

Progetto SETI: Presente e Futuro

La Ricerca Scientifica di Intelligenze Extraterrestri

MASSIMO TEODORANI, Ph.D. – Astrofisico

Open SETI (<http://www.openseti.org>)

1. Introduzione

Il Progetto SETI è nato negli Stati Uniti quasi 50 anni fa quando un articolo degli astrofisici Giuseppe Cocconi e Philip Morrison su *Nature* dimostrò che le onde radio si prestavano in maniera ideale per trasmettere e ricevere messaggi da altre civiltà intelligenti. In particolare, utilizzando la frequenza a 1.4 GHz a cui l'idrogeno neutro, elemento più comune e abbondante nell'universo, assorbe ed emette energia, disponiamo del modo migliore e più economico per trasmettere efficientemente segnali intelligenti. L'utilizzo delle onde radio permette di evitare, o per lo meno di contenere molto, il problema dell'assorbimento della radiazione nel mezzo interstellare, dal momento che esse possono passare agevolmente attraverso questo mezzo, composto di gas e polveri. Ciò ci permette di guardare relativamente lontano. Questa frequenza è anche vantaggiosa perché si trova nella banda di frequenza detta "buco dell'acqua" - tra 1 e 10 GHz - indisturbata sia dal rumore prodotto da sorgenti astronomiche galattiche che dal vapor d'acqua presente nella nostra atmosfera. Non necessariamente civiltà tecnologiche evolute emetterebbero di proposito tali segnali. Essi potrebbero anche essere segnali prodotti da apparati di trasmissione come la TV, la radio, le comunicazioni. Parte di questi segnali potrebbero essere dispersi nello spazio esterno, e quindi ci raggiungerebbero in un tempo pari alla distanza in anni luce che ci separa dalla sorgente di emissione.

1. Il Progetto SETI nelle onde radio

Con il progetto SETI MOP (*Microwave Observing Project*) noi cerchiamo proprio queste evidenze, sia che l'emissione sia intenzionale sia che essa sia accidentale. Tuttavia, dal momento che non conosciamo l'esatta frequenza di emissione di questi possibili segnali, tentiamo di monitorare in simultanea un largo intervallo di frequenze che tipicamente va da 1 a 10 GHz. Ma questo dobbiamo farlo con una risoluzione estremamente elevata - dell'ordine di 1 Hz o addirittura di 0.1 Hz - in caso contrario il segnale sfugge la detezione. Per raggiungere una risoluzione la più alta possibile utilizziamo gli analizzatori multicanale di spettro, che al giorno d'oggi ci consentono di

monitorare ed analizzare simultaneamente dal milione ai trecento milioni di canali, dove ciascun canale corrisponde ad una frequenza specifica. Nei prossimi anni si prevede che la tecnologia degli analizzatori abbia raggiunto una tale sofisticazione da permetterci di rilevare simultaneamente 2 miliardi di canali. Questo aumenta la probabilità di rilevare segnali che potrebbero avere una "marcatore aliena".

Ma come dovrebbe essere fatto un segnale alieno? Innanzitutto ci si aspetta che sia un segnale circoscritto ad una banda strettissima (tra 1 e 300 Hz) e possibilmente non continuo ma ad impulsi ed eventualmente modulato, con una più o meno marcata polarizzazione. E' ragionevole concepire una strategia comunicativa del genere, dal momento che è l'unico modo economico per spedire segnali senza spendere una quantità troppo elevata di energia del trasmettitore. Poi il segnale deve avere una caratteristica inconfondibile, e cioè esso deve essere caratterizzato da Effetto Doppler in un grafico che fornisce la frequenza in funzione del tempo. In tal modo il segnale - di ampiezza più o meno elevata - che ci si aspetta di rilevare è simile ad una linea inclinata, dalla cui pendenza noto lo spostamento in frequenza siamo in grado di ricavare la velocità del trasmettitore. Questa non è altro che la velocità di rotazione del pianeta da cui proviene il segnale. Sui tempi più lunghi, ammesso che il periodo di rivoluzione di quel pianeta sia simile a quello della Terra, ci aspettiamo di ricevere anche un altro Effetto Doppler sovrapposto al primo, questa volta dovuto alla velocità di rivoluzione attorno alla sua stella del pianeta da cui proviene il segnale. Dal momento che la risoluzione in frequenza dei nostri analizzatori di spettro è direttamente proporzionale al numero di canali disponibili, e dal momento che la frequenza è legata alla velocità dalla ben nota formula $\pm V = \pm c (\Delta n / n)$, dove V è la velocità di avvicinamento (-) o di allontanamento (+), c la velocità della luce, n la frequenza a riposo e Δn la differenza in frequenza fra il segnale effettivamente osservato e la frequenza a riposo, ne consegue che con un numero di canali così elevato come quello che utilizziamo correntemente, la precisione con cui possiamo ottenere la velocità è dell'ordine di pochi centimetri al secondo. Questo ci può permettere di ottenere delle misure estremamente accurate anche sui parametri orbitali da cui proviene il segnale, ma

soprattutto ci consente di conoscere con estrema precisione la velocità di rotazione del pianeta. Dal momento che l'intensità di un dato segnale radio varia come $I \propto d^{-2}$, dove d è la distanza della sorgente, è ovvio che non possiamo cercare segnali del genere più lontano di tanto. Al momento, ci si aspetta di ricevere segnali la cui sorgente si trova ad una distanza che, di solito, non supera 100 anni luce. Ma questo dipende non solo dalla debolezza del segnale rivelabile ma anche da una serie di basilari parametri del sistema di detezione. In tal modo, un segnale debole è tanto più facilmente rivelabile: 1) quanto più grande è il diametro dell'antenna utilizzata, essendo la rivelabilità del segnale $\propto D^2$, dove D è il diametro di questa antenna; 2) quanto più sensibile è il ricevitore utilizzato e quanto più potenti sono gli amplificatori collegati all'antenna; 3) quanto più efficiente è l'algoritmo di analisi del segnale, infatti occorre riuscire ad estrarre un segnale immerso in una foresta di rumore e per fare questo si utilizza normalmente un algoritmo di Fourier (algoritmo FFT), che potrebbe essere presto sostituito - come da studi di fattibilità del fisico Claudio Maccone tuttora testati al radiotelescopio di Medicina del CNR - da quello ben più efficiente di Karhunen-Loewe (algoritmo KLT); 4) quanto maggiore è la risoluzione temporale dello spettrometro, essendo questo un fattore molto importante per segnali di intensità variabile nel tempo, che vanno integrati nel più breve tempo possibile; 5) quanto maggiore è la risoluzione in frequenza fornita dallo spettrometro multicanale impiegato.

2. Strategie di ricerca nelle onde radio

All'atto pratico che cosa prevede un'osservazione SETI nelle onde radio? Vengono adottate strategie ben precise. Quella più appropriata viene denominata "All Sky Survey" (ASS). Essa prevede uno scandaglio di tutto il cielo con una buona risoluzione angolare che idealmente potrebbe sfiorare i 2 secondi d'arco. In tal modo si utilizza l'antenna (di solito di tipo parabolico) solo ed esclusivamente per osservazioni SETI, puntando non dei target mirati, ma tutto il cielo in continuazione. Alternativamente si usano grosse antenne fisse, come quella di 300 metri del radiotelescopio di Arecibo a Portorico, dove lo scandaglio del cielo avviene per transito delle sorgenti celesti, le quali muovendosi per via della rotazione della Terra entrano nel fascio di ricezione dell'antenna. Questa strategia è parzialmente utilizzata per alcuni periodi dell'anno con pochissimi radiotelescopi dedicati dislocati in varie parti del mondo.

