

ScientificaMente

5

*Avverbi ha come scopo
la promozione e la diffusione
della cultura scientifica e razionale*

Dallo Statuto della Società

Collana diretta da Pietro Greco

Mario Menichella

A caccia di E.T.

Prefazione di Margherita Hack

Copyright © 2002 Avverbi srl
Piazza in Piscinula, 1 00153 Roma
e-mail: avverbi@tiscalinet.it
<http://www.avverbi.it>
I edizione: novembre 2002
Tutti i diritti riservati

Coordinamento redazionale:
Rosalba Capozzi

Copertina:
Daisy Jacuzzi

ISBN: 88-87328-



INDICE

PREFAZIONE di Margherita Hack	9
INTRODUZIONE	15
1. IN ATTESA DI UN SEGNALE	19
L'improvviso arrivo di un segnale dal cosmo, p. 19 - Quando il segnale si rivela un falso allarme, p. 23 - Lo shock provocato dalla scoperta di un segnale, p. 27 - La sfida della decifrazione del messaggio, p. 30 - I nostri messaggi lanciati nello spazio, p. 36.	
2. I PROGETTI SETI: IERI, OGGI E DOMANI	43
Caccia solitaria o ricerca planetaria?, p. 43 - La grande odissea del Progetto Phoenix, p. 48 - Altre campagne di osservazione radio, p. 52 - L'hobby di "ascoltare" gli extraterrestri, p. 57 - Una via alternativa: i segnali luminosi, p. 62 - La nuova ricerca Seti con il telescopio Allen, p. 66 - Verso i super-radiotelescopi del futuro, p. 68.	
3. SINTONIZZARSI SULLE "FM" DI E.T.	73
La scelta del mezzo di comunicazione, p. 73 - Dalle trasmissioni televisive ai radiofari, p. 77 - Nei panni del nostro amico alieno, p. 81 - Alla ricerca del classico "ago nel pagliaio", p. 86 - L'aumento delle interferenze terrestri, p. 90 - Il misterioso giallo dei segnali fantasma, p. 93.	
4. GLI ALTRI METODI DI CONTATTO	97
Le civiltà su scala planetaria, p. 97 - Le civiltà stellari e galattiche, p. 102 - La ricerca di opere di astroingegneria, p. 105 - Artefatti e paleovisite nel Sistema Solare, p. 109 - Ufo, rapimenti alieni e altri fenomeni, p. 113 - Le strategie di ricerca di altre civiltà, p. 118 - I problemi del volo interstellare, p. 123.	
5. A CACCIA DI PIANETI ABITABILI	127
Dove conviene cercare la vita terrestre, p. 127 - Alla scoperta dei primi grandi pianeti, p. 132 - La grande caccia ai pianeti di taglia terrestre, p. 136 - Alla ricerca dei possibili segni di vita, p. 141 - Uno sguardo verso il futuro più remoto, p. 145.	

