

# SETI:

## Search for Extraterrestrial Intelligence



**Flavio Falcinelli**

(articolo pubblicato sul numero 199 di ELETTRONICA FLASH – Novembre 2000)

*Argomento di grande attualità e vaste implicazioni culturali, rinvigorito grazie alle recenti scoperte di sistemi planetari extrasolari e all'affermarsi della giovane scienza della bioastronomia. La ricerca nel cosmo di altre forme di vita rappresenta una delle grandi sfide della scienza di oggi. La possibilità di captare un segnale radio prodotto da intelligenze extraterrestri è l'obiettivo di SETI, un programma mondiale di ricerche astronomiche che utilizza i potenti mezzi della radioastronomia e della tecnologia informatica.*

*Presentiamo una serie di articoli per informare gli appassionati di elettronica, di radiocomunicazioni e di scienza sugli sviluppi dell'avventura più eccitante del terzo millennio.*

In un precedente lavoro (E.F. Riv. n. 196, pag. 17) abbiamo parlato di un esperimento tanto affascinante quanto innovativo: SETI@home. Affascinante perché si avventura in un campo dalle profonde implicazioni culturali in grado di sconvolgere il nostro pensiero filosofico, religioso e sociale, innovativo perché rappresenta il primo esperimento scientifico che richiede espressamente il coinvolgimento (non senza qualche pecca e limitazione) della gente comune. Nel tentativo di inquadrare il programma SETI@home nel più ampio contesto della ricerca SETI mondiale, ho pensato di affrontare l'argomento in generale, partendo dalla storia e dalle tappe significative, evidenziando in particolare gli aspetti tecnologici che possono maggiormente interessare i lettori di E.F.

Come afferma J. Heidmann, astrofisico e radioastronomo di fama mondiale: all'inizio del terzo millennio "...la nostra visione del cosmo ha preso una svolta del tutto inedita; la prospettiva che il mondo ci apre si è ingrandita. La vita, ormai, ci appare come un fenomeno naturale causato dall'evoluzione del cosmo nella sua interezza. Se è così, la grande avventura che è stata

la sua apparizione, e successivamente la sua evoluzione, potrebbe benissimo essersi sviluppata altrove, oltre che sulla Terra. La vita ha dunque cessato di essere per noi un fenomeno esclusivamente terrestre per divenire una possibilità cosmica che occorre considerare sulla scala dell'universo intero."

Con potenti telescopi e radiotelescopi, utilizzando senza riserva i più avanzati metodi di ricerca, numerose organizzazioni scientifiche mondiali stanno scandagliando gli spazi intersiderali. Un'analisi delle probabilità afferma che ormai non dovremmo essere troppo lontani da una scoperta sconvolgente: non siamo soli nell'universo! In un simile panorama, nuovi interrogativi si delineano all'orizzonte: quanto manca all'"incontro" con nuove intelligenze extraterrestri? Come potremo comunicare con loro? Nell'eventualità che ciò avvenga, siamo pronti ad entrare in contatto e a gestirne le conseguenze? Mi rendo perfettamente conto come evocare queste immagini richiami inevitabilmente in mente una vasta quantità di letteratura fantascientifica ed in particolare le più strane e fantasiose storie di UFO: senza precisi approfondimenti, volti a sgomberare il campo da equivoci e facili fraintendimenti, la confusione fra SETI ed UFO sarebbe quantomeno catastrofica per lo sviluppo e la sopravvivenza stessa della ricerca. Senza entrare nel dettaglio, è facile immaginare quanto grande sarebbe il danno causato al progetto SETI dalla confusione con lo studio degli oggetti volanti non identificati. E' significativo citare il discorso appassionato di un deputato della Camera dei rappresentanti degli USA (1990) volto a far approvare una drastica riduzione di finanziamenti alla ricerca SETI: secondo costui l'America non avrebbe dovuto spendere i preziosi soldi dei contribuenti per cercare gli omini verdi. Egli faceva notare come solo il blocco di questi finanziamenti avrebbe provato che sulla Terra c'è ancora della vita intelligente.