Se l'antenna rileva un segnale in un certo punto della sfera celeste, deve poterlo rilevare in qualunque altro momento esattamente nello stesso punto una volta che l'antenna viene ripuntata sulle stesse coordinate. Ma non solo. Quello che è più importante è che qualunque altro

radiotelescopio al mondo deve poi poter rilevare lo stesso segnale nello stesso punto del cielo da qualunque altro punto della Terra. In tal modo si può fornire una conferma che non solo il segnale è reale e non un artefatto dell'elettronica del sistema, ma si può accertare che provenendo dallo stesso punto della sfera celeste ed essendo caratterizzato da un Effetto Doppler e da una morfologia ben precisa, esso è stato emesso da una sorgente di emissione costituita da un pianeta con una sua velocità di rotazione e orbitante attorno ad una stella ben precisa. Una stella che per la sua grande lontananza non muta le sue coordinate - a causa della sua lentissima rivoluzione attorno al centro galattico sommata vettorialmente alla rivoluzione del Sole - se non nell'arco di periodi estremamente lunghi, dell'ordine dei 50-100 anni e comunque con una variazione dai pochi secondi d'arco ad 1 primo d'arco al massimo. Dunque il segnale in tempi brevi (fino a pochi anni) deve provenire sempre dallo stesso punto della sfera celeste con una precisione al secondo d'arco, e quel punto preciso lo devono rilevare tutti gli osservatori nel mondo ovunque essi si trovino. In caso contrario, se il segnale viene rilevato solo da una singola antenna, esso è un artefatto di qualche tipo, causato il più delle volte da effetti spurii generati dal sistema di rivelazione. Se invece il segnale scompare dopo un certo tempo e riappare periodicamente, questo potrebbe essere causato dal passaggio di un satellite che viene visto da un singolo osservatore che si trova in un dato punto della Terra. Svariati sono stati i segnali spurii registrati in questa maniera. Questi non sono altro che falsi allarmi.

Allo stato attuale, da quando oltre 10 anni fa il SETI Institute, anche con il (più recente) supporto dell'iniziativa SETI@home, negli Stati Uniti ha lanciato con erogazione alterna di fondi il programma SETI MOP in grande stile, non risulta ancora alcuna rivelazione di reali sospetti di segnali intelligenti.

Ma se il sistema ASS fosse un giorno in grado di accertare che il segnale è reale e questo fosse confermato da vari punti di osservazione della Terra, cosa succederebbe? Verrebbe messa in moto un'operazione mondiale di conferma che vedrebbe l'utilizzo di tutti i radiotelescopi più potenti del mondo dotati di spettrometro multicanale adeguato. In tal caso lo spettrometro multicanale non solo verrebbe connesso ad antenne singole a grandissimo diametro, ma anche a efficacissimi sistemi interferometrici della rete VLBI (Very Large Baseline Interferometer) e VLBA (Very Large Baseline Array), che comportano la connessione di un grande numero di antenne in una rete interferometrica in maniera tale che, portando il diametro equivalente di questa "baseline" a qualche migliaio di chilometri (invece dei tipici 30-100 metri di un'antenna singola), si riuscirebbe a studiare con molta maggiore accuratezza un segnale che per sua

natura è intrinsecamente debole. Con le tecniche interferometriche un tale segnale verrebbe visto con molta maggior definizione e certezza, per via del fatto che il flusso radio più debole rivelabile è proporzionale, in questo caso, al quadrato del diametro di questa “baseline” interferometrica che unisce i radiotelescopi tra loro. Sarebbe come osservare con un singolo radiotelescopio del diametro di migliaia di chilometri. Sostanziali progressi in questo senso si avranno con il rivoluzionario sistema SKA (Square Kilometer Array), progetto a cui sta alacremente lavorando anche il gruppo dell'Ing. Stelio Montebugnoli del Radiotelescopio di Medicina, in collaborazione con vari gruppi Europei e Statunitensi, e con il futuro sistema ATA (Allen Telescope Array) – quest'ultimo un sistema specificamente mirato alla ricerca SETI – in grado di permettere anche il puntamento e il monitoraggio di più sorgenti celesti contemporaneamente in modo da coprire in breve tempo tutta la sfera celeste.

Tutto questo significa che una volta che un'antenna specializzata nella metodologia ASS debba rivelare un segnale SETI sospetto, una volta confermata la reale esistenza e natura del segnale utilizzando tutte le antenne singole disponibili nel mondo per questo specifico scopo, sarebbe poi possibile raffinare l'analisi del segnale utilizzando un sistema interferometrico a lunga base in grado di far emergere in maniera estremamente efficace il segnale dal rumore. Questa tecnica potrebbe essere denominata “Final Targeted Confirmation” (FTC).

In realtà esiste già, secondo i protocolli del SETI, una strategia di ricerca denominata “Targeted Search” (TS), che non prevede lo scandaglio di tutto il cielo ma il puntamento di sorgenti stellari precise che “potrebbero” avere pianeti simili alla Terra. Questa tecnica, che prevede l'uso di ricevitori estremamente sensibili, consiste nell'osservare un certo numero di stelle ben conosciute, caratterizzate da stabilità radiativa e dall'assenza di attività eruttiva, che potrebbero contenere pianeti in grado di ospitare la vita e quindi l'intelligenza. Una ricerca del genere è già stata effettuata soprattutto negli Stati Uniti puntando 800 stelle sospette che si trovano ad una distanza non superiore a 100 anni luce. Purtroppo questa ricerca non ha dato per ora risultati.

Un'altra tecnica alternativa alle ASS, TS e FTC è quella denominata “Piggy Back Scan Mode” (PBSM), che prevede di osservare in parallelo alle normali osservazioni astronomiche lo stesso fazzoletto di cielo (tipicamente di 4 primi quadrati) anche con uno spettrometro multicanale per le rilevazioni SETI. In tal modo l'astronomo continua tranquillamente ad osservare la sua sorgente (stellare, galattica o extragalattica che sia) con i sensori scelti per fare osservazioni astrofisiche, e intanto lo spettrometro SETI analizza automaticamente la stessa regione di cielo. Certamente questa è una tecnica non mirata, ma

senza alcun dubbio essa permette di effettuare osservazioni SETI a costo zero, senza sottrarre tempo alla schedula del radioastronomo che fa le sue normali osservazioni a scopo astrofisico. Questa tecnica, oltre che presso il noto radiotelescopio di Arecibo, è correntemente e da anni messa in atto al Radiotelescopio di Medicina grazie alla meritoria iniziativa dell'Ing. Stelio Montebugnoli.

