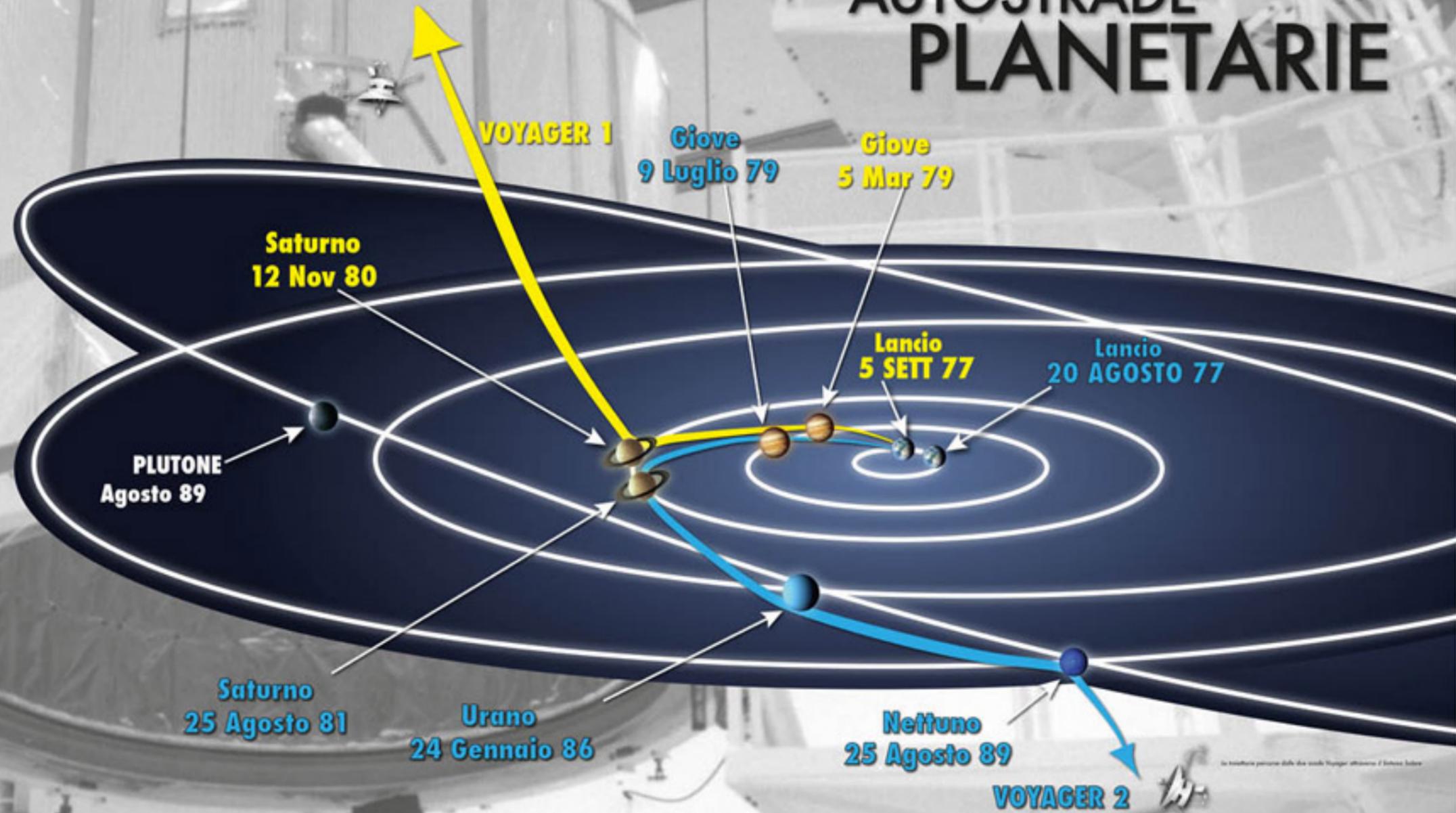
Per comunicare con le sonde da Terra e teleguidarle si utilizza una combinazione di diverse antenne paraboliche ubicate in tre punti del pianeta: in Spagna, vicino a Madrid, in California, all'Osservatorio Goldstone, nel deserto del Mojave; in Australia, vicino a Canberra. In ognuno di questi luoghi ha sede un complesso di almeno quattro ricevitori spaziali, equipaggiati con sistemi di ricezione ultra-sensibili e 4 grandi antenne paraboliche, da 24 fino a 70 metri di diametro.