Le prime ipotesi teoriche di lavoro su SETI furono sviluppate dai fisici G. Cocconi e P. Morrison i quali, in un articolo sulla rivista "Nature", hanno dimostrato la possibilità, grazie alle nuove tecniche della radioastronomia, di comunicare a distanze interstellari con eventuali civiltà extraterrestri. Questi signori hanno calcolato che se altri radioastronomi nell'universo avessero potuto disporre di radiotelescopi e di ricevitori paragonabili a quelli disponibili nel 1959, insieme a radiotrasmettitori con potenze irradiate simili a quelle dei migliori impianti terrestri, sarebbe stato possibile, nonostante le enormi distanze tra le stelle, scambiarsi segnali radio, quindi comunicare. Secondo i due autori, dato che l'idrogeno è l'elemento più abbondante nel cosmo, la sua lunghezza d'onda (21 cm), fisicamente notevole, potrebbe servire come riferimento universale per una comunicazione fra civiltà galattiche. Negli stessi anni, seguendo una strada sperimentale anziché teorica, F. Drake (oggi direttore del SETI Institute americano) propose al relatore della sua tesi di dottorato (il famoso astronomo Otto Struve) di costruire un particolare ricevitore radio con lo specifico scopo di sperimentare l'ascolto di eventuali segnali intelligenti di natura extraterrestre. Struve sostenne il progetto mettendo a disposizione il nuovo radiotelescopio di 24 metri di diametro del NRAO (National Radio Astronomy Observatory) a Greenbank in Virginia. Questo fu il primo esperimento SETI, chiamato progetto Ozma, condotto lavorando alla frequenza di 1420 MHz (lunghezza d'onda di 21 cm) e puntando l'antenna del radiotelescopio sulle due stelle più vicine e simili al Sole: tau-Ceti ed epsilon-Eridani. Una ricerca di questo tipo è chiamata "a bersaglio".

Un differente approccio è stato sviluppato dagli scienziati sovietici. Esso parte da un'idea, lanciata negli anni sessanta da N. Kardashev, di classificare le civiltà tecnologiche esistenti in tre tipi, secondo il loro grado di utilizzo e la loro capacità di manipolazione dell'energia. Una civiltà di tipo I appare in grado di manipolare l'ambiente sulla scala del proprio pianeta: la nostra civiltà è giunta ad un tale livello tecnologico in quanto l'attività umana è in grado di modificare sensibilmente lo stato della Terra, sollevando il problema di una controllata e sensata gestione di questi interventi affinché non producano catastrofi. Una civiltà di tipo II sarebbe in grado di manipolare la sua stella centrale utilizzando e gestendo una quantità di energia paragonabile a quella prodotta dal suo sole: essa manifesterebbe un grado di sviluppo tecnologico miliardi di volte più avanzato del nostro. Una civiltà di tipo III sarebbe infine in grado di manipolare un'intera galassia, collocandosi ad un livello di sviluppo cento miliardi di volte maggiore. L'approccio seguito da Kardashev è di tipo esplorativo: si tenta di individuare una civiltà di tipo II intercettando i suoi "sottoprodotti" energetici, partendo dall'ipotesi che se anche essa non rivolge intenzionalmente messaggi all'esterno produce comunque importanti fughe tecnologiche

che sono immediatamente reperibili, come ad esempio una quantità considerevole di radioenergia emessa per usi interni ben osservabile alle lunghezze d'onda millimetriche.