Un'altra tecnica, che potrebbe far parte della classe delle TS ma che si avvale anche della tecnica PBSM, è stata messa in pratica occasionalmente dallo scrivente, nel momento in cui ricercava la riga dell'acqua a 22 GHz in candidati pianeti extrasolari usando uno spettrometro specifico da 132.000 canali. In parallelo a questa osservazione il sistema PBSM per il SETI messo a punto a Medicina e utilizzante lo spettrometro *Serendip IV*, verificava se quella data stella attorno a cui si sospetta esserci un pianeta forse con acqua, emettesse anche segnali intelligenti. Inutile dire che, al momento questa tecnica non ha ancora permesso di ottenere risultati nel senso previsto dal progetto SETI, mentre la possibile esistenza di acqua (rilevabile per effetto MASER, una specie di LASER nelle microonde), ricercata in un campione di circa 40 candidati pianeti extrasolari attorno a stelle precise, non è stata ancora confermata in nessuno di essi. Sia nel caso che ricerchiamo acqua in pianeti extrasolari, sia che ricerchiamo segnali SETI, purtroppo ci troviamo ancora a combattere con l'effetto del “rumore del sistema” e con il non facilmente eliminabile effetto dell'interferenza RFI (Radio Frequency Interference), che purtroppo sta aumentando un po' in tutto il mondo, anche a causa della capillare diffusione dei telefonini cellulari. Un radiotelescopio ideale, come è stato più volte proposto dal fisico Claudio Maccone, dovrebbe poter essere localizzato sulla faccia nascosta della Luna, per permetterci di essere liberi da interferenze. Siccome i segnali SETI, così come i segnali MASER indicatori dell'acqua a 22 GHz, sono per loro natura estremamente deboli e siccome un segnale debole può essere seppellito dal rumore di fondo e fortemente disturbato dall'interferenza, c'è ragione di credere che il modo migliore per osservare segnali del genere con una antenna singola relativamente piccola sia di andare nello spazio o sulla Luna. Esistono programmi in corso per il futuro a medio termine, la cui realizzazione dipenderà solo dai fondi disponibili.

3. Probabilità di rilevare segnali intelligenti

Ritorniamo ora alle strategie per il SETI. Supponendo che, ottimisticamente parlando, un sistema di scandaglio “a tutto cielo” come quello previsto dalla tecnica ASS possa realisticamente funzionare tutti i giorni per un anno intero utilizzando un'antenna dedicata, quanto tempo ci potrebbe volere per rilevare un segnale intelligente

nella nostra galassia? Se supponiamo che la ben nota Formula di Drake fornisca una stima abbastanza pessimistica del numero delle possibili civiltà intelligenti nella nostra galassia, ovvero un numero tipico di 100, quanto ci metteremmo a trovare un tale segnale e quanti ne troveremmo? Considerando che la galassia ha un diametro di 100.000 anni luce e che non avremmo probabilmente accesso alla parte di galassia che si trova dalla parte opposta a quella in cui si trova il Sole, e che con l'antenna riusciamo a spingerci al massimo fino a 1000 anni luce - questa è una stima ragionevole per il futuro a breve termine, considerando gli enormi progressi tecnologici di antenne, ricevitori, amplificatori, e algoritmi di detezione del segnale - una possibile previsione è che se l'antenna scandaglia veramente tutto il cielo più volte, noi riusciremmo a trovare al massimo segnali intelligenti in un numero da 1 a 3. Questo dipende ovviamente dal cosiddetto "parametro di durata" P di una civiltà tecnologica, come deducibile dalla Formula di Drake ¹. Non solo questi segnali li troveremmo, ma assumendo che il segnale sia emesso in maniera costante (come da previsioni), li troveremmo tutti quanti in pochi mesi. A questo punto però noi rileveremmo un effetto di selezione imposto dalla distanza a cui si trova l'emettitore del segnale: più oltre di tanto il nostro sistema di rilevazione non ci permette di andare e qualunque altro segnale diventa troppo debole per essere ricevuto e identificato come SETI. Infatti il numero di civiltà tecnologiche rilevabili è direttamente proporzionale alla distanza raggiungibile mentre la effettiva rivelabilità del segnale è inversamente proporzionale alla distanza stessa. Il problema della debolezza del segnale a grandi distanze potrebbe essere risolto scandagliando tutto il cielo usando il sistema interferometrico corrente (tipo VLBI e/o VLBA), o ancor meglio in futuro (come da progetto), interferometri spaziali utilizzando una *baseline* di alcuni milioni di chilometri, invece di una sola antenna usata per la strategia ASS. Usando sistemi del genere, in un futuro non lontano probabilmente riusciremo a spingerci fino a 10.000 anni luce, e quindi potremo aumentare di un fattore 10 o 100 il numero di segnali SETI effettivamente rivelabili.

Se invece assumiamo una stima ottimistica, ovvero non di 100 ma di almeno 10.000 civiltà intelligenti nella galassia in grado di inviare segnali radio, allora dal nostro scandaglio del cielo

¹ La *Formula di Drake* permette di determinare il numero **N** di civiltà tecnologiche extraterrestri:

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_t \cdot P$$

dove: **R*** = Tasso di formazione stellare; **f_p** = Stelle con sistemi planetari; **n_e** = Pianeti con ambiente adatto alla vita; **f_v** = Pianeti in cui attualmente c'è vita; **f_i** = Pianeti abitati da vita intelligente; **f_t** = Pianeti con civiltà tecnologiche; **P** = Pianeti con civiltà tecnologiche durevoli.

emergerebbe un numero notevole di civiltà intelligenti – dell'ordine delle migliaia o delle decine di migliaia – cosa che permetterebbe di stilare una statistica significativa sulle civiltà tecnologiche che popolano la nostra galassia. In tal modo raggiungeremmo la stessa significanza statistica – in questo caso applicata al numero di civiltà aliene tecnologiche – con cui siamo oggi in grado di costruire diagrammi di Hertzsprung-Russel di oggetti sovrappopolati di stelle come gli ammassi globulari.

Assumendo una stima ottimistica per il numero **N** della Formula di Drake, riusciremmo a stilare una discreta statistica anche solo utilizzando una sola antenna parabolica preposta alla strategia ASS, usata in continuazione per tutti i periodi dell'anno, equipaggiata con il meglio attualmente disponibile della tecnologia degli spettrometri multicanale (fino a 300 milioni di canali), con il meglio dei ricevitori, degli amplificatori e degli algoritmi di analisi. In tal modo anche una piccola antenna di 30 metri di diametro (come quella di Medicina) usata in modalità ASS permetterebbe di rivelare in breve tempo probabilmente qualche centinaio di civiltà extraterrestri. Ma al momento, realisticamente parlando, occorrono costantemente fondi per almeno 5-10 anni per garantire una continuità osservativa, uno scandaglio effettivo di 360° di cielo, e una alta qualità dei sensori utilizzati. Può essere che nei prossimi 10 anni si arrivi a questa efficienza, o che la iniziale scoperta casuale di uno o due segnali intelligenti reali, possa stimolare l'opinione pubblica e conseguentemente chi decide l'erogazione dei fondi a promuovere una ricerca strategica in grande stile. Una ricerca che inizialmente utilizzi pochi e piccoli radiotelescopi dedicati e in seguito, in caso di successo, potentissimi sistemi interferometrici a lunga base in grado di aumentare di 10 o 100 volte il numero effettivamente rilevabile di civiltà aliene tecnologiche.