# AUTOSTRADE PLANETARIE

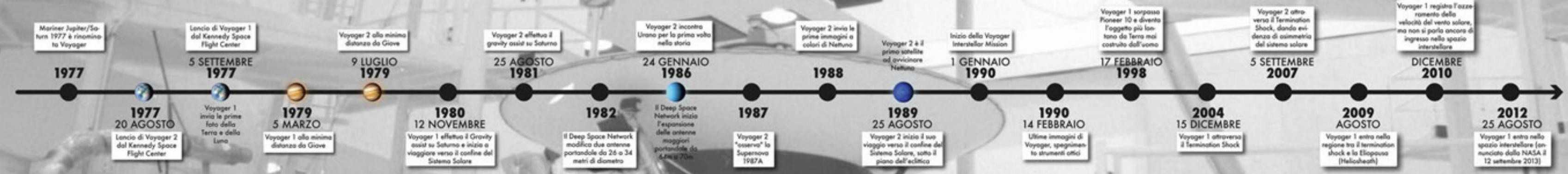


Fin dall'inizio della scienza missilistica, sappiamo che raggiungere le distanze enormi dei pianeti esterni e arrivare oltre i confini del Sistema Solare è impossibile con i propulsori a bordo, se non in tempi lunghissimi, per effetto del principale polo di attrazione gravitazionale del nostro Sistema planetario: il Sole. Per vincere questo "freno" gravitazionale, si usa un particolare accorgimento, chiamato Gravity Assist (o "fionda gravitazionale"): dopo la fase di lancio e l'allontanamento dall'orbita Terrestre, la sonda può incontrare gli altri pianeti e ricevere una spinta grazie al loro movimento, aumentando la sua velocità fino a superare la velocità di fuga del sistema solare, pari a circa 42 km/s.



Conoscendo le configurazioni dei pianeti nel tempo, si può arrivare nei punti di interesse in tempi utili, grazie all'individuazione di percorsi vantaggiosi che permettano di sfruttare la fionda gravitazionale più volte. Si progetta perciò di percorrere vere e proprie "autostrade", che si rendono disponibili per periodi limitati nel Sistema Solare. La "finestra" temporale sfruttata dalla missione Voyager nel 1977 aveva una durata di pochi mesi. Grazie a quella particolare disposizione planetaria le sonde Voyager sono potute arrivare ai confini del Sistema Solare. Un'analoga disposizione si riprodurrà solo nel 2152 (175 anni dopo il lancio). Per correggere la direzione sono utilizzati dei piccoli motori montati sulla sonda, che servono anche per garantire il corretto puntamento degli strumenti di bordo nelle fasi di utilizzo, soprattutto quello della grande antenna.

«La domanda che ci assilla è di dove proveniamo e dove andiamo, tutto quello che possiamo osservare da noi stessi è ciò che ci circonda attualmente. È per questo che abbiamo l'ansia di scoprire su di esso quanto più possiamo. Questa è scienza, l'apprendere, il conoscere, questa è la vera sorgente di ogni impresa spirituale umana.»  
 Edwin Schrödinger  
 Che cos'è la vita? (1951)



