

Navicelle a vela nello spazio profondo

di *Astro Calisi*

Alcuni mesi fa, per l'esattezza il 12 aprile scorso, è stato presentato il progetto *Breakthrough Starshot*, un programma spaziale che si propone di inviare una flotta di un migliaio di navicelle verso Alpha Centauri, la stella a noi più vicina (in realtà un sistema composto da ben tre stelle). Le navicelle, del peso di pochi grammi ciascuna, verrebbero spinte dalla "pressione della luce" prodotta da potentissimi raggi laser indirizzati dalla Terra. Ciò permetterebbe di raggiungere una velocità di 1/5 di quella della luce in circa 10 minuti, così da poter coprire la distanza che ci separa da Alpha Centauri – poco più di 4 anni luce (circa 40.000 miliardi di Km) – in una ventina di anni. Una volta giunti nei pressi del sistema, le navicelle raccoglierebbero dati sulle stelle che lo compongono e sui pianeti che orbitano attorno a esse (1), scattando anche foto da distanza ravvicinata, inviando poi il tutto sulla Terra per mezzo di segnali radio.

Uno dei principali sostenitori del progetto è lo scienziato Stephen Hawking, secondo il quale "entro una generazione" disporremo di tutte le conoscenze e le risorse tecniche per realizzarlo. Questa certezza si basa sostanzialmente sulla cosiddetta "legge di Moore", estesa per l'occasione all'intero campo della tecnologia. Secondo tale legge, la potenza dei microprocessori e dei chip di memoria raddoppia mediamente ogni 18 mesi, mentre si riducono all'incirca nella stessa proporzione i costi di produzione. Quindi la previsione non si basa su traguardi tecnici già raggiunti, ma su quelli che si presume di raggiungere se il progresso proseguirà con gli stessi ritmi attuali.

Altri personaggi famosi coinvolti, a vario titolo, nel progetto, del costo stimato attorno ai 5/10 miliardi di dollari: Pete Worden, posto a capo del progetto; il magnate russo Yuri Milner, che si è impegnato a versare 100 milioni di dollari per la prima fase di ricerca e sviluppo; Mark Zuckerberg, il fondatore di *Facebook*; ci sono anche astronomi del calibro di Saul Perlmutter, premio Nobel per la fisica nel 2011, e Avi Loeb, di Harvard, nonché il matematico Freeman Dyson.

Sul sito di progetto, *Break through initiatives* (<https://breakthroughinitiatives.org/Initiative/3>), oltre ai pericoli a cui saranno esposte le navicelle nel loro lungo viaggio quali, ad esempio, quelli dovuti all'attraversamento di nubi di polvere interstellare o a possibili urti con microparticelle, che provocherebbero la distruzione quasi certa delle navicelle, vengono descritti altri importanti problemi da risolvere per poter dare attuazione concreta al progetto.

Leggendo le sintetiche descrizioni di questi problemi e delle modalità con cui ci si propone di superarli, si ha la netta impressione che gli entusiastici sostenitori del progetto si siano fermati a un livello piuttosto superficiale nell'esame delle difficoltà da affrontare, concentrandosi piuttosto sugli aspetti più spettacolari del progetto, quelli che colpiscono maggiormente l'immaginazione dell'opinione pubblica. Ci sono problemi – a mio avviso – molto importanti che non vengono minimamente presi in considerazione. Inoltre, pare che non ci si accorga di quanto siano limitati i contributi alla conoscenza che questo progetto sarà in grado di offrire.

Di tutti questi aspetti cercherò di occuparmi nelle pagine che seguono, avendo come riferimento ciò che viene riportato nel sito di progetto, segnalandone le criticità e le omissioni, aggiungendo, qua e là, osservazioni e suggerimenti personali.