**Fig. 1:** Radiotelescopio di Greenbank utilizzato da Drake per il progetto Ozma.

Secondo l'astrofisico russo J.S. Sklovskij la vera impronta inconfondibile della presenza di una civiltà tecnologica su un pianeta sarebbe proprio la dispersione di energia elettromagnetica (cioè i prodotti radiativi di scarto tipici di una civiltà tecnologicamente avanzata) dovuta alle comunicazioni locali utilizzate nelle trasmissioni radio, televisive, via satellite e radar. Se civiltà molto più avanzate della nostra sono, in linea di massima, più rare, i loro mezzi tecnologici dovrebbero essere più potenti: da queste considerazioni si giustifica come il programma sovietico abbia inizialmente rivolto la sua attenzione alla galassia di Andromeda, distante circa due milioni di anni-luce da noi. Da quegli anni ad oggi notevoli sono stati gli sviluppi della tecnologia applicata ai vari progetti SETI sparsi un po' in tutto il mondo. Di questo e dei principali "filoni" di ricerca in corso parleremo diffusamente negli articoli che seguiranno. Ora preme soprattutto evidenziare la filosofia di base che ha ispirato e guida i vari programmi SETI.

Come ogni serio progetto scientifico, SETI sviluppa alcune ipotesi di lavoro ragionevoli e tenta di verificarle mediante l'osservazione e la sperimentazione.

Le idee basilari sono le seguenti:

- la vita sulla Terra è il risultato dell'evoluzione naturale dei processi fisici che caratterizzano il cosmo nel suo insieme;
- ciò che accaduto sulla Terra è potuto accadere altrove;
- l'intelligenza umana non rappresenta necessariamente il "prodotto" migliore dell'evoluzione del cosmo;
- (conseguenza dell'ipotesi precedente) potrebbero esistere nell'universo stadi di sviluppo considerevolmente più avanzati del nostro.

La verifica sperimentale delle ipotesi precedenti è appunto implementata nella ricerca SETI. Questo sembra, in effetti, l'unico mezzo a disposizione dell'umanità per tentare di verificare con l'osservazione l'esistenza di intelligenze extraterrestri. L'idea è quella di utilizzare ogni mezzo che l'attuale tecnologia elettronica ed informatica mettono a disposizione per tentare di captare le emissioni radio, intenzionali o non, di eventuali civiltà extraterrestri. Le onde elettromagnetiche rappresentano, infatti, vettori di informazione privilegiati ed accessibili alla nostra tecnologia attuale che si propagano alla velocità massima possibile (quella della luce). Se si riuscirà a captare qualche segnale interessante, di provata natura artificiale ed extraterrestre, si sarà dimostrata la validità delle ipotesi di partenza del progetto SETI. E' importante evidenziare alcune fondamentali differenze fra un'emissione radio di natura artificiale ed una naturale:

1) l'emissione radio artificiale é concentrata in un ristretto canale di frequenza (trasmissione a banda stretta), mentre la radiazione naturale delle radiosorgenti avviene in un intervallo spettrale molto ampio. E' molto probabile che, per motivi di natura energetica, un eventuale segnale radio "intelligente" proveniente da qualche civiltà extraterrestre (ed intenzionalmente trasmesso) sia composto da una successione regolare di impulsi: ad esempio una sequenza di impulsi che corrisponda a una serie di numeri primi o una sequenza facilmente identificabile come una serie di facili operazioni matematiche. I segnali con la banda passante più stretta noti in natura sono quelli provenienti dai cosiddetti maser interstellari ed hanno un'estensione spettrale dell'ordine del centinaio di Hz. I segnali cercati da SETI dovrebbero (per le precedenti considerazioni) avere una larghezza di banda di pochi Hz, quindi la discriminazione tra segnali naturali ed artificiali sarebbe pressoché immediata. Uno dei requisiti strumentali essenziali per tutti gli esperimenti SETI è, infatti, l'adozione di radiospettrografi multicanali in grado di scomporre il segnale radio incidente in un numero elevatissimo di piccoli intervalli di frequenza, ciascuno con un'ampiezza dell'ordine di 1 Hz o meno.