PREFAZIONE

6. LA STORIA DELLA VITA TERRESTRE	149
Dal Big Bang all' <i>Homo technologicus</i> , p. 149 - In che habitat è nata la vita terrestre?, p. 154 - I vari stadi dell'evoluzione biologica, p. 159 - Lo spazio diventa protagonista, p. 163 - Alcune ipotesi sull'origine della vita, p. 168 - No, non c'è vita aliena di tipo terrestre, p. 173 - Sì, altrove ci può essere vita, p. 177.	
7. GLI ALIENI CHE STIAMO CERCANDO	181
Perché siamo una specie... speciale?, p. 181 - L'origine evolutiva dell' <i>Homo sapiens</i> , p. 185 - L'intelligenza umana e quella animale, p. 190 - Alcuni esempi di intelligenze terrestri, p. 193 - L'importanza di una tecnologia avanzata, p. 197 - No, non è possibile una civiltà aliena, p. 201 - Sì, altrove può esistere vita intelligente, p. 204.	
8. QUANTE SONO LE ALTRE CIVILTÀ?	209
Una formula per contare le civiltà, p. 209 - La zona di abitabilità galattica, p. 214 - La durata di una civiltà comunicativa, p. 219 - Alcuni limiti dell'equazione di Drake, p. 222 - Perché c'è un risultato per tutti i gusti, p. 227 - La Terra diventa un pianeta raro, p. 230 - È tutta una questione di convergenze, p. 233.	
9. AI CONFINI DELLA FANTASCIENZA	239
Le alternative a proteine e acidi nucleici, p. 239 - Verso una vita come noi <i>non</i> la conosciamo, p. 243 - Le alternative al carbonio e all'acqua, p. 246 - Il corpo e la mente degli extraterrestri, p. 251 - Due strategie per scoprire la vita aliena, p. 255 - La vita come "proprietà emergente", p. 259 - Un'estensione degli habitat della vita, p. 264.	
10. LA VITA NEL SISTEMA SOLARE	269
Un'esplorazione che si presenta difficile, p. 269 - La grande caccia alla vita marziana, p. 272 - L'habitat ideale del satellite Europa, p. 279 - Lo stadio prebiotico in atto su Titano, p. 284 - Una lezione dal vicino pianeta Venere, p. 287 - I corpi dimenticati nella caccia alla vita, p. 290.	
11. IL GRANDE SILENZIO COSMICO	295
Un paradosso passato alla Storia, p. 295 - Alla ricerca della possibile soluzione, p. 298 - Una sfida tra pessimisti e ottimisti, p. 301 - L'unica strada è quella sperimentale, p. 306.	
CONCLUSIONE	311
APPENDICE. LA SCALA DI RIO	315
RINGRAZIAMENTI	319
NOTE	321
BIBLIOGRAFIA	333
REFERENZE ICONOGRAFICHE	337
INDICE ANALITICO	339

Riusciremo mai a rispondere alle domande: Siamo soli nell'universo? Esistono altre "terre" abitate da altre intelligenze? O almeno esistono altre forme di vita, anche le più semplici, su altri corpi del Sistema Solare?

Nel secolo appena trascorso le nostre conoscenze sull'universo si sono più che centuplicate. Quali saranno i progressi della scienza e della tecnologia nei prossimi due o tre secoli o fra un millennio? Riusciremo a superare le spaventose distanze che ci separano dalle altre stelle e dagli altri sistemi planetari?

Queste domande se le ponevano già gli antichi filosofi greci. Giordano Bruno era certo dell'esistenza di altri mondi e altre civiltà, e per questa "eresia" fu mandato al rogo il 17 febbraio 1600. Alla fine del diciannovesimo secolo si era quasi certi che una civiltà con avanzate competenze di ingegneria abitasse su Marte.

All'inizio del ventesimo secolo si pensava che i sistemi planetari fossero un caso eccezionale, ma alla fine del secolo si sono cominciati a scoprire i primi pianeti extrasolari. Nel febbraio 1995 un famoso planetologo, Benjamin Zuckerman dell'Università della California, scriveva: "I nostri mezzi oggi ci permettono di scoprire pianeti grossi come Giove in orbita attorno a stelle vicino a noi. Poiché finora non ne abbiamo scoperto nessuno, essi devono essere molto rari". Pochi mesi dopo, nel settembre 1995 due astronomi svizzeri, Michel Mayor e Didier Queloz, annunciavano la scoperta del primo

planeta extrasolare in orbita intorno a una stella simile al Sole, 51 Pegasi. Era un pianeta di massa paragonabile a quella di Giove ma orbitante vicinissimo al proprio Sole, a una distanza pari a circa un ottavo di quella di Mercurio dal Sole. Dal 1995 ad oggi il numero dei pianeti extrasolari è salito a un centinaio e il loro numero cresce quasi di settimana in settimana. Sono tutti pianeti grossi, per lo più vicini alla loro stella, inadatti alla vita, ma se non abbiamo ancora scoperto delle “terre”, questo dipende dall’inadeguatezza dei nostri mezzi, un’inadeguatezza che sarà superata nei prossimi anni.

In questo libro, l’autore illustra con competenza scientifica e un linguaggio semplice e scorrevole gli innumerevoli problemi connessi alla ricerca di intelligenze extraterrestri. Discute la caratteristica degli strumenti impiegati oggi e quelli avveniristici in progetto per il prossimo decennio, le caratteristiche che dovrebbero avere i pianeti adatti alla vita, ma anche che cosa vuol dire “vita” e che cosa significa “intelligenza”. Altri esseri sulla Terra sono dotati d’intelligenza, dai delfini alle scimmie, dai pappagalli ai polipi. Cosa distingue il nostro cervello dal loro, dove risiede la struttura che fa la differenza tra la nostra e la loro intelligenza? Ha senso immaginare altre forme di vita intelligente completamente diverse dalla nostra? Che per esempio non siano basate sulla chimica del carbonio e sulla presenza di acqua liquida? È possibile stimare quante civiltà possono esistere nella Galassia?