Per comodità di esposizione, procederò per punti:

1) Come impedire che l'enorme energia del raggio laser, ipotizzata dell'ordine di 1 Gw, indirizzata su una vela delle dimensioni di 4x4 metri, la danneggi? Sul sito viene calcolato che se si facesse in modo che la vela assorba soltanto 1/100.000 dell'energia che la colpisce, essa verrebbe riscaldata da circa 60 Kw/m², cioè 60

volte l'illuminazione solare: un'energia molto grande ma non ancora sufficiente a fondere la vela. D'altra parte, si osserva che sono in fase di sperimentazione speciali *specchi dielettrici*, dotati di una capacità di riflessione molto superiore.

Bisognerà comunque fare in modo che la superficie riflettente sia assolutamente omogenea: anche la più piccola imperfezione o irregolarità avrebbe come risultato il danneggiamento della vela.

2) Come rendere la struttura delle vele e i loro ancoraggi alle navicelle abbastanza resistenti da sopportare l'enorme sollecitazione a cui essi verranno sottoposti nella fase di lancio? Infatti, considerando una durata di 10 minuti, per raggiungere una velocità pari a 1/5 di quella della luce, sarà necessaria un'accelerazione pari a 100 Km/sec^2 , vale a dire un'accelerazione 10.000 volte superiore a quella della gravità terrestre.

Ipotizzando che il peso di ogni navicella sia di 10 grammi sulla Terra, Nella fase di lancio, esse graverebbero sulle vele e sugli ancoraggi con ben 100 Kg. Tutto ciò, ammesso che non danneggi le navicelle, è difficile che non abbia ripercussioni in termini di deformazione delle vele e quindi di deviazioni dalle traiettorie previste. Nel sito si parla della possibilità di compensare le deformazioni provocate dalle sollecitazioni meccaniche utilizzando composti di grafene, i quali hanno mostrato la proprietà di modificare le loro dimensioni in base alla tensione applicata.

Non possiedo nozioni specifiche sufficienti per poter valutare l'efficacia di questa soluzione; essa mi sembra comunque piuttosto problematica.

3) Problema del corretto posizionamento delle navicelle rispetto ai raggi laser al momento di ricevere la spinta.

Ci sono diversi aspetti da considerare.

a) Un primo aspetto è costituito dalla necessità di far assumere alle navicelle il corretto orientamento rispetto alla batteria di laser posizionata sulla superficie terrestre. Secondo il progetto, le navicelle dovrebbero essere portate in un'orbita a 60.000 Km dalla Terra da un apposito vettore, per venir poi rilasciate. A quel punto, ogni navicella aprirà la propria vela, rimanendo in attesa di essere proiettata verso Alpha Centauri. Ma, muovendosi liberamente nello spazio, nulla impedisce loro di ruotare su se stesse, assumendo le posizioni più varie rispetto alla Terra. Potrebbe addirittura capitare che al momento di ricevere la spinta laser, qualcuna di esse si trovi capovolta, cioè con la vela rivolta verso il basso. Comunque, qualsiasi orientamento diverso rispetto alla posizione ottimale, rappresentata dalla navicella con la vela che punta direttamente verso lo spazio, in direzione di Alpha Centauri, comporterebbe delle oscillazioni che potrebbero avere delle ripercussioni negative sulla traiettoria finale impressa alla navicella.

b) Affinché la rotta seguita dalla navicella sia quella corretta è necessario che, al momento del lancio, ogni navicella si trovi a intersecare la direttrice che, idealmente, congiunge il proprio cannone laser ad Alpha Centauri. Ogni minimo scostamento rispetto a tale punto, si tradurrebbe infatti in una deviazione rispetto alla posizione prevista al termine del viaggio di più di 600.000 Km (quasi il doppio della distanza Terra-Luna) per ogni metro iniziale.

Una delle condizioni richieste sarà quindi che l'orbita impressa alle navicelle dal vettore passi per il punto stabilito con assoluta precisione, oltre che, naturalmente, che il raggio laser venga attivato esattamente in corrispondenza di quel punto (anzi 0,2 secondi prima, per dare tempo al raggio di coprire la distanza che separa i cannoni dalla navicella).

c) Nel progetto si parla della fase di lancio come se essa avvenisse da una posizione ben definita e stabile. Per usare un'immagine sportiva, è come se si considerasse un giocatore di golf immobile davanti a una pallina da mandare direttamente in una buca, posta a grande distanza.