2) Le radiotrasmissioni artificiali sono direttive, in modo da concentrare la potenza irradiata in direzioni privilegiate utili alla comunicazione evitando qualsiasi dispersione nelle direzioni indesiderate (in questo modo si minimizzano anche gli effetti negativi delle interferenze radio). Le radiazioni naturali, d'altra parte, sono generalmente isotrope, cioè uguali in tutte le direzioni. Qualsiasi trasmissione radio intenzionale concentra la maggior parte dell'energia nella cosiddetta onda portante, segnale quasi monocromatico che funziona da supporto dell'informazione. Il messaggio é contenuto in opportune modulazioni della portante (variazioni di alcuni parametri in funzione del segnale informativo) che, oltre ad essere molto deboli, risultano disperse in una banda più ampia. Gli esperimenti SETI sono inizialmente finalizzati alla rivelazione di eventuali onde radio portanti, non alla decodifica di messaggi ad esse associati: le ragioni di questa scelta sono dovute al fatto che la maggiore quantità di energia associata alla portante rende questa più facilmente rivelabile.

Con queste caratteristiche in mente, é facile comprendere come le radiocomunicazioni spaziali non presentino, ai fini delle potenze di trasmissioni utilizzabili, difficoltà insormontabili. Utilizzando, ad esempio, il radiotelescopio di Arecibo (Portorico), caratterizzato da un diametro di 305 metri, é possibile concentrare la potenza del segnale trasmesso in un fascio notevolmente direttivo in grado di coprire distanze dell'ordine di varie centinaia di anni luce, se non addirittura entro l'intera Galassia.

Le leggi della fisica hanno carattere universale: le stesse scoperte scientifiche compiute sulla Terra possono essere state fatte (o verranno fatte) da altre civiltà, anche se non necessariamente nella identica successione. Una di queste scoperte é la capacità di generare e ricevere onde radio per scopi di comunicazione o per trasporto di energia. In questo senso la radiazione elettromagnetica hertziana sembra il mezzo più naturale, economico e facilmente utilizzabile per comunicazioni interstellari: allo stato attuale delle nostre conoscenze esistono tipi di comunicazioni che possono essere effettuate solo via radio, come le comunicazioni spaziali e le trasmissioni radar. Sembra ragionevole l'ipotesi che ognuna di queste sorgenti di segnali sia una presenza costante nella storia di qualunque civiltà tecnologicamente avanzata. I vantaggi

delle radioonde sono notevoli: il segnale si propaga alla massima velocità possibile (quella della luce) e l'energia può essere concentrata, utilizzando antenne sufficientemente direttive, in aree relativamente piccole senza dispersione significativa verso direzioni indesiderate. Si ha inoltre il grande vantaggio di poter utilizzare, almeno inizialmente, gli stessi strumenti utilizzati per le ricerche radioastronomiche.



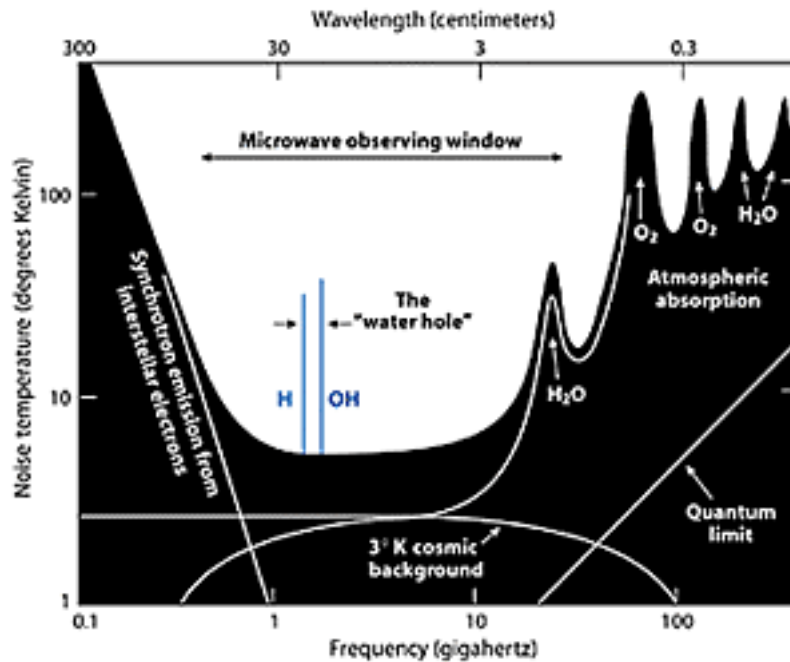
**Fig. 2:** Il grande radiotelescopio di Arecibo, punto di riferimento di molte ricerche SETI.