Tutti questi argomenti sono trattati dettagliatamente e discussi, tenendo conto del punto di vista dei pessimisti, che ritengono la vita il risultato di coincidenze straordinarie e irripetibili, e degli ottimisti, i quali ritengono che, ogni qualvolta ci siano le condizioni fisiche e chimiche favorevoli, la vita si sviluppi ed evolva dalle forme più semplici a quelle più complesse.

La lettura di questo libro farà capire quanto siamo isolati nello spazio, come sia difficile un ipotetico dialogo con gli abitanti di un ipotetica pianeta orbitante attorno a una stella “vicina” al Sole, quale per esempio 51 Pegasi, ad appena cinquanta anni luce da noi. Un nostro messaggio radio impiegherebbe cinquant’anni a raggiungerli e la loro risposta arriverebbe dopo altri cinquant’anni.

Un dialogo più realistico potremmo averlo con Alfa Centauri che è a soli 4,3 anni luce. Ma è improbabile che Alfa Centauri abbia dei pianeti abitabili. Infatti essa è un sistema composto da due stelle

molto vicine fra loro, Alfa Centauri A e Alfa Centauri B, e da una terza un po’ più distaccata che è anche la più vicina a noi, Proxima Centauri. Gli eventuali pianeti sottoposti all’attrazione gravitazionale delle tre stelle, avrebbero delle orbite molto complicate che li assoggetterebbero a variazioni di temperatura insopportabili da qualunque essere vivente.

Per ora, quindi, restiamo immersi in un universo che non ci invia segnali intelligenti, ma ci rivela soltanto le sue proprietà fisiche, chimiche e dinamiche attraverso le radiazioni elettromagnetiche emesse da stelle e galassie, e da quella radiazione diffusa che permea tutto lo spazio e che ci mostra l’aspetto dell’universo primordiale.

Margherita Hack

A CACCIA DI E.T.

INTRODUZIONE

A Micol e Ivan

“Si-chiu, si-chiu, qui è W-9 GFO. C’è qualcuno laggiù? Si-chiu, si-chiu, qui è W-9 GFO. C’è qualcuno in ascolto? Rispondete”.*

Quando penso alla possibilità che lontano dal pianeta Terra, nelle profondità del cosmo, esistano altri mondi abitati, magari altri esseri intelligenti che – come noi – alzano talvolta lo sguardo al cielo notturno chiedendosi se sono soli nell’universo, mi tornano sempre in mente queste parole pronunciate all’inizio del film *Contact* da una Ellie Arroway bambina, dopo che il padre radioamatore le ha appena insegnato a usare il suo primo apparato ricetrasmittente.

La domanda che il compianto astronomo americano Carl Sagan – autore del romanzo *Contact* cui il film si ispira e al tempo stesso curatore scientifico della trasposizione cinematografica – fa pronunciare sin dalla scena di apertura alla piccola Ellie è in sostanza lo stesso interrogativo che noi tutti ci siamo posti almeno una volta nella vita, e che è alla base delle numerose ricerche di intelligenze extraterrestri (i progetti Seti, da Search for Extra-Terrestrial Intelligence) svolte dagli scienziati da quarant’anni a questa parte: siamo davvero soli, in un cosmo che ci appare così immenso e desolato?

Si tratta di una domanda fondamentale per l’uomo, prima ancora che per la scienza. È infatti un modo, sia pure indiretto, di chiedersi

* “Si-chiu” (scritto CQ) è il codice internazionale di chiamata usato dai radioamatori.

quale sia il significato e il senso della vita umana, ovvero il nostro ruolo nell'ambito dell'universo. La verità è che nessuno di noi – con l'eccezione degli eremiti – ama sentirsi solo: sia all'interno della famiglia e della cerchia di amici sia, più in generale, in una dimensione cosmica. L'interrogarsi sull'esistenza di altri “mondi”, di altre civiltà avanzate, di altri esseri intelligenti riflette dunque, da una parte, la nostra esigenza di conoscere fino in fondo l'universo in cui viviamo e dall'altra, più semplicemente, il desiderio di sentirsi un po' meno soli.

