

Leonardo Castellani
Giulia Alice Fornaro

Teletrasporto

Dalla fantascienza alla realtà

*i*blu



Springer

***i*blu** pagine di scienza

Leonardo Castellani
Giulia Alice Fornaro

Teletrasporto

Dalla fantascienza alla realtà



Springer

LEONARDO CASTELLANI
GIULIA ALICE FORNARO
Dipartimento di Scienze e Tecnologie avanzate
Università del Piemonte Orientale, Alessandria

Collana *i blu* - pagine di scienza ideata e curata da Marina Forlizzi

ISBN 978-88-470-1613-2
DOI 10.1007/978-88-470-1614-9

ISBN 978-88-470-1614-9 (eBook)

© Springer-Verlag Italia 2011



Questo libro è stampato su carta FSC amica delle foreste. Il logo FSC identifica prodotti che contengono carta proveniente da foreste gestite secondo i rigorosi standard ambientali, economici e sociali definiti dal Forest Stewardship Council

Quest'opera è protetta dalla legge sul diritto d'autore, e la sua riproduzione è ammessa solo ed esclusivamente nei limiti stabiliti dalla stessa. Le fotocopie per uso personale possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni per uso non personale e/o oltre il limite del 15% potranno avvenire solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, Corso di Porta Romana n. 108, Milano 20122, e-mail segreteria@aidro.org e sito web www.aidro.org.

Tutti i diritti, in particolare quelli relativi alla traduzione, alla ristampa, all'utilizzo di illustrazioni e tabelle, alla citazione orale, alla trasmissione radiofonica o televisiva, alla registrazione su microfilm o in database, o alla riproduzione in qualsiasi altra forma (stampata o elettronica) rimangono riservati anche nel caso di utilizzo parziale. La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge.

L'editore è a disposizione degli aventi diritto per quanto riguarda le fonti che non è riuscito a contattare.

Coordinamento editoriale: Pierpaolo Riva
Layout copertina: Valentina Greco, Milano
Progetto grafico e impaginazione: Valentina Greco, Milano
Stampa: GECA Industrie Grafiche, Cesano Boscone (MI)

Stampato in Italia

Springer-Verlag Italia S.r.l., via Decembrio 28, I-20137 Milano
Springer-Verlag fa parte di Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Prefazione

Dopo i grandi libri di testimonianza sullo sterminio degli ebrei ad opera dei nazisti (*Se questo è un uomo*, *La Tregua*), nel 1966 Primo Levi esordì come narratore “puro” con una raccolta di racconti intitolata *Storie naturali* e firmata con lo pseudonimo di Damiano Malabaila. In prima approssimazione potremmo classificarlo come un libro di fantascienza. In realtà si tratta di ben altro. Il pretesto dei quindici racconti è di solito una trovata tecnologica avveniristica. Ma Primo Levi dà il pretesto per scontato e la fantascienza si ferma lì. Ciò che gli interessa è creare situazioni paradossali, costruire storie filosofiche e mostrare l’ambiguità di certi progressi tecnologici quando vengono adottati in modo acritico. Il tutto esercitando il suo speciale umorismo, tanto più efficace quanto più dissimulato.

Alcune applicazioni del Mimete è una di queste “storie naturali” che naturali non sono per niente. Che cosa sia il “Mimete” Primo Levi lo spiega nel racconto precedente: è una macchina per duplicare oggetti, una specie di fotocopiatrice tridimensionale. La duplicazione avviene dentro una scatola sigillata attingendo i materiali necessari da un “pabulum”, letteralmente “pascolo”, “cibo”, “nutrimento”, una sostanza informe che contiene, per così dire, tutte le sostanze esistenti o anche solo possibili.

Bene. Gilberto si procura un Mimete di grandi dimensioni e lo usa per duplicare sua moglie Emma. L’operazione riesce perfettamente. Le due donne sono indistinguibili, al punto che Gilberto per non sbagliarsi deve contrassegnare Emma II con un nastro bianco tra i capelli “che le conferiva un aspetto vagamente mona-

cale". Ma, benché identiche, con il passare dei giorni, originale e fotocopia un po' per volta incominciano a differenziarsi, a divergere. Per esempio Emma II si prende un raffreddore. La cosa grave è che Gilberto impercettibilmente si allontana da Emma I per affezionarsi a Emma II. Come è facile capire, la questione si fa seria. Gilberto però ne esce con un colpo di genio: duplica se stesso, dà come compagno a Emma I la propria fotocopia e lui si unisce felicemente a Emma II.