4. Antropocentrismo galattico

Supponiamo che si riesca a realizzare un programma del genere, superando tutti i problemi di ordine pratico e di ordine economico, e supponiamo che la stima più realistica delle civiltà galattiche sia quella più ottimistica (dalle 10.000 al milione di civiltà in grado di inviare segnali radio), cosa ce ne faremmo di questi segnali intelligenti? Certamente, sapendo che un dialogo biunivoco tra civiltà è impossibile per via dei limiti imposti dalla velocità della luce, noi ci limiteremmo ad osservare e a trastullarci con qualche calcolo che ci permette di espandere la statistica stellare (basilare ramo dell'astrofisica), scrivendone un nuovo capitolo che ci porterebbe ad un grande avanzamento della bioastronomia. Ovvero, un nuovo capitolo in grado di rispondere tecnicamente a questa fondamentale domanda: "Quante civiltà intelligenti di tipo antropomorfo - ovvero allo stadio in cui si usano

ancora le onde radio per comunicare - per kiloparsec cubo possiamo trovare in un raggio, ad esempio, di 1000 anni luce? E qual'è la loro distribuzione in coordinate galattiche?" In tal modo trasferiremmo all'intelligenza extraterrestre le stesse tecniche che normalmente applichiamo in statistica stellare per studiare la cosiddetta "funzione di luminosità", oppure anche la "funzione di massa" delle stelle dei vari tipi e stadi evolutivi. Eppure, una volta che con questa ricerca ci si trovi a raccogliere molti dati di rilevanza statistica, finiremmo solo per scoprire che i segnali che rileviamo non sono altro che un mero "effetto di selezione". Ovvero, non sono le intelligenze extraterrestri in senso lato che rileveremmo, ma solo la frazione di esse che si trovano al nostro stadio evolutivo o poco oltre. In sostanza non faremmo altro che cercare l'evidenza di altre "scimmie intelligenti" nella galassia, trascurando accuratamente tutte le caratteristiche aliene che non si attagliano al nostro stadio tecnologico. Per la verità il progetto SETI standard è affetto da una crisi di dentizione, dal momento che tende ancora a riportare al metro umano tutto quello che si trova al di fuori di noi. E teniamo ben presente che questa statistica delle civiltà galattiche potremmo costruirla solo se effettivamente queste civiltà, oltre che in grande numero, sono sufficientemente durevoli.

5. Ricerca di segnali Laser

In termini tecnici e convenzionali, ci sono anche altre strade in corso per cercare i segni di altre civiltà intelligenti. Una di queste è quella del "SETI Ottico" che, utilizzando i normali telescopi ottici, si basa sulla possibilità di ricevere da civiltà avanzate brevissimi impulsi Laser con potenze dell'ordine del TeraWatt (10^{12} W). Disponiamo ora di sensori fotometrici avanzatissimi - come ad esempio le camere CCD a bombardamento di elettroni - in grado di permetterci di rilevare segnali del genere con una risoluzione temporale dell'ordine del miliardesimo di secondo, ed eventualmente, di localizzarli spazialmente con una precisione dell'ordine del centesimo o millesimo di secondo d'arco. Se una civiltà aliena ci inviasse un segnale in questa forma da un altro sistema stellare, vedremmo per un nanosecondo la luce della loro stella aumentare di colpo perché alla luminosità della stella - e solo entro il piccolissimo angolo solido entro cui ci appare la stella - si assommerebbe seppur per un tempo brevissimo la luminosità dell'impulso laser emesso da un pianeta di quella stella. Questo tipo di segnale potrebbe essere modulato in maniera intelligente. Al momento ben 3000 stelle sono state puntate al fine di cercare segnali Laser intelligenti, ma senza alcun concreto risultato se non l'evidenza di segnali transienti in 190 stelle, segnali che però non si sono più ripetuti come ci si aspetterebbe se tali segnali fossero inviati da pianeti ospiti delle stelle puntate. Riuscire un giorno a rilevare segnali

del genere costituirebbe una prova abbastanza forte, anche perché con il SETI ottico, data la enorme potenza prevista per quel tipo di segnale (per sua natura amplificato), è possibile guardare molto più lontano (fino a oltre 1000 anni luce) che con il SETI classico nelle onde radio (che adesso usando piccole antenne singole permette di rilevare segnali debolissimi fino ad una distanza di non più di 100 anni luce). Più siamo in grado di guardare lontano e più ci troviamo ad allargare la "sfera di spazio monitorabile delle civiltà cosmiche intelligenti". Ciò può aumentare esponenzialmente il numero di civiltà rilevabili (antropomorfe al primo stadio di tipo avanzato, in questo caso).

Oppure potrebbero essere cercati segnali dello stesso tipo, ovvero monocromatici per emissione stimolata, ma nelle onde radio (o anche nell'infrarosso). In tal caso dovremmo rilevare l'effetto MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) anziché LASER: ciò estenderebbe ulteriormente il raggio della sfera popolata da civiltà intelligenti, data la ben nota capacità delle onde radio di attraversare senza sostanziale assorbimento il gas e la polvere interstellare e data l'elevatissima potenza prevista da un segnale MASER, come riusciamo ad osservare correntemente ad esempio in alcune sorgenti protostellari che si trovano anche a grandissima distanza da noi. In questo modo uniremmo la tecnica radio al concetto di potentissimi impulsi monocromatici. Potremmo in tal modo probabilmente incrementare la sfera di ricezione fino a 10.000 anni luce e forse oltre, se oltre alla potenza del segnale riusciamo ad avvalerci delle più avanzate tecniche di detezione e di sistemi interferometrici a lunghissima base. In tal modo saremmo in grado di costruire un'ottima statistica galattica delle civiltà intelligenti, e capire quanto è grande l'effetto di selezione prodotto da civiltà al nostro stadio o di poco superiore. Questo ci permetterebbe di capire alla fine, proprio direttamente dalle osservazioni, quanto dura una civiltà ad uno stadio comparabile al nostro, in questo caso una civiltà intelligente "al primo stadio evoluto", usando le stesse tecniche che ci permettono di usare la statistica stellare per fare inferenze sulla evoluzione stellare, quando vogliamo capire quanto è lunga la vita di una stella dopo aver analizzato tutta una serie di parametri osservativi.

6. Ricerche nell'infrarosso

In base alle predizioni dei modelli teorici dell'astronomo russo Nikolai Kardashev e del fisico americano Freeman Dyson, civiltà molto più avanzate della nostra potrebbero essere in grado di manipolare lo spazio che circonda il loro sistema stellare. Ciò avverrebbe con la costruzione di immense strutture sferiche o anulari, denominate "Sfere di Dyson", attorno alla stella centrale. In tal modo ci troveremmo di fronte a civiltà (di Tipo II secondo Kardashev) in grado di "ingegnerizzare"