Resultant  
outbound  
velocity

Velocità  
risultante di  
uscita

Planet's  
velocity  
relative to  
the Sun

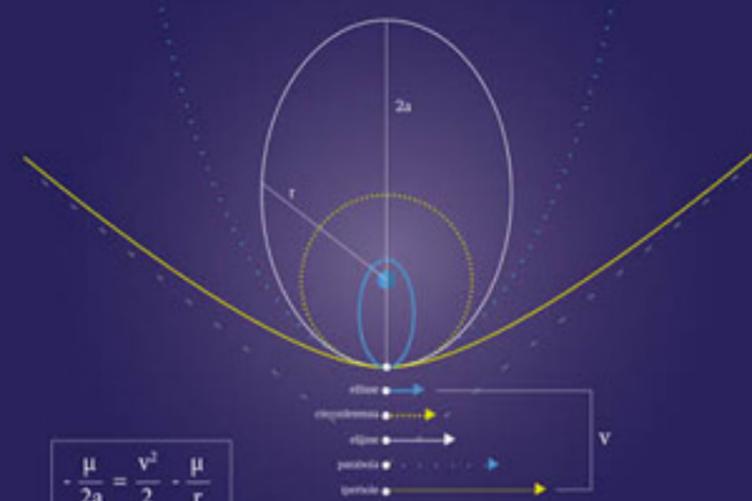
Velocità del  
pianeta  
relativa al  
sole

Resultant  
inbound  
velocity

Velocità  
risultante di  
entrata

$$V_{out} > V_{in}$$

Dal punto di vista del pianeta la sonda ha la velocità rappresentata dalla freccia nera: la traiettoria è iperbolica, la sonda viene accelerata e poi rallentata, ma a pari distanza dal pianeta la velocità ha cambiato la direzione ma non il modulo. Ma dal punto di vista "assoluto" (quello del Sole) alla velocità rispetto al pianeta (freccia nera) si somma la velocità del pianeta stesso (freccia rossa) dando la velocità "assoluta" (freccia blu). Attraendo la sonda il pianeta le trasmette le sua velocità: la velocità "assoluta" cambia sia direzione sia modulo.



$$\frac{\mu}{2a} = \frac{v^2}{2} - \frac{\mu}{r}$$

Le linee curve nel grafico sono delle possibili traiettorie orbitali. Esse sono delle coniche: circonferenza, ellisse, parabola, iperbole. Tutte hanno come fuoco la terra (cerchio azzurro). Più un'orbita è grande più richiede energia per percorrerla. Più è alta l'energia, maggiore è la velocità (vedi frecce).

Secondo la legge della gravità di Newton, due corpi, di masse  $m_1$  e  $m_2$ , si attraggono con una forza  $F$  che diminuisce con il quadrato della distanza  $d$ :

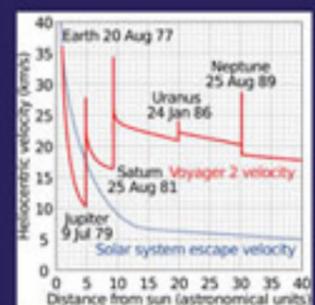
$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Ogni sonda, come ogni pianeta, è attratta dal Sole e da tutti gli altri pianeti. Ma quando si avvicina a un pianeta la forza aumenta rapidamente: riducendo la distanza alla metà, o a un quarto, la forza diventa 4 o 16 volte più intensa. Attorno a ogni pianeta c'è una "sfera di influenza", entro cui l'attrazione verso quel pianeta domina su tutte le altre, compresa quella del Sole. All'interno della sfera di influenza una sonda si muove quasi come se esistesse solo quel pianeta.

Una sonda rimane nella sfera di influenza, percorrendo un'orbita ellittica o circolare, cioè una traiettoria chiusa, quando la sua velocità è inferiore alla "velocità di fuga": non è sufficiente a sfuggire all'attrazione del pianeta. Percorre invece una traiettoria aperta, a forma di iperbole, se la velocità è superiore alla "velocità di fuga".