Quasi mezzo secolo fa questo racconto di Primo Levi sollevava uno dei problemi del teletrasporto: non basta riprodurre a distanza un oggetto (o se volete una persona: tanto fantasticare è gratuito!). Perché non si tratti di semplice (semplice?) duplicazione ma di teletrasporto autentico, non deve rimanere traccia dell'originale. Il nuovo originale – paradossalmente – sarà la copia, perché le particelle elementari sono tutte identiche e il teletrasporto non presuppone lo spostamento a distanza di materia, ma soltanto delle informazioni necessarie per assemblare altra materia nel luogo di arrivo. Materia che sarà un insieme di particelle corrispondente al "pabulum" informe immaginato dallo scrittore torinese.

La cosa straordinaria è che il teletrasporto – anticipato in modo sottile da Primo Levi e più grossolano da altri scrittori, incluso Gene Roddenberry, ideatore della serie di *Star Trek* – è davvero scientificamente possibile. Anzi è già realtà. Il segreto sta nel fenomeno quantistico dell'*entanglement*, che possiamo tradurre come "intreccio" o correlazione tra particelle, anche lontane tra loro. Senza entrare in particolari che questo libro spiega molto bene grazie alla collaborazione tra Leonardo Castellani, fisico teorico, e Giulia Alice Fornaro, una sua allieva interessata alla divulgazione scientifica, succede che in determinate condizioni diventi possibile generare particelle (fotoni, elettroni, protoni o anche nuclei atomici) che condividono una stessa proprietà (per esempio la polarizzazione o lo spin) in modo correlato. È questa proprietà l'"informazione" che caratterizza la particella, e che viene teletrasportata sulla "rotaia" della correlazione.

Nel Capitolo 1 gli autori provano a calcolare quante informazioni bisognerebbe trasferire per riprodurre una persona un po' come fa il "Mimete" immaginato da Primo Levi. L'esito è desolante. Poiché siamo costituiti da circa 10^{28} atomi, ognuno dei quali per essere descritto richiede un centinaio di bit, bisognerebbe rilevare,

memorizzare e riprodurre 10^{30} bit. Per processarli, il più potente calcolatore attuale impiegherebbe un tempo 200 volte più lungo di quello trascorso dal Big Bang ad oggi. No, non c'è speranza per il teletrasporto su scala macroscopica alla Primo Levi o alla *Star Trek*, e quindi non dobbiamo preoccuparci di eventuali duplicazioni nel caso che qualcosa vada storto.

Tuttavia su scala microscopica, il teletrasporto è stato realizzato in laboratorio e anche fuori: nel 2004, leggerete in questo libro, il gruppo del fisico austriaco Anton Zeilinger è riuscito a teletrasportare lo stato di alcuni fotoni a 600 metri scavalcando il Danubio. E nel 2010 un gruppo di fisici cinesi ha raggiunto la distanza di 16 chilometri aprendo un canale quantistico attraverso l'atmosfera: il che fa pensare che si potrebbe teletrasportare anche dalla superficie del pianeta Terra verso altri pianeti.

Sono esperimenti affascinanti, ma ancora una volta la loro importanza non consiste nel vederli come primi passi di un traguardo macroscopico che probabilmente non sarà mai raggiungibile (e forse è meglio così). L'importanza di queste ricerche sta nel fatto che le loro applicazioni potranno presto diventare molto concrete: calcolatori quantistici ultrapotenti, tecniche per criptare messaggi a prova di qualsiasi tentativo di decifrazione (cosa interessante anche per la nostra carta di credito), memorie quantistiche, elaborazione di immagini "fantasma", orologi atomici mille volte più precisi di quelli dell'attuale generazione.

Ormai dovremmo saperlo: il bello della ricerca dipende in buona parte dall'imprevedibilità dei suoi sbocchi. Dunque, leggendo queste pagine, impareremo qualcosa del nostro futuro. In modo semplice, ma anche con qualche formula e un po' di matematica quando serve. I concetti fondamentali del teletrasporto, comunque, possono anche farne a meno: passano benissimo attraverso piccoli disegni disseminati nel testo e i tanti esempi che hanno come protagonisti Bob e Alice. Sì, Alice, un nome che non a caso si abbina al "paese delle meraviglie".