lo spazio circumstellare fino ad un miliardo di chilometri di distanza dal loro Sole. Megastrutture del genere servirebbero per imbrigliare l'energia della stella centrale. Ciò determinerebbe l'emissione di energia nella banda infrarossa, che noi riusciremmo a rivelare con telescopi preposti all'osservazione in questa specifica finestra di lunghezza d'onda. Una ricerca delle Sfere di Dyson si baserebbe esclusivamente sulla ricerca di "eccesso infrarosso" attorno a stelle di tipo solare o simile. Queste stelle, a differenza di stelle di altri tipi (come le stelle di tipo spettrale O e B e le protostelle), sappiamo bene sia dalle osservazioni che dalla teoria della struttura e della evoluzione stellare che non possono produrre spontaneamente involucri circumstellari. Per cui la rivelazione di eccesso infrarosso da queste stelle potrebbe essere una chiara marcatura della presenza di Sfere di Dyson. Pur disponendo oggi di telescopi infrarossi molto potenti sia a terra che nello spazio, al momento non sono state ancora intraprese su larga scala ricerche del genere, se non molto marginalmente utilizzando i dati del vecchio satellite infrarosso IRAS negli anni '80, che comunque non ha fornito risultati. Oggi, pur disponendo di telescopi infrarossi enormemente più sensibili e potenti, si preferisce utilizzarli per intraprendere "normali programmi" osservativi eminentemente astronomici che rischiare di perdere mesi o anni a cercare possibili marcature extraterrestri senza aver trovato nulla. Eppure una ricerca del genere, se condotta per qualche anno come progetto portante, potrebbe non solo fornire risultati di enorme importanza ma anche permettere, in una fase successiva, di utilizzare i radiotelescopi e i telescopi ottici dediti alla ricerca di segnali intelligenti per il puntamento di stelle dalle quali si dovesse rilevare un eccesso infrarosso anomalo. In tal modo l'emissione infrarossa servirebbe proprio a setacciare le stelle di cui poi cercare segnali intelligenti. L'indifferenza attuale per questa ricerca da parte della comunità astronomica dimostra che l'attuale progetto SETI nel suo complesso, proprio per l'incompletezza di alcuni suoi assunti e per la superficialità di alcune sue procedure e strategie, mostra alcune carenze scientifiche di fondo.

7. Il problema della durata di una civiltà

Pur con le suddette carenze scientifiche il SETI è un progetto di notevole rilevanza tecnologica in sé e per sé, sia per le tecniche usate che per i contenuti che ne deriverebbero. Ma resta ancora aperto il quesito: quanto dura una civiltà di scimmie intelligenti come la nostra? Se dura poco - e 2000-3000 anni è davvero molto poco se comparato alle tipiche scale temporali astronomiche che misurano le fenomenologie su tempi che vanno da 100.000 anni al miliardo di anni - allora può essere che con tutte le tecniche attuali, dal radio all'ottico, noi potremmo non trovare nulla o quasi.

Il nostro stesso stadio tecnologico quanto può durare? Osservando lo sviluppo di guerre nel mondo, e il grave peggioramento delle condizioni climatiche ed ecologiche del nostro pianeta, per non parlare dell'incombente rischio nucleare, ci sarebbe da sospettare che un tipo di civiltà come la nostra non possa sopravvivere per più di 2200 anni, dei quali appena 100 caratterizzati dallo sviluppo tecnologico. Ma allora se le civiltà del tipo della nostra sono sistematicamente destinate all'autodistruzione, e se si suppone che non ci sia ciclicità nel percorso evolutivo delle civiltà intelligenti, quante di queste civiltà troveremo effettivamente nell'universo? Certamente pochissime, dal momento che la maggior parte sarebbe già estinta, oppure deve ancora nascere. Per cui non ci sarebbe da meravigliarsi che il progetto SETI, ovvero quel progetto mirato alla ricerca di altre scimmie evolute nell'universo, non debba, nonostante tutti gli sforzi, portare a nessun risultato di sorta.

In sintesi, ci troviamo di fronte a due possibilità. Se le civiltà intelligenti di tipo antropomorfo, ovvero quelle che usano ancora le onde radio, riescono più o meno tutte a superare i periodi di crisi e durano tempi lunghissimi - dell'ordine dei 100.000 anni, ad esempio - allora certamente usando le procedure standard del SETI di civiltà ne troveremo un numero più che sufficiente per farci una buona statistica. Se invece questo tipo di civiltà tecnologica inclusa la nostra è destinata a durare molto poco, allora potremmo trovarci con un pugno di mosche in mano. Solo il tempo potrà dirci quale delle due ipotesi è vera.

Per quello che riguarda il tipo di civiltà aliene che si potrebbero scoprire con il progetto SETI, esiste una classificazione basata su 5 tipi fondamentali: a) Civiltà di Tipo 0 corrispondenti alla nostra, della durata all'incirca di 2000 anni, in grado di trasmettere messaggi a distanze di 10-100 anni luce; b) Civiltà di Tipo I corrispondenti a quello che potrebbe diventare la nostra tra 100-500 anni, in grado di sfruttare tutte le energie naturali del pianeta e di trasmettere messaggi a distanze di 1.000-10.000 anni luce; c) Civiltà di Tipo II, della durata di 3.000-5.000 anni, in grado di imbrigliare l'energia della loro stella, di trasmettere messaggi a distanze di 100.000 anni luce, e di esplorare per intero il loro sistema stellare; d) Civiltà di Tipo III, della durata di 10.000-100.000 anni, in grado di imbrigliare l'energia della Galassia, di trasmettere messaggi a distanze di milioni di anni luce, e di esplorare l'intera galassia; e) Civiltà di Tipo IV, della durata di 1 milione di anni, in grado di imbrigliare l'energia di ammassi galattici, di trasmettere messaggi a distanze incommensurabili, e di esplorare forse l'intero universo conosciuto utilizzando mezzi di propulsione rapidi che comportano la manipolazione dello spazio-tempo.

E' dunque chiaro che la probabilità di trovare segnali inviati da civiltà intelligenti cresce con l'aumentare della loro durata, ovvero con il livello

tecnologico da loro raggiunto. Ma è anche vero che civiltà molto evolute rispetto alla nostra possono non aver più bisogno di inviare messaggi per segnalare la loro esistenza dal momento che disporrebbero già dei mezzi per contattare direttamente altre civiltà. Quindi, è possibile che civiltà fino al Tipo II utilizzino ancora le onde radio o i fasci Laser, seppur con enorme potenza, ma è anche possibile che civiltà di tipo superiore smettano di comunicare con questi mezzi preferendo altri mezzi che ancora non conosciamo oppure desiderino esplorare direttamente il target che intendono contattare. Ecco perché i segnali intelligenti che potremmo rilevare con maggior probabilità sia nelle onde radio che nella banda ottica, potrebbero provenire da Civiltà di Tipo I o di Tipo II. Mentre le civiltà di Tipo 0 come la nostra sarebbero difficilmente rilevabili perché non disporrebbero di potenza sufficiente per trasmettere messaggi a distanze più grandi di 10-100 anni luce.

8. L'ipotesi della migrazione interstellare

Se una civiltà di tipo tecnologico e stanziale come la nostra dura poco ma anziché estinguersi del tutto si evolve in qualcos'altro, cosa succederebbe? Dire che non lo sappiamo, sarebbe una grossa bugia. Diciamo piuttosto che molto ancora non sappiamo, ma qualcosa possiamo prevedere. Basta osservare la nostra stessa esplorazione spaziale per capire che l'essere intelligente nell'universo, probabilmente a tutti i livelli, vuole espandere la sua sfera di influenza, ovvero vuole esplorare l'ambiente circostante oppure deve farlo per forza per garantire la sua stessa sopravvivenza. Se supponiamo di aver superato la crisi di dentizione della nostra civiltà senza totale estinzione, noi potremmo desiderare o avere necessità di espanderci esplorando lo spazio esterno. Potremmo doverlo fare per arginare il problema della sovrappopolazione, per sfuggire alle conseguenze dell'inquinamento, per sfuggire alle conseguenze di una guerra nucleare che lascerebbe un pianeta radioattivo su buona parte della sua superficie, per sfuggire alle conseguenze di un impatto cometario o asteroidale, o, infine, se esisteremo ancora come civiltà a quel tempo, per sfuggire alla minacciosa avanzata dell'involucro in espansione di un Sole diventato Gigante Rossa. In un modo o nell'altro, o per sfuggire a disastri o per desiderio di esplorazione, finiremmo per lasciare il nostro pianeta.