L'idea che l'uomo non sia l'unico abitante del cosmo è assai antica. Già intorno al 300 a.C. il filosofo greco Epicuro scriveva che “i mondi abitati sono infiniti, sia quelli uguali al nostro sia quelli diversi”, un concetto che verrà ripreso, nel I secolo a.C., dal poeta e filosofo latino Lucrezio nel suo *De rerum natura*: “In altre parti altri mondi esistono e varie umane stirpi e progenie di fiere”. Nel Rinascimento, il filosofo italiano Giordano Bruno tornò a suggerire l'idea di una “pluralità dei mondi”, anzi di una vera e propria infinità di mondi, una licenza che contribuì alla sua morte prematura per mano della Chiesa nel 1600. E si potrebbe continuare ancora a lungo con altri esempi.

Nessuna fra le antiche speculazioni sulla presenza di vita su altri mondi si fondava, però, su dati scientifici. Gli argomenti utilizzati dai filosofi si basavano sempre, in ultima analisi, sul cosiddetto *principio di pienezza* – in base al quale in natura tutto ciò che è possibile si realizza – e sull'idea che l'universo fosse enorme, o addirittura infinito. Se quindi nulla impedisce, qua e là nel cosmo, che nasca la vita, allora la vita nasce. E questo a maggior ragione se si estende al campo biologico quel *principio di mediocrità* (o copernicano) riproposto con passione da Giordano Bruno prima di finire sul rogo, secondo cui la Terra non occupa alcuna posizione privilegiata nell'universo.

Le osservazioni al telescopio hanno dato, in tempi più recenti, nuova linfa a questo tradizionale approccio al problema della vita extraterrestre, mostrando che la Terra è un pianeta qualsiasi che orbita intorno a una stella qualsiasi in una galassia qualsiasi, e che non viviamo affatto in un'epoca speciale nella storia dell'evoluzione cosmica. Inoltre si è affermato, tra i fisici, il *principio di uniformità* della natura: le medesime leggi di natura che valgono sulla Terra valgono in tutto l'universo. I processi che hanno reso possibile la vita sul nostro pianeta, quindi, possono produrla anche altrove. Que-

sti principi metafisici di uniformità, pienezza e mediocrità rendono pertanto “logica” una ricerca di forme di vita aliene, e in particolare di organismi intelligenti.

Oggi, dopo secoli di speculazioni filosofiche, abbiamo finalmente i mezzi necessari per affrontare questi temi non più sul piano metafisico, bensì su quello scientifico. Molti dei nostri più grandi radiotelescopi scandagliano il cielo pronti all'“ascolto” di eventuali segnali inviati da qualche avanzata civiltà extraterrestre. Gli ingegneri delle maggiori agenzie spaziali del mondo progettano missioni verso Marte e altri luoghi del Sistema Solare dove si ritiene possano esistere – o essersi sviluppate in passato – forme viventi, sia pure estremamente primitive. Nascono nel frattempo nuove branche scientifiche, come la bioastronomia e l'astrobiologia, e la ricerca diventa sempre più interdisciplinare.

La “grande caccia” alle intelligenze extraterrestri rimane comunque l'argomento di gran lunga più affascinante. Per questa ragione, il libro si apre con un capitolo dedicato alle speculazioni sulla ricezione e la decifrazione di un eventuale messaggio alieno, ai falsi allarmi, alle conseguenze di un possibile contatto e al lancio dei nostri primi “messaggi in bottiglia”. Il secondo capitolo ha poi lo scopo di illustrare i progetti Seti attuali, inserendoli in una prospettiva storica e cercando di individuare le principali linee di sviluppo future. A seguire, vengono discusse le difficoltà legate alla scoperta di trasmissioni radio o di altri segni, più o meno diretti, della presenza di civiltà avanzate nel cosmo.

Nella finzione cinematografica la giovanissima Ellie Arroway, colpita dalla prematura e tragica scomparsa del padre, una volta divenuta adulta e intrapresa con tenacia la carriera di radioastronoma – ruolo che nel film è interpretato da una bravissima Jodie Foster – avrà la fortuna di ricevere una risposta alla sua domanda posta da bambina, captando con le antenne del gigantesco radiotelescopio VLA niente meno che il primo segnale radio proveniente da una civiltà extraterrestre. Nella realtà, nessun segnale intelligente di origine aliena è finora mai stato rilevato dai nostri strumenti, eppure gli indizi a favore dell'esistenza di forme di vita anche lontano dalla Terra di certo non mancano.