Nel caso delle navicelle ci troviamo di fronte a una condizione assai differente. Infatti, abbiamo che la Terra, dove sono collocati i cannoni laser, si muove per effetto della rotazione attorno al proprio asse, facendo compiere a ogni punto della sua superficie, nei 10 minuti previsti per la fase di lancio, un arco che sottende un angolo di ben $2,5^\circ$.

Per tornare alla nostra metafora sportiva, è come se un giocatore di golf, in corsa perpendicolarmente rispetto alla direttrice che conduce in buca, dovesse colpire una pallina, anch'essa in movimento, con l'aggravante che il colpo si protrae per ben 10 minuti, durante i quali il giocatore continua la sua corsa.

Anche se si può presumere che la quantità di moto posseduta dalla navicella per effetto del suo movimento orbitale venga del tutto neutralizzata dall'enorme potenza di spinta del raggio laser, lo spostamento della superficie terrestre, con annessi cannoni laser, prosegue durante i 10 minuti del lancio, comportando una notevolissima modificazione dell'angolo con cui il raggio laser colpisce la navicella.

Qualcuno potrebbe suggerire di superare questo problema posizionando le batterie dei laser esattamente al polo sud, in modo da poter compensare il movimento della Terra con una lieve rotazione dei puntatori laser. Ma, in tal caso, bisognerebbe costruire l'enorme struttura adibita al lancio delle navicelle in luoghi estremamente inospitali e difficili da raggiungere. Inoltre, si porrebbe il problema dell'alimentazione delle apparecchiature: essendo fuori discussione realizzare nelle vicinanze nuove centrali elettriche capaci di fornire l'energia necessaria (che si stima pari a quella di 100 centrali nucleari di medie dimensioni), bisognerebbe costruire decine di migliaia di Km di elettrodotti per il trasporto dell'elettricità prodotta da centrali già esistenti.

Si tratta di un problema molto serio, che viene completamente ignorato nel sito di progetto, essendo oltretutto scarsamente credibile l'ipotesi, a cui si accenna sul sito stesso, di poter correggere la rotta delle navicelle successivamente alla fase di lancio. Infatti, dovendo il peso delle navicelle essere molto contenuto (dell'ordine dei 10 grammi), la quantità di carburante trasportato per alimentare eventuali micro-propulsori non potrebbe ragionevolmente superare i $2/3$ grammi.

Quando si ha a che fare con grandezze molto grandi, o molto piccole, oppure con situazioni eccessivamente lontane dalla nostra esperienza ordinaria, a volte non ci si rende conto di tutte le implicazioni. Nel caso delle navicelle, abbiamo che ognuna di esse peserebbe – come si è visto – intorno ai 10 grammi, all'incirca quanto un comune proiettile di pistola, che viaggia mediamente tra i 250 e i 400 m/sec. Se è difficile immaginare di poter deviare di una entità apprezzabile la traiettoria di un proiettile durante la sua corsa per mezzo di microscopici propulsori laterali, ben più difficile sarà farlo con navicelle che viaggiano circa 200 mila volte più veloci, con un'energia cinetica 40 miliardi di volte superiore.

I numeri non riescono a rendere bene l'entità di questa differenza. Ebbene, si pensi allora che tale energia equivale a quella di un proiettile di pistola che viaggia a 300 m/sec, ma del peso di 400 mila tonnellate!

4) Problema della *divergenza angolare* del raggio laser, cioè dell'angolo con cui un raggio laser devia dal parallelismo perfetto. I raggi laser, essendo costituiti da luce monocromatica, sono assai meno soggetti alla dispersione, rispetto alla luce ordinaria: possono perciò venir concentrati in pennelli molto sottili. Solitamente, a seconda dei materiali e delle tecniche utilizzate per produrre il raggio, la divergenza angolare è compresa tra i 0,2 e i 0,8 milliradiani, corrispondenti a una deviazione di 0,2-0,8 mm per ogni metro percorso dal raggio.