E gli altri come hanno fatto? Come se la sono cavata, se i cosiddetti "altri" hanno già percorso il nostro cammino millenni o addirittura milioni di anni prima di noi? Supponendo che siano riusciti a dotarsi di scudi efficienti e durevoli in grado di difendersi dagli impatti meteorici e dai raggi cosmici, potrebbero essere riusciti a solcare il cosmo da stella a stella utilizzando vere e proprie arche spaziali come quelle ipotizzabili da alcune

previsioni teoriche del fisico Freeman Dyson, dai dettagliati progetti del fisico Gerard O'Neill e dagli scenari messi a punto dai fisici John Von Neumann e Frank Tipler. Tutto questo prevede la possibilità di inviare immense stazioni spaziali autopropulse popolate o da numerose comunità viventi autosufficienti, oppure da embrioni congelati in grado di essere attivati non appena viene raggiunto il lido scelto, come ad esempio il nostro sistema solare, per esportare la vita e non solo per rilasciare un'informazione sulla loro esistenza. Certe civiltà potrebbero utilizzare, al posto di embrioni, anche forme di vita robotica oppure forme di vita basate sul Silicio anziché sul Carbonio. Certe possibili modalità di trasporto di forme di vita intelligente sarebbero certamente il mezzo più efficace per garantire la sopravvivenza di una stirpe planetaria, che sarebbe la forma di vita più potente in grado di affrontare la vita in un Universo che per sua natura è molto difficilmente vivibile. E non ci sarebbe bisogno di tecnologia sullo stile di Star Trek, ma semplicemente la pazienza di far percorrere anni luce di spazio ad una specie di "banca del seme" (se fosse questo il caso) nell'arco di migliaia di anni fino a raggiungere il lido prescelto. Seppur con una procedura meno economica e molto più dispendiosa, lo stesso tipo di viaggio potrebbe essere fatto fare ad una vera e propria comunità di esseri viventi che nascono, muoiono, e si riproducono all'interno di una specie di pianeta artificiale completamente autosufficiente.

Tutto questo non è fantascienza, ma è previsto da alcuni calcoli di possibile "migrazione galattica", calcoli probabilistico-statistici che si fanno da almeno 20 anni aggiustando di volta in volta i vari parametri con i risultati più recenti delle ricerche astrofisiche. Ma in soldoni, come possiamo considerare valida un'ipotesi del genere? Un calcolo, sviluppato dalle cosiddette "equazioni di diffusione" prevede che la migrazione delle probabili intelligenze nella Galassia si sviluppi come una vera e propria onda con un tasso di crescita di 10^{-3} anni luce per anno. In tal modo la Galassia verrebbe colonizzata in soli 60 milioni di anni, che è un tempo almeno 150 volte inferiore all'età della Galassia. Questo vuol dire che nell'arco della vita di una galassia tipica come la nostra, essa potrebbe essere massicciamente colonizzata e in più cicli. Ciò significa che ad un certo punto della loro evoluzione alcune delle civiltà che hanno superato i periodi di crisi senza autodistruggersi, per svariate ragioni, potrebbero trovarsi ad andare a zozzo per la galassia, alla ricerca di nuovi lidi. Il che vuol dire che le civiltà potrebbero stazionare sul loro pianeta di origine per un tempo molto limitato. L'ipotesi altamente fondata della migrazione interstellare porterebbe necessariamente la Formula di Drake ad

espandersi di un nuovo parametro moltiplicativo: il cosiddetto "parametro di migrazione" n_M ².

Che le cose stiano realmente in questi termini non lo sappiamo, ma con la tecnologia di cui disponiamo adesso, potremmo, anche se non agevolmente, verificarlo. Allora la strategia su cui si basa il "SETI standard" si troverebbe a peccare di un errore di fondo: quello di aver trascurato non solo la possibilità che le civiltà si spostino dal loro punto di origine ma anche il fatto che queste civiltà potrebbero costruirsi dei veri e propri pianeti artificiali dove vivere, in attesa di un nuovo lido. Pianeti artificiali che per millenni funzionerebbero come immense astronavi, magari spinte da vele a microonde, da propulsori ad antimateria, da energia estratta dal campo di punto zero, o da quant'altro sia possibile, e che poi si posizionerebbero in zone specifiche dei sistemi stellari di loro preferenza, in zone idonee sia alla vivibilità che all'approvvigionamento di fonti energetiche. Il nostro sistema solare potrebbe essere uno di quei lidi, e un pianeta come la Terra potrebbe essere un target altamente privilegiato visto che è l'unico pianeta in grado di permettere una vita, per così dire, dignitosa, se paragonata a tutti gli altri pianeti del nostro sistema. Per la verità anche spaziali del genere all'interno del nostro sistema solare sono state cercate negli anni '80 da astronomi come Robert Freitas e Francisco Valdes e qualche anno più tardi con un progetto guidato dal fisico Michael Papagiannis analizzando i dati del satellite infrarosso IRAS allo stesso modo in cui sono state cercate le "sfere di Dyson" precedentemente descritte. Ma nulla fu trovato. Il problema è che oggetti del genere si prevede che brillino prevalentemente di luce riflessa (quella del Sole), semprechè non siano costituiti (magari, deliberatamente) da una superficie poco riflettente e molto assorbente. In ogni caso, se prevediamo strutture grandi come un piccolo asteroide – cioè delle dimensioni di qualche chilometro (o anche molto meno, se a bordo vi è una semplice banca del seme gestita da robot e non una vera comunità vivente) – che brillano di sola luce riflessa, e che eventualmente siano posizionate proprio nella fascia asteroidale dove è agevole l'acquisizione di materia prima e non lontano da Giove dove è possibile approvvigionarsi di un elemento prezioso per il volo spaziale come è l'Elio, vent'anni dopo i primi pionieristici tentativi di Freitas, Valdes e Papagiannis oggi noi con supertelescopi come il VLT dell'ESO o il Columbus dell'Arizona, saremmo