Per mettere in orbita una sonda occorre portarla fuori dall'atmosfera e a una velocità elevata, ma inferiore alla "velocità di fuga". Per inviarla verso Marte la si porta in una "orbita di parcheggio", per poi accelerarla ulteriormente fino a superare la "velocità di fuga". Così la sonda esce dalla sfera di influenza della Terra, e segue una traiettoria ellittica attorno al Sole, progettata affinché intersechi l'orbita di Marte.

Avvicinandosi a Marte la sonda viene attratta, guadagna velocità, e girerebbe attorno al pianeta cambiando direzione, come girando attorno a una boa, per riallontanarsi con una traiettoria iperbolica. La gravità la accelera e poi la rallenterebbe, come per un ciclista che guadagna velocità su una discesa e risale sulla successiva salita sfruttando lo slancio. Ma la gravità non impedirebbe alla sonda di riallontanarsi indefinitamente. Affinché sia catturata dalla "sfera di influenza" di Marte, portandosi su un'orbita ellittica, è necessario frenarla, utilizzando ancora il razzo, e portare la sua velocità al di sotto della "velocità di fuga" da Marte.



La velocità della sonda Voyager nel suo viaggio: con la sola spinta del razzo la velocità era scesa al di sotto della velocità di fuga del Sole, e i pianeti esterni sarebbero rimasti irraggiungibili. Sono stati raggiunti solo grazie al ripetuto sfruttamento della "fionda gravitazionale".

# UNA FIONDA... SPAZIALE!

|| Ho imparato a usare la parola "impossibile" con la più grande cautela ||

Wernher von Braun

Se invece la sonda non viene frenata, gira attorno a Marte e si riallontana. In questo modo potrebbe venire diretta verso i pianeti più lontani ma, se il pianeta fosse fermo, con scarsa efficacia. L'effetto della gravità sarebbe simile a quello del rimbalzo di una pallina da ping pong sul tavolo: cambia direzione, ma non guadagna né perde velocità.

Invece i pianeti orbitano attorno al Sole a velocità elevate (quella della Terra è di circa 30 km/s). Per la sonda, una traiettoria iperbolica attorno al pianeta in movimento ha un effetto simile al rimbalzo della pallina non sul tavolo fermo, ma sulla racchetta, che le trasmette la sua spinta. La gravità, attirando la sonda, le trasmette la velocità del pianeta, che può sommarsi o sottrarsi a quella della sonda, così come, con la racchetta, è possibile 'schiacciare' oppure smorzare la pallina.