Torino, gennaio 2011

Piero Bianucci

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1 Il teletrasporto nella fantascienza	5
Capitolo 2 Il mondo al microscopio	31
Capitolo 3 Le regole del gioco	45
Capitolo 4 <i>Entanglement</i>: un sorprendente intreccio	71
Capitolo 5 Crittografia e crittoanalisi: una lotta eterna?	117
Capitolo 6 Calcolatori quantistici: la rivoluzione è alle porte	143
Capitolo 7 Il teletrasporto nella realtà	181
Capitolo 8 ... e non solo il teletrasporto	197
Bibliografia	219

Introduzione

Attraversare una porta e trovarsi istantaneamente in un altro luogo, anche molto distante... un bel sogno!

Tutti lo abbiamo desiderato, bloccati nel traffico o nella coda di un interminabile check-in. Non mancano scrittori e registi che hanno dato sostanza visiva a questo sogno, e hanno reso quasi familiare l'idea del teletrasporto. Ma la scienza e la tecnologia possono farci passare dalla fantasia alla realtà? È possibile, oggi o in un domani non troppo lontano, il teletrasporto?

Ebbene il teletrasporto di sistemi *microscopici* è già una realtà, ed è questa realtà che ci proponiamo di esplorare. Nel nostro percorso parleremo anche della scienza della segretezza e dei messaggi cifrati, e delle nuove tecnologie per i calcolatori del futuro. Il filo rosso che collega questi argomenti è il cosiddetto *entanglement* o *intreccio quantistico*, una caratteristica fondamentale della fisica che descrive i sistemi microscopici.

Cercheremo di fornire al lettore gli attrezzi necessari per questa esplorazione. La fisica quantistica evoca teorie difficili, lontane dal senso comune, roba da "addetti ai lavori". Chissà poi quanta astrusa matematica! Riteniamo invece che i fondamenti e i concetti essenziali della fisica microscopica siano molto accessibili: perfino la matematica necessaria si riduce all'aritmetica elementare e alla manipolazione di oggetti appena più complicati dei numeri usuali.

Non ci accontentiamo quindi di un'esposizione solo descrittiva. Invitiamo il lettore a riprodurre lui stesso i risultati e a provare la stessa emozione dei fisici che per primi hanno gettato le basi della conoscenza del mondo microscopico.

Nel Capitolo 1 introduciamo il tema del teletrasporto così come viene trattato nei racconti e film di fantascienza, e ne rileviamo alcuni aspetti paradossali.

Nel Capitolo 2 si passano in rassegna le caratteristiche peculiari del mondo a scala microscopica, descritte dalla fisica quantistica.

Nel Capitolo 3 si forniscono tre regole per “giocare” con le particelle e dedurre il loro comportamento.

Nel Capitolo 4 s’incontra l’*entanglement*, una correlazione tra particelle anche distanti che è conseguenza inevitabile delle tre regole del gioco quantistico. Nel corso del capitolo si discute del “paradosso” di Einstein, Podolsky e Rosen, delle teorie con variabili nascoste e della disuguaglianza di Bell. Infine s’illustrano le verifiche sperimentali dell’*entanglement*.

Nel Capitolo 5, dopo una breve storia della crittografia classica e dei suoi limiti, si dimostra come la crittografia quantistica offra la segretezza assoluta.

Nel Capitolo 6 si rende esplicito il funzionamento dei calcolatori quantistici, se ne discutono le potenzialità e i limiti attuali, e le difficoltà da superare nella loro realizzazione pratica.

Nel Capitolo 7 finalmente si descrive il teletrasporto nella realtà sperimentale, basato sull’*entanglement* di fotoni.

Nel Capitolo 8 si parla di altre recenti applicazioni delle proprietà della materia a scala microscopica: memorie quantistiche ad accesso casuale (qRAM), tecnologie che utilizzano l’*entanglement* per produrre immagini “fantasma” o ad alta risoluzione, e orologi atomici ancora più precisi.

Ringraziamenti

Il nostro primo ringraziamento va a Piero Bianucci e Marina Forlizzi che hanno suggerito e poi incoraggiato la realizzazione di questo libro. Ringraziamo il gruppo di ottica quantistica dell’INRiM di Torino diretto da Marco Genovese, gruppo di ricerca esemplare per competenza ed entusiasmo. In particolare ringraziamo Alice Meda e Ivano Ruo Berchera per molteplici indicazioni e chiarimenti. Ringraziamo anche Marco Gramegna per le sue spiegazioni sugli aspetti sperimentali della realizzazione ottica di crittografia e computazione quantistica. Grazie anche a Salvatore Micalizio del

gruppo “tempo e frequenza” dell’INRiM per l’impegno speso a chiarirci le idee sugli orologi atomici. Un grazie a Valeria Magnelli, docente di neurofisiologia, per una sua gentile consulenza riguardo alcuni dati del primo capitolo. Grazie anche a Marina Gherardi e Tiziana Cibirin della videoteca “King Club Video” in Alessandria per la gentile disponibilità con la quale ci hanno consigliato e fornito la filmografia per il primo capitolo. Infine siamo grati a Pierpaolo Riva e allo staff tecnico di Springer Italia per l’accurato e paziente lavoro di fotocomposizione del testo.