Negli ultimi anni sono stati scoperti i primi pianeti extrasolari intorno a stelle a noi vicine non molto diverse dal Sole, e il numero de-

gli oggetti identificati, in attesa di rilevare quelli davvero più simili alla Terra, va ormai aumentando quasi di giorno in giorno. Lo spazio interstellare galattico, d'altra parte, si è rivelato ricco delle molecole che rappresentano i mattoni fondamentali della vita, o almeno dell'unico esempio di vita che conosciamo, quello terrestre. Su Marte è stata evidenziata la presenza in passato di acqua liquida, un elemento considerato indispensabile per lo sviluppo di creature viventi come le nostre. E sulla Terra sono stati scoperti microorganismi in grado di sopravvivere alle condizioni ambientali più estreme, compreso un viaggio nello spazio.

Tuttavia si tratta soltanto di indizi, non ci sono al momento prove certe dell'esistenza di vita nell'universo, se non sul nostro piccolo pianeta azzurro. Gli annunci in tono sensazionalistico della scoperta di batteri marziani, l'avvistamento nel cielo di oggetti non identificati, i racconti di rapimenti da parte di alieni, le stime di scienziati che "prevedono" per via matematica la presenza di milioni di pianeti abitati già solo nella nostra galassia, sono tutte cose che colpiscono il grande pubblico. Esse contribuiscono a finanziare nuove ricerche o missioni spaziali, a far salire l'audience televisiva o a incrementare le vendite di giornali e di libri, ma non aiutano certo il lettore a farsi un'idea più chiara, razionale, sul problema dell'esistenza di altra vita intelligente nel cosmo.

Questo libro – vorrei chiarirlo subito – non pretende di dare risposte o certezze a riguardo, perché purtroppo neppure un'assemblea di premi Nobel sarebbe oggi in grado di fornirle. Il suo scopo è semplicemente quello di aiutare il lettore a cercare da sé le risposte, se ne avrà voglia, con una migliore conoscenza e comprensione dei principali elementi in gioco. Pochi argomenti dividono gli scienziati come quello dell'esistenza di vita o di intelligenza nell'universo e non ci potrebbe essere modo peggiore di affrontarlo che esporre idee preconcepite. Il presente saggio è pertanto un modesto tentativo di allineare ipotesi, raccontare teorie, sollevare interrogativi, tentare eventualmente di conciliare le posizioni più estreme, ma guidati il più possibile dal buon senso.

Se il mio sforzo di chiarezza, completezza e oggettività da cui questo libro è nato sia stato alla fine coronato da successo, solo il lettore potrà giudicarlo. Nel frattempo, non mi resta che augurarvi una piacevole lettura.

1. IN ATTESA DI UN SEGNALE

La natura ci ha dato due orecchie e soltanto una lingua per poter ascoltare di più e parlare di meno.

Zenone di Elea
filosofo greco, V secolo a.C.

A partire dalla lontana primavera del 1895, quando Guglielmo Marconi lanciava il primo segnale radio della Storia, abbiamo inviato nello spazio onde elettromagnetiche alle più varie frequenze e con potenze che sono cresciute con il progredire della tecnologia. All'inizio solo radioonde, poi trasmissioni televisive, impulsi radar e altri potenti segnali che si propagano dalla Terra rendendoci "visibili" a eventuali civiltà aliene situate in un raggio di 60 o 70 anni luce.¹ Così, sebbene oggi l'umanità non stia deliberatamente cercando di attirare l'attenzione di altri esseri intelligenti, man mano che i segnali raggiungono distanze sempre più grandi diventa più probabile che essi possano "vederci" da remoti pianeti. D'altra parte, una quarantina d'anni fa noi stessi abbiamo iniziato la ricerca di società tecnologiche extraterrestri utilizzando potenti radiotelescopi e continuiamo ora anche con telescopi ottici. Finora non abbiamo trovato alcuna prova dell'esistenza di intelligenze aliene, ma proseguendo con pazienza nelle ricerche aumentano le probabilità che un giorno, forse ancora lontano, potremmo essere *noi* a scoprirle.