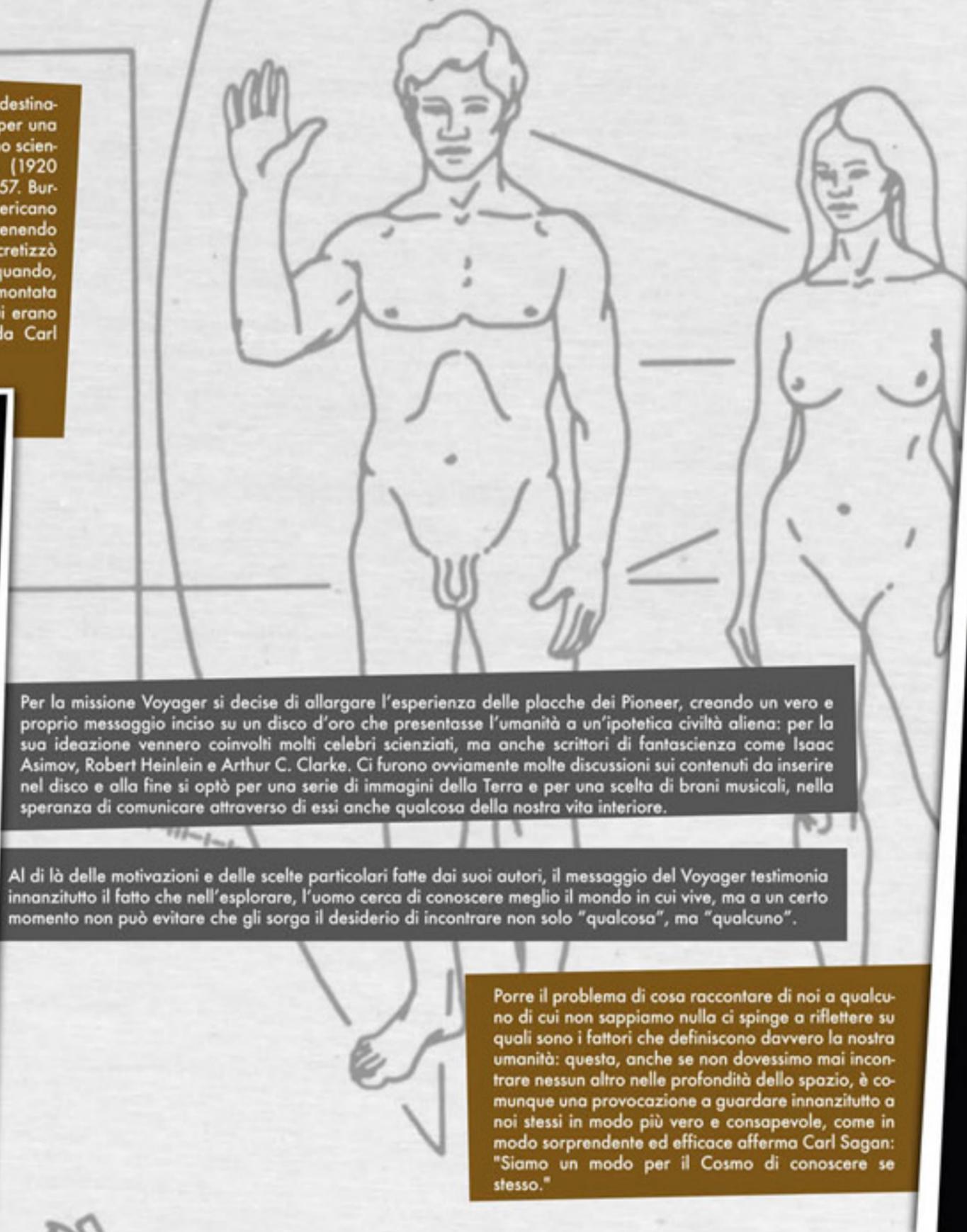
Con questa manovra, chiamata "gravity assist" o "fionda gravitazionale", la velocità di una sonda viene aumentata o diminuita senza accendere il razzo, ma sfruttando l'energia del moto del pianeta, che ha una massa enormemente più grande.

I pianeti esterni sono raggiungibili solo approfittando di posizioni favorevoli di Marte, o Giove o Saturno, e utilizzando traiettorie che incontrino più pianeti, sfruttando più volte la "fionda gravitazionale".

Il calcolo esatto delle traiettorie è complesso, perché solo approssimativamente la sonda si muove dapprima "come se ci fosse solo la Terra", e poi "come se ci fosse solo il Sole"; in realtà subisce sempre l'attrazione, pur debole, dei pianeti vicini, e risente di perturbazioni dovute alla non uniformità della massa del pianeta nella cui sfera di influenza si trova, e alla pressione del vento solare.