Supponiamo di poter ridurre, con opportuni accorgimenti, l'angolo di divergenza a 0,001 milliradiani. In tal caso, alla distanza di 100 Km. Il diametro del raggio sarebbe di appena 10 cm. Sembra una divergenza molto piccola, ma già alla distanza di 384.000 Km (pari a quella che separa la Luna dalla Terra) il diametro avrebbe raggiunto una dimensione di 384 metri.

Alla massima distanza raggiunta dal raggio laser durante la fase di spinta delle navicelle (circa 18 milioni di Km), il diametro del raggio sarebbe diventato di 18 Km, corrispondente a una superficie radiante

di circa 250 Km². Una vela delle dimensioni di 4x4 metri (16 m²) riceverebbe di conseguenza una frazione estremamente ridotta dell'energia irradiata complessivamente dal laser.

Sul sito di progetto si ipotizza di ridurre ulteriormente l'angolo di divergenza. A questo punto, però, sorgerebbero altri problemi. Supponiamo per semplicità di poter stabilire a piacimento l'angolo di divergenza: se prendessimo come riferimento l'istante della partenza (a 60.000 Km dalla Terra) e si facesse in modo che il raggio corrisponda esattamente alla superficie della vela, nella fase finale della spinta (a circa 18 milioni di Km di distanza) esso avrebbe assunto un diametro di 1,2 Km, con una notevole riduzione di potere di spinta. Se facessimo l'opposto, cioè si assumesse come riferimento la massima distanza da raggiungere, avremo che alla partenza, la vela verrebbe raggiunta da un raggio laser del diametro di appena 1 cm. Ciò significherebbe che l'intera potenza irradiata (e la relativa sollecitazione meccanica) si concentrerebbe su una superficie molto ristretta: la vela probabilmente si fonderebbe o, comunque, si deformerebbe gravemente per effetto della sollecitazione, compromettendo il corretto indirizzamento della navicella verso il suo obiettivo.

5) Quando le navicelle giungeranno nei pressi di Alpha Centauri, la pressione della luce proveniente dal sistema, per giunta resa più potente dallo spostamento della luce verso il violetto per via dell'elevata velocità di avvicinamento, spingerà le vele a posizionarsi in direzione della Terra, formando una sorta di schermo per le comunicazioni in partenza dalla navicella.

Questo inconveniente potrebbe essere evitato sganciando le vele non appena terminata la fase di lancio, anche se ciò non sarà senza problemi: il dispositivo di sganciamento dovrà essere costruito in modo da sopportare l'elevato peso delle navicelle (100 Kg) durante il lancio.

6) Problema della potenza dei trasmettitori radio.

40.000 mila miliardi di Km corrispondono a 7.000 volte la massima distanza mai raggiunta da una navicella spaziale terrestre. Per un segnale radio, significa ridurre di circa 50 milioni di volte la sua potenza ricevuta dalla Terra. La sensibilità di un qualsiasi ricevitore radio non può essere accresciuta all'infinito. Essa raggiunge il suo limite quando il segnale è talmente debole da confondersi con il rumore di fondo prodotto dall'apparecchio stesso. Ci sono fondati motivi per ritenere che un segnale radio proveniente da una simile distanza, tenendo conto delle ridotte dimensioni delle batterie che alimentano il trasmettitore, venga a trovarsi ampiamente al di sotto di tale limite.

Questo problema va adeguatamente approfondito, poiché non avrebbe senso lanciare navicelle che riescono tra mille difficoltà, a giungere a destinazione, compiendo i relativi rilievi, e poi non riuscire a ricevere i loro messaggi per via della scarsa potenza dei loro trasmettitori.