in grado non solo di rilevare la debolissima emissione ottica emessa da queste sorgenti ma anche di risolvere spazialmente queste sorgenti anche quando sono molto distanti o molto piccole. Possiamo soprattutto accedere ad una magnitudine limite che solo dieci anni fa ci era completamente proibitiva. Ma dove cercare? Certamente la ricerca di questi oggetti non partirebbe con supertelescopi del genere, questi verrebbero usati solo in una fase successiva di tipo analitico. Inizialmente partiremmo con piccoli telescopi a grandissimo campo come la nuova generazione di telescopi Schmidt connessi a veri e propri mosaici di camere CCD, in maniera da monitorare sia spettroscopicamente che astrometricamente zone selezionate del sistema solare. In tal modo una diagnosi spettrale ci permetterebbe di distinguere un oggetto presumibilmente alieno da un asteroide, mentre una diagnosi astrometrica ci permetterebbe di conoscere la velocità angolare proiettata sulla sfera celeste di un tale tipo di oggetto in moto. Una volta identificato l'oggetto anomalo utilizzando le tecniche di grande campo, uno studio immediatamente successivo effettuato con supertelescopi a piccolo campo ma altamente performanti in termini di detezione della magnitudine limite, permetterebbe di analizzare in grande dettaglio quantitativo ciò che è già stato identificato qualitativamente con il grande campo. In tal caso utilizzeremo: a) tecniche di fotometria ad altissima risoluzione temporale ed elevatissimo range dinamico per studiare in dettaglio la variabilità della luminosità dell'oggetto e su quale punto della sua superficie essa è localizzata, riuscendo in tal modo a comprendere se la luce varia per via della rotazione e/o precessione di una struttura con geometria particolare, oppure per fattori intrinseci legati all'energia emessa; b) tecniche di astrometria ad alta risoluzione angolare per studiare in dettaglio lo spostamento dell'oggetto sulla sfera celeste, c) tecniche di spettroscopia ad altissima risoluzione per studiare in dettaglio sia l'intensità che la morfologia delle eventuali righe spettrali, dalle quali si potrebbe derivare eventualmente anche l'intensità del campo elettrico e magnetico. Progetti del genere sono più che fattibili con la tecnologia che ci troviamo tuttoggi a disposizione, ma non vengono realizzati in quanto schedule osservative di questo tipo vengono considerate un progetto ad alto rischio. Analogamente, utilizzando i nuovi telescopi operanti nella banda infrarossa - come ad esempio il sofisticatissimo ed attuale telescopio spaziale Spitzer - potremmo permetterci di scoprire oggetti anomali che sarebbero altrimenti invisibili nella banda ottica. L'eccesso infrarosso previsto anche per questo tipo di oggetti è probabilmente la marcatura più importante che ci si aspetterebbe di rilevare. Oggetti del genere, anche se altamente assorbenti e schermati dalla luce del Sole, non riuscirebbero a schermare probabili effetti termici prodotti dai sistemi interni di sostentamento

² Il Parametro di Migrazione n_M è descritto dall'equazione:

$$n_M = 1 + f_x \prod_{n=1}^n \prod_{m=1}^m f_s^n m a_m [(m-1)a_m]^{n-1}$$

dove: f_x = frazione di civiltà tecnologiche in grado di effettuare colonizzazione; f_s = frazione di stelle con ambienti adatti per la colonizzazione; a_m = frazione di stelle che hanno m stelle vicine entro un raggio specificato; n = numero di "ondate" di colonizzazione.

energetico, cosa che darebbe luogo ad un'emissione infrarossa. Importantissima anche la banda radio. Se ad esempio utilizziamo un radiotelescopio come quello di Medicina in questo caso usato in trasmissione e non in ricezione, avremmo un efficiente sistema radar. In tal modo riusciremmo a determinare la velocità dell'oggetto, già identificato con tecniche ottiche e/o infrarosse a grande campo, con una precisione che va dai centimetri ai millimetri al secondo. Questo, unitamente ad altri parametri, ci permetterebbe di ricostruire l'orbita e/o la traiettoria dell'oggetto.

Se la strategia ASS del SETI nelle onde radio rivelasse segnali tipicamente "dopplerati" ma solo per breve tempo, ovvero segnali transienti, potrebbe essere che le coordinate dell'oggetto mutano, ovvero che l'oggetto si sta spostando velocemente nello spazio. L'indagine astrometrica rivelerebbe quello che verrebbe definito un "moto proprio" anomalo, tipico di oggetti relativamente vicini che si spostano velocemente oppure di oggetti relativamente lontani che si spostano a velocità (di natura non orbitale, ma traslatoria) vertiginosa. Oggetti di questo genere vengono sistematicamente esclusi dalle procedure classiche del SETI, poiché non provengono da un punto fisso della sfera celeste, ovvero da un pianeta che ruota attorno ad una stella che appare fissa per via della sua grande distanza. Supponiamo invece di scandagliare con un radiotelescopio - usato ovviamente, in questo caso, in ricezione - il cielo nell'intorno del punto diversi mesi dopo la detezione del segnale relativo all'oggetto anomalo, utilizzando una sfera di errore di qualche grado, e di ritrovare il segnale con la stessa morfologia con cui era stato rivelato la prima volta ma con coordinate leggermente diverse, allora avremmo la conferma che si tratta di un oggetto in forte moto traslatorio, del quale, confrontando tra loro le posizioni che l'oggetto aveva nel corso di osservazioni precedenti, potremmo ricostruirne la traiettoria, misurando sia la velocità che una eventuale accelerazione. Se supponiamo di osservare lo stesso oggetto con un sistema ad interferometria come ad esempio il VLBI, riusciremmo a raggiungere risoluzioni angolari fino al millesimo di secondo d'arco e oltre. Sappiamo infatti che la risoluzione angolare di qualunque radiotelescopio è data da $R \mu I / D$, dove I è la lunghezza d'onda di osservazione e D l'apertura dell'antenna utilizzata. In tal modo sapendo che $V_T \mu m \times d$, dove V_T è la velocità tangenziale [legata alla velocità radiale V_R e spaziale V_S dalla relazione: $V_T = (V_S^2 - V_R^2)^{1/2}$] misurata in centimetri al secondo con uno spettrometro multicanale, m il moto proprio (ovvero una misura angolare in secondi d'arco per anno) misurato con un sistema interferometrico, riusciremmo a calcolare "istante per istante" e con buona precisione la distanza d dell'oggetto anomalo. Il tutto usando le normali tecniche

astronomiche e avvalendoci di quanto di meglio della tecnologia di cui proprio oggi disponiamo.

Usando queste tecniche riusciremmo senza alcun dubbio ad incrementare la conoscenza del numero di intelligenze tecnologiche nella galassia, al fine di costruire una statistica ragionevolmente completa e veritiera. In tal modo saremmo effettivamente in grado di determinare il termine moltiplicativo costituito dal "Parametro di Migrazione" all'interno della Formula di Drake. Nell'ipotesi che di oggetti del genere ne trovassimo un numero ragionevole saremmo senza dubbio in grado di giungere ad una valutazione più realistica del numero delle civiltà galattiche: non solo quelle stanziali, ma anche quelle nomadi.

Qui sta il nocciolo sostanziale del problema metodologico: la completezza e non solo il criterio del Rasoio di Occam. Non ci sono allora dubbi che le procedure standard del SETI, per quanto rigorose e corrette che siano, possano peccare di un sostanziale fattore di incompletezza che al momento non siamo in grado di valutare, fino a che non ci decideremo a studiare con maggior dettaglio i segnali transienti che appaiono una volta e poi non riappaiono più, ammesso che si riesca ad eliminare tutti i fattori spurii (ovvero gli artefatti dell'elettronica, il passaggio di satelliti e/o detriti spaziali, o addirittura una frode perpetrata da hackers informatici: comunque, queste, cause di "rumore" sia interno che esterno) che possono determinare l'apparizione di tali segnali.

C'è comunque da dire che, una volta che questa ricerca possa permetterci di raccogliere molti dati di rilevanza statistica, finiremmo per prendere atto che i segnali che rileviamo non sono altro che un mero "effetto di selezione", ovvero un effetto causato sia dai segnali provenienti da pianeti che da oggetti artificiali in moto nello spazio. Non sono le intelligenze extraterrestri in senso lato che rileveremo, ma solo la frazione di esse che si trovano ad un particolare stadio evolutivo, che potrebbe essere molto simile al nostro se ci limitiamo alle civiltà stanziali e molto più avanzato del nostro se ci limitiamo alle civiltà nomadi.