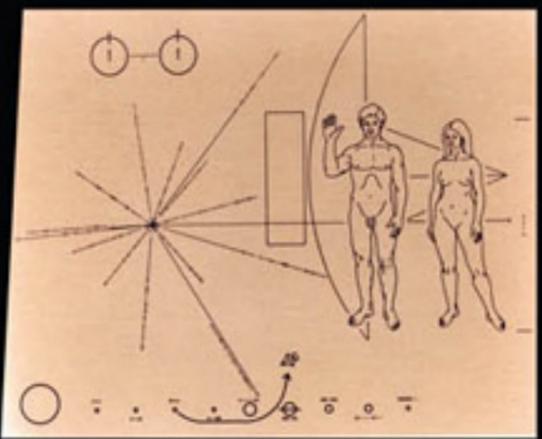
# VOYAGER GOLDEN RECORD

Il primo a ipotizzare l'idea di porre su una sonda destinata allo spazio profondo una "cartolina cosmica" per una intelligenza aliena da parte dell'umanità non fu uno scienziato, ma un giornalista inglese, Eric Burgess (1920-2005), che seguiva le missioni Pioneer fin dal 1957. Burgess propose la sua ipotesi al noto astrofisico americano Carl Sagan (1934-1996), che aderì entusiasta, divenendo uno dei promotori principali dell'idea, che si concretizzò per la prima volta nel 1972 e si ripeté nel 1973, quando, su ognuna delle sonde Pioneer 10 e 11, venne montata una placca rettangolare di alluminio dorato su cui erano incise figure molto simili, ideate e realizzate da Carl Sagan, Linda Salzman Sagan e Frank Drake.



“Un miliardo di anni da oggi, quando ogni cosa sulla Terra che abbiamo mai fatto sarà striciolata in polvere, quando i continenti saranno cambiati irrisconoscibilmente e la nostra specie sarà incredibilmente alterata o estinta, i record dei Voyager continueranno a parlare per noi”

Carl Sagan



In piano d'oro della Pioneer 11 e 12

## COME LEGGERE IL DISCO

Semplice rappresentazione del fonografo e della punta: è posizionata all'inizio del disco per una corretta riproduzione. Intorno vi è inciso in codice binario il tempo di rotazione corretto, prendendo come unità di riferimento il tempo associato alla transizione fondamentale dell'atomo di idrogeno.

## COME RICOSTRUIRE LE IMMAGINI/1

In codice binario è indicata la durata del segnale relativo a ogni singola immagine.

## COME RICOSTRUIRE LE IMMAGINI/2

Viene rappresentato il numero totale di linee verticali che andranno a formare ogni immagine.

## COME RICOSTRUIRE LE IMMAGINI/3

Rappresentazione della prima immagine come verifica della corretta riproduzione del disco.

## UNITÀ DI TEMPO

Atomo di idrogeno nei suoi livelli meno energetici: il tempo di transizione tra questi due stati è preso come unità di tempo fondamentale per la riproduzione del disco.

## MAPPA STELLARE

Rappresenta la posizione del Sistema Solare, facendo riferimento a 14 pulsar i cui periodi di rotazione sono indicati in codice binario lungo le rette congiungenti il Sole a ogni stella.

Per la missione Voyager si decise di allargare l'esperienza delle placche dei Pioneer, creando un vero e proprio messaggio inciso su un disco d'oro che presentasse l'umanità a un'ipotetica civiltà aliena: per la sua ideazione vennero coinvolti molti celebri scienziati, ma anche scrittori di fantascienza come Isaac Asimov, Robert Heinlein e Arthur C. Clarke. Ci furono ovviamente molte discussioni sui contenuti da inserire nel disco e alla fine si optò per una serie di immagini della Terra e per una scelta di brani musicali, nella speranza di comunicare attraverso di essi anche qualcosa della nostra vita interiore.

Al di là delle motivazioni e delle scelte particolari fatte dai suoi autori, il messaggio del Voyager testimonia innanzitutto il fatto che nell'esplorare, l'uomo cerca di conoscere meglio il mondo in cui vive, ma a un certo momento non può evitare che gli sorga il desiderio di incontrare non solo "qualcosa", ma "qualcuno".

Porre il problema di cosa raccontare di noi a qualcuno di cui non sappiamo nulla ci spinge a riflettere su quali sono i fattori che definiscono davvero la nostra umanità: questa, anche se non dovessimo mai incontrare nessun altro nelle profondità dello spazio, è comunque una provocazione a guardare innanzitutto a noi stessi in modo più vero e consapevole, come in modo sorprendente ed efficace afferma Carl Sagan: "Siamo un modo per il Cosmo di conoscere se stesso."



© Golden Record