L'IMPROVVISO ARRIVO DI UN SEGNALE DAL COSMO

Se ciò accadesse per davvero, se cioè effettivamente ci capitasse di ricevere dallo spazio un segnale radio diretto intenzionalmente

verso la Terra, che forma avrebbe? E quale potrebbe essere il contenuto di un messaggio proveniente da altri mondi? Un evento del genere, inoltre, che conseguenze provocherebbe, a breve termine, sulla nostra società? Cosa bisognerebbe rispondere agli “alieni”? Sono soltanto alcune delle tante domande legate all’argomento Seti – come viene ormai comunemente chiamata la ricerca scientifica di intelligenze extraterrestri – di cui ignoriamo la risposta. Ma si tratta di interrogativi così interessanti che forse vale la pena tentare, almeno, di formulare qualche ipotesi.

Per quanto riguarda il tipo di segnale, le possibilità sono molteplici: si va dalla ricezione di una semplice *portante radio*² sostanzialmente priva di contenuto (o di una banale serie di impulsi laser) a un segnale modulato in maniera complessa e ricco di informazione, cioè recante un lungo messaggio. Ovviamente, il primo tipo di segnale non ci direbbe molto sulla civiltà che l’ha inviato, ma avrebbe probabilmente lo scopo di attirare la nostra attenzione e forse di indirizzarci verso il messaggio vero e proprio: si tratterebbe, cioè, di un “segnale-faro”. Esso potrebbe, ad esempio, suggerire la frequenza alla quale il messaggio vero e proprio può essere captato o indicare che il messaggio è contenuto nel medesimo segnale-faro,



Figura 1.1. Nel caso si scoprisse un segnale artificiale alieno, è possibile che la situazione si presenti abbastanza simile a quella descritta nel film *Contact*, di cui è qui mostrata una delle scene più significative. (Copyright © Warner Bros)

magari a una frequenza ben più alta. In ogni caso, oltre a essere abbastanza potente da venir subito notato, il segnale-faro dovrebbe secondo i ricercatori del Seti celare un contenuto semplice, che però al tempo stesso denoti intelligenza. Potrebbe consistere quindi, proprio come accade nel film *Contact*, in una serie di impulsi radio o luminosi che riproducono gli elementi iniziali della serie dei numeri primi (vale a dire quelli divisibili solo per 1 e per se stessi): 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31...

Una volta rilevata l’esistenza di un segnale-faro, si potrebbero facilmente reperire i fondi necessari per mettere a punto uno strumento più potente e adeguato a captare anche l’eventuale messaggio associato. Se quest’ultimo fosse inviato da una civiltà distante poche decine di anni luce che abbia intercettato alcune delle nostre trasmissioni interne, potrebbe in parte tendere a “mimare” o riprodurre *tout court* i segnali terrestri nella forma e nel contenuto, in parte consistere in una trasmissione originale e decisamente più informativa. Un simile segnale di risposta ci direbbe che “loro” sono lì, desiderosi e capaci di duplicare le nostre radioonde disperse nello spazio, e potrebbe essere il primo passo verso una proficua comunicazione a due, sia pure molto lenta a causa della distanza. Per avere un’idea di come potrebbero andare le cose nella fase che segue la scoperta di un segnale-faro, si può far riferimento di nuovo a quanto accade in *Contact*, dove i terrestri ricevono via radio dagli alieni dapprima un filmato in bianco e nero che mostra Hitler mentre inaugura le Olimpiadi di Berlino del 1936, e in seguito delle immagini contenenti le istruzioni dettagliate per costruire una macchina con cui poter viaggiare nello spazio-tempo.³

Ben diversa sarebbe la situazione, invece, se il segnale alieno giungesse da una civiltà che non ci ha ancora individuato, magari solo perché le nostre prime trasmissioni radio non sono state ancora ricevute su pianeti distanti più di una settantina di anni luce. In tal caso, la civiltà trasmetterebbe probabilmente delle informazioni senza tentare necessariamente un dialogo, che in pratica sarebbe comunque impossibile se le distanze fossero dell’ordine delle centinaia di anni luce o superiori, a causa della durata limitata della vita umana. Questa comunicazione a senso unico – una sorta di *monologo cosmico* – potrebbe sembrare priva di senso, ma qui sulla Terra qualcosa del genere è sempre accaduto. Varie civiltà del passato ci