9. Metodi esotici di comunicazione

L'evoluzione dell'intelligenza cosmica potrebbe non fermarsi alle sole convenzionali migrazioni, oppure potrebbe evitarle del tutto. La stessa crescita evolutiva, oppure una semplice scelta ad un certo punto del cammino che porti ad una biforcazione, potrebbe portare alcune civiltà ad essere in grado di manipolare agevolmente sia lo spazio che il tempo, e ben oltre.

Se con la tecnica astrofisica convenzionale non troveremo niente o quasi (né pianeti abitati né flussi migratori), allora da una parte ci sarà chi penserà che siamo soli nell'universo, e dall'altra chi, più acutamente, riterrà che l'era della comunicazione con le onde elettromagnetiche duri veramente molto poco nelle civiltà galattiche sia

stanziali che migratorie, e che invece ad un certo punto si debba innescare una specie di salto evolutivo che poi spingerebbe certe civiltà (embrionali come la nostra, oppure embrionali un po' più evolute ed in grado di migrare) ad utilizzare nuovi e più efficaci mezzi di comunicazione sulla base di meccanismi che solo da poco anche noi nella comunità dei fisici stiamo iniziando ad intuire. Questo nuovo concetto si basa sulla fisica del "campo del punto zero", secondo la quale, tra i tantissimi effetti paradossali che potrebbero essere prodotti, è in linea teorica possibile trasmettere, per risonanza con detto campo, "segnali" che non dipendono dalla distanza. Ciò significherebbe trasmettere informazioni che arriverebbero istantaneamente al ricevente. E la mente stessa, ovvero la "coscienza", eventualmente coadiuvata da macchine apposite, potrebbe sostituire gli spettrometri. Non è fantascienza anche se lo sembra veramente, ma solo una delle più importanti conseguenze dei paradossi della meccanica quantistica, che solo qualche fisico (inclusi prestigiosi fisici-matematici come il britannico Roger Penrose e lo statunitense Evan Harris Walker) sta cominciando a considerare da un decina d'anni, seppur partendo da assunti, per così dire, "canonici". La cosiddetta "coscienza" è un concetto puramente "spirituale" non descrivibile dalla scienza esatta oppure una descrizione quantistica e matematica della coscienza potrebbe mettere per sempre la parola fine al concetto di "religione" per lasciare il posto ad una sorta di "illuminismo espanso"? La chiave per arrivarci sta nello studiare l'interazione tra quella che noi chiamiamo "coscienza" e il binomio materia/energia, ma anche la stranissima non-dipendenza che sembra esistere tra la coscienza e sia lo spazio che il tempo: una fisica del tutto nuova, che però si sta sviluppando alacramente grazie al lavoro davvero pionieristico di grandi fisici teorici come Hal Puthoff del Centro di Studi Avanzati di Austin o del tecnologo Robert Jahn del PEAR Lab di Princeton, e di tutta una schiera di scienziati piuttosto determinati e coraggiosi che, in barba ad una conveniente e noiosa carriera burocratica nei loro istituti, stanno tentando, sia teoricamente che sperimentalmente, di comprendere il modo di imbrigliare la cosiddetta "energia di punto zero", sia per trovare nuovi metodi di propulsione che consentono spostamenti rapidi grazie alla manipolazione dello spazio-tempo³ sia per comprendere se e come la mente-

³ Da circa 10 anni la NASA ha messo in atto il "Breakthrough Propulsion Project", nell'ambito del quale si stanno studiando tutte le possibili tecniche in grado di permettere la cosiddetta "warppdrive". In base a questa tecnica che comporta la manipolazione dello spazio-tempo in vari modi (quantum tunneling, wormhole e altri) è in linea teorica possibile superare la velocità della luce. Nel 2004 per la prima volta lo US Army Research Laboratory ha finanziato uno studio di fisica teorica sul "teletrasporto", in vista di un possibile utilizzo futuro. Lo studio è stato condotto dal fisico teorico Eric Davis (<http://www.fas.org/sgp/eprint/teleport.pdf>).

coscienza possa essere in grado di stimolare fluttuazioni quantistiche che trasportino informazione istantanea in qualunque punto dell'Universo. Ciò starebbe alla base di un modello completamente "olografico" dell'Universo, già intuito 50 anni fa dal grande fisico quantistico britannico David Bohm, dove il vivente e il non-vivente non sono oggetti separati ma sono oggetti perennemente connessi, a qualunque distanza essi si trovino, attraverso il campo del punto zero, in un contesto in cui osservatore e osservato sono completamente interagenti.

Questa, ritengo con fermezza, sia la vera via (la via del futuro più o meno immediato) per "comunicare in tempo reale" con le civiltà galattiche realmente avanzate, ovvero quelle che chiamo "civiltà di livello superiore". Altrimenti, dovremo accontentarci di credere di essere soli, oppure di credere che seppur poche altre civiltà ancora al nostro stadio esistano e possano essere rilevate con le tecniche tradizionali del SETI, esse siano comunque irraggiungibili e non interfacciabili in tempo reale. Di una cosa si può essere certi: la storia ci insegna che la conoscenza nel senso più lato del termine non evolve per piccoli passi ma per rivoluzioni copernicane. E' successo in passato, succederà anche in futuro.

Referenze Bibliografiche Essenziali

1. Betinis, E.J. (1978), "On ETI Alien Probe Flux Density", *JBIS*, **31**, n. 2 pp. 217-221.
2. Bohm D. (1980), *Wholeness and Implicate Orders*, ed. Routledge & Kegan.
3. Cornet, B. & Stride, S. L. (2003), "Solar System SETI Using Radio Telescope Array", Contact in Context, *NIDS*, <http://cic.setileague.org/cic/v1i2/s3eti-ata.pdf>
4. *Optical SETI*, <http://seti.ssl.berkeley.edu/opticalseti/>
5. *SETI Institute*, <http://www.seti-inst.edu/>
6. *SETI Italia*, <http://www.seti-italia.cnr.it/>
7. Stride, S. L. (2001), "An Instrument-Based Method to Search for Extraterrestrial Interstellar Robotic Probes", *JBIS*, **54**, No. 1/2, p. 2.
8. Teodorani, M. (2001), "Instrumented Search for Exogenous Robotic Probes on Earth", Conf. Proc. on "First European Workshop on Exo/Astrobiology", 21-23 May 2001, ESRI, Frascati (Rome), Italy, *ESA SP-496*, pp. 379-381.
9. Teodorani, M. (2003) "SETV: Una Estensione del SETI?", SETI Italia, <http://www.seti-italia.cnr.it/Pagina%20Articoli/SETV.pdf>
10. Teodorani M. (2005) "An Alternative Method for the Scientific Search for Extraterrestrial Intelligent Life: "The Local SETI". (14 pagine). In: J. Seckbach (ed.) Book: *Life as We Know It*, Springer, COLE Books, Vol. 10. Accettato il 26 Dicembre 2004. In Stampa.
11. Teodorani M. (2005) "My Goal in SETI Research". Open SETI Initiative : http://www.zeitlin.net/OpenSETI/Docs/MT_OS.doc
12. *The Scientific Search for Extraterrestrial Intelligence* (2003), Astronomy Lectures, *Principia*, website, <http://www.gifford.co.uk/~principia/Lectures/SETILectures/index.htm>
13. Walters C., Hoover R. A., Kotra R. K. (1980) "Interstellar Colonization: A New Parameter for the Drake Equation?", *Icarus*, **41**, pp. 193-197.