La ricerca di segnali radio extraterrestri di natura artificiale comporta una precisa valutazione delle seguenti problematiche:

- posizione nel cielo verso cui indirizzare la ricerca;
- frequenza (o frequenze) più opportune per la comunicazione con eventuali civiltà extraterrestri;
- larghezza di banda da utilizzare negli impianti riceventi;
- polarizzazione da utilizzare;
- tipo di modulazione della portante che il sistema ricevente deve essere in grado di rivelare.

I principali ostacoli a SETI sono il numero di stelle da tenere sotto osservazione e l'ampia gamma di possibili frequenze sulle quali il segnale potrebbe essere trasmesso (problema "dell'ago nel pagliaio"). A causa dell'assorbimento e della diffusione per opera del mezzo interstellare e delle atmosfere dei pianeti, non tutte le radiofrequenze sono utilizzabili con efficienza. Le frequenze inferiori a 10-20 MHz tenderebbero ad essere assorbite dalle particelle cariche delle ionosfere planetarie (si ammette che tutti i pianeti in grado di ospitare una civiltà avanzata abbiano una ionosfera che funge da schermo per le onde radio). La stessa atmosfera planetaria limiterebbe superiormente le frequenze utilizzabili (intorno ai 10 GHz) per fenomeni di assorbimento molecolare (vapore acqueo ed ossigeno, fig. 4). La conclusione è che, molto probabilmente, in tutti i pianeti in grado di ospitare civiltà evolute esiste un'atmosfera che apre una "finestra spettrale" alla radiazione hertziana con caratteristiche grossomodo simili a quella terrestre, limitando l'intervallo delle frequenze utili da circa 10÷20 MHz fino a circa 10 GHz. Questo problema non si pone, ovviamente, se i ricevitori e i trasmettitori sono collocati in orbita su satelliti artificiali.

La radioemissione cosmica di fondo che interferisce il segnale utile é senz'altro la più forte sorgente di disturbo. Utilizzando gli attuali radiotelescopi é possibile rivelare segnali intelligenti provenienti da distanze dell'ordine delle centinaia o migliaia di anni luce, cioè distanze interstellari: queste distanze possono essere migliorate aumentando la sensibilità dei ricevitori, concentrando tutta la potenza del trasmettitore in un'ampiezza di banda molto ristretta ed utilizzando antenne molto direttive.



**Fig. 3:** Finestra radio utilizzabile per le ricerche SETI.

Un grosso problema é quello della scelta della frequenza più opportuna per la comunicazione. E' pressoché impossibile che una civiltà a cui è inviato un messaggio radio lo scopra, a meno che la frequenza di trasmissione non risulti nota a priori: l'intervallo delle frequenze possibili é comunque troppo ampio. Il problema sarebbe notevolmente semplificato se tutte le civiltà intelligenti dell'universo giungessero alle medesime conclusioni circa l'adozione di alcune frequenze naturali "privilegiate" utilizzabili come standard e riferimento per le comunicazioni. Come accennato, la prima frequenza suggerita fu quella della riga a 21 centimetri (1420 MHz). Secondo gli scienziati é molto probabile che eventuali civiltà extraterrestri siano a conoscenza di questa fondamentale riga dello spettro che rappresenterebbe un "campione di frequenza unico ed oggettivo, conosciuto necessariamente da qualsiasi osservatore nell'universo". "...E' inoltre ragionevole aspettarsi che ricevitori a questa frequenza siano costruiti sin dall'inizio dell'evolversi della radioastronomia...".