7) Le navicelle sopravvissute al lungo viaggio e che seguono la rotta prevista – dopo che alcune di esse sono rimaste danneggiate al momento del lancio, altre si sono scontrate con oggetti vaganti nello spazio o hanno comunque subito guasti alle loro apparecchiature, altre ancora sono andate disperse in zone dello spazio non utili al progetto – dovrebbero raccogliere dati e scattare foto una volta giunti nelle vicinanze di Alpha Centauri. Tuttavia, alla velocità di 60.000 Km/sec, i tempi disponibili per l'osservazione da distanza ravvicinata sarebbero ridottissimi.

Basti pensare che la sonda *New Horizon*, che nel 2015 ha raccolto dati su Plutone e ha scattato foto molto dettagliate della sua superficie, viaggiava a soli 16 Km/sec e si è avvicinata fino a 12.000 Km dal pianeta. Le navicelle del progetto *Breakthrough Starshot*, in ragione dell'altissima velocità loro impressa, coprirebbero invece una distanza pari a quella Terra-Luna in appena 6 secondi. Se si considera anche le difficoltà di mettere a fuoco oggetti che cambiano continuamente dimensioni e angolatura e, che per le loro ridottissime dimensioni, gli obiettivi delle telecamere avranno una scarsa capacità di ingrandimento, si capisce facilmente che le foto scattate saranno pochissime e di qualità assai scadente.

Del resto, a una velocità di 1/5 di quella della luce non è minimamente pensabile di collocare le navicelle in orbita a una delle stelle del sistema o, addirittura, attorno ai loro pianeti.

Queste ultime considerazioni ci danno la reale misura dei risultati che, anche nel migliore dei casi, si possono ragionevolmente attendere dalla realizzazione del progetto.

La verità è che si tratta di una impresa che, nonostante la sua assoluta novità, non promette un significativo accrescimento delle nostre conoscenze. Da questo punto di vista, sicuramente altri progetti già realizzati, come il citato *New Horizon*, per l'osservazione ravvicinata di Plutone, o quello che ha inviato su Marte il rover *Opportunity* per osservare e analizzare la superficie di Marte, o la missione *Rosetta*, che ha comportato l'incontro ravvicinato con una cometa – per citarne solo alcuni – hanno contribuito molto di più ad accrescere le nostre conoscenze spaziali di quanto potrà fare il *Breakthrough Starshot*. Ciò, tenendo conto degli enormi costi da sostenere e delle numerose incognite che gravano sulla sua riuscita, rende più che lecito sollevare dubbi sull'opportunità di proseguire sulla strada della sua realizzazione.

La mia opinione è che le risorse previste per questo progetto potrebbero essere utilizzate assai più proficuamente per altre imprese spaziali meno velleitarie e con maggiori ricadute positive sulla vita degli uomini. Penso a progetti ormai quasi alla nostra portata, come la costruzione di insediamenti stabili dell'uomo sulla Luna e su Marte, che potranno essere seguiti a breve dall'esplorazione dettagliata, mediante sonde robotizzate, della superficie degli asteroidi maggiori compresi tra le orbite di Marte e Giove e dei satelliti dello stesso Giove.

Lo sfruttamento di probabili giacimenti di minerali preziosi e la gestione di servizi legati alla colonizzazione dello spazio, oltre che richiedere uno sforzo scientifico e tecnologico di notevole entità, e quindi costituire un fattore di progresso, potrebbero contribuire non poco ad allentare i conflitti che ancora coinvolgono grandi masse di persone. Infatti, spostando progressivamente l'attenzione "predatoria" di grandi gruppi economici e di governi dalla superficie della Terra allo spazio circostante, avrebbe come effetto quello di ridurre uno dei principali motivi alla base delle tensioni e delle guerre che affliggono il nostro pianeta.

NOTA

(1) Dal 2012 sappiamo che una delle due stelle del sistema principale possiede un pianeta , α Centauri Bb; mentre proprio in questi giorni è stata data ufficialmente la notizia dell'esistenza di un altro pianeta, orbitante attorno a Proxima Centauri, la terza stella del sistema, che dista quasi 2.000 miliardi di Km dalla coppia principale.