Sono comunque state proposte altre frequenze naturali corrispondenti ad altrettante righe spettrali di molecole scoperte negli spazi interstellari, come quelle emesse dalla molecola OH. Con i moderni ricevitori sviluppati per questo tipo di analisi si possono scandagliare simultaneamente numerosi canali dello spettro raccogliendo contemporaneamente informazioni in un vasto intervallo di frequenze. L'intervallo tra 1420 MHz e 1721 MHz è indicato come "waterhole", cioè la "pozza d'acqua" intorno a cui, come animali nella giungla, si radunano le civiltà galattiche. Se l'acqua ha effettivamente un ruolo essenziale per la vita, considerando i vantaggi delle comunicazioni in questo intervallo di frequenze ed il fatto che l'emissione a 1420 MHz proviene dall'idrogeno e quella a 1665 MHz dalla molecola OH (cioè dalle componenti che formano l'acqua) si può in effetti concordare sul fatto che queste frequenze rappresentino la scelta più verosimile per efficienti radiocomunicazioni cosmiche.

L'obbiettivo del progetto SETI é quello di individuare segnali artificiali di origine extraterrestre: nel caso si ricevesse qualche messaggio sarà necessaria una considerevole quantità di tempo prima di riuscire ad interpretarne correttamente il significato. Diversi ricercatori sono dell'opinione che qualunque segnale extraterrestre sarebbe assai "sibillino" per gli uomini: é molto probabile che le eventuali informazioni in esso contenute siano state codificate da una civiltà più progredita della nostra. Avendo molto tempo a disposizione e gli strumenti adatti si potrebbe anche riuscire nell'intento, ma sarebbero necessari molti decenni (se non secoli) di lavoro. Occorre tener presente che l'umanità ha scoperto la radio da poco meno di un secolo e quindi i deboli segnali emessi sono oggi giunti a circa cento anni luce dalla Terra: è ovvio come al crescere della distanza di una possibile sorgente di segnali (civiltà evoluta), aumenti anche l'età della sua tecnologia.

Il problema della scoperta di civiltà aliene è stato ben formulato nella celebre equazione di Drake che, per la sua importanza, sarà argomento specifico del prossimo articolo. Questa semplice equazione fornisce il numero di civiltà extraterrestri presenti nella nostra galassia, fondate su una vita paragonabile alla nostra, in grado di comunicare su distanze interstellari. L'equazione tiene conto di:

- **Fattori fisici:** la velocità con cui si generano le stelle nell'universo, la percentuale di queste dotate di sistemi planetari, il numero di pianeti con condizioni fisiche compatibili con la vita.
- **Fattori biologici:** su quanti di questi pianeti potrebbe essersi sviluppata la vita e su quanti la vita avrebbe potuto diventare "intelligente".
- **Fattori sociali:** su quanti pianeti abitati da forme di vita intelligenti potrebbero essersi sviluppate civiltà tecnologiche, la durata di queste civiltà, dunque la possibilità di comunicare con esse.

Ogni termine rappresenta la possibilità di un passaggio chiave nell'evoluzione di una civiltà. Secondo una valutazione ottimistica fatta dal famoso astrofisico C. Sagan (che è stato uno dei più attivi promotori della ricerca SETI e divulgatori della scienza in genere), la probabilità che su un pianeta si sia sviluppata una civiltà intelligente sarebbe grossomodo pari ad 1 su 1000000. Dato che solo nella nostra galassia dovrebbero esistere diversi miliardi di pianeti (alcuni già scoperti), la probabilità che esistano diverse civiltà extraterrestri non è affatto remota. Le stime numeriche che si possono fare sull'equazione di Drake hanno valore solo nella misura in cui sono accettabili i valori supposti per i parametri: è ovvio come tali valori siano necessariamente arbitrari in quanto difficilmente correlabili ad evidenze sperimentali. Se queste stime sono accettabili si può senz'altro concordare sulla opportunità (e sul grande valore scientifico, filosofico e, più in generale, culturale) di investire risorse nei vari progetti SETI.

Bibliografia:

- J.S. Sklovskij, C. Sagan: LA VITA INTELLIGENTE NELL'UNIVERSO, ed. Feltrinelli (1980).
- J. Heidmann: EXTRA-TERRESTRI, ed. Piemme (1996).
- A. D. Aczel: PROBABILITA' 1 perché esistono civiltà extraterrestri, ed. Garzanti (1999).