Capitolo 1

Il teletrasporto nella fantascienza

La fantascienza di oggi è spesso la realtà scientifica di domani. [...] Limitare la nostra attenzione a questioni terrestri equivarrebbe a limitare lo spirito umano.

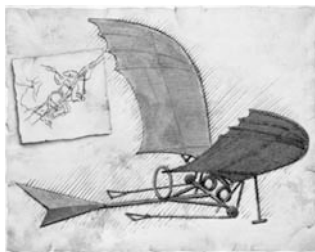
Stephen Hawking

Uno dei piaceri della fantascienza (è che) dà alla gente la possibilità di volare sulle astronavi prima che queste siano inventate, usare strani congegni non ancora scoperti, incontrare persone affascinanti non ancora nate.

Harry Harrison

A cosa pensate quando sentite la parola teletrasporto?

La gente del tempo di Leonardo da Vinci probabilmente lo prese per matto quando, nel 1486, sperimentava la possibilità del volo umano dopo aver fatto studi approfonditi sul volo degli uccelli e aver suggerito dei prototipi di ali umane. Eppure poco più di quattrocento anni dopo, nel 1903, un aliante con due eliche e un motore a benzina ideato e costruito dai fratelli Wright si sollevò da terra per dodici secondi sulla spiaggia di Kitty Hawk, nel Nord Carolina. Oggi l'aereo è il più veloce mezzo di trasporto per persone e merci in tutto il mondo.



Un progetto di aereo di Leonardo da Vinci e il Kitty Hawk dei fratelli Wright

Altrettanto bizzarra dovette sembrare agli uomini di metà '800 l'idea della telegrafia senza fili esposta dallo scienziato napoletano Francesco Sponzilli in un articolo degli *Annali delle opere pubbliche e dell'architettura*. Quarant'anni dopo Guglielmo Marconi venne celebrato in tutto il mondo per aver realizzato la prima comunicazione radio transatlantica su una distanza di duemila miglia. Le applicazioni delle onde radio sono oggi molteplici e diffusissime: vanno dalla radaristica alla radioastronomia, dalla televisione alla telefonia mobile.

Si potrebbero citare molte altre invenzioni e tecnologie che dall'essere solo frutto d'immaginazione o desiderio sono diventate non solo realtà (come la missione Apollo per l'esplorazione lunare) ma anche parte integrante del nostro quotidiano.

Cosa direbbe oggi una persona di buon senso se qualcuno annunciasse che il teletrasporto è realizzabile? Probabilmente scoppierebbe in una sonora risata.

Un utente di *Second Life*, l'ambiente virtuale multi-utente che conta a oggi milioni di iscritti, forse sarebbe felice di utilizzare nella vita reale un modo di spostarsi che usa abitualmente nella sua vita virtuale.

Un appassionato di *Star Trek* invece, sognando già di viaggiare nell'universo di pianeta in pianeta, esclamerebbe "magari fosse vero!"

Ma quale idea di teletrasporto ci hanno trasmesso la letteratura e la cinematografia?

Probabilmente l'idea che ha ognuno di noi sul meccanismo del teletrasporto è la seguente: *scomparsa di un oggetto da un luogo e simultanea ricomparsa del medesimo oggetto in un altro luogo dello spazio*; in pratica un trasferimento immediato senza moto intermedio. L'idea è che un oggetto venga scomposto in uno stato di

energia o qualcosa di simile che viene poi inviato da un posto all'altro insieme alle istruzioni necessarie per ricostruirlo.

In altri termini si potrebbe pensare al teletrasporto come una tecnologia che mette insieme un trasporto "veloce" (ben più del più moderno aereo!) con una comunicazione presumibilmente "senza fili" di (molte) informazioni. Ma allora le conclusioni sembrano ovvie: potremmo far notare a quel signore di "buon senso" che se l'uomo è riuscito a volare ed è riuscito a trasmettere informazioni attraverso l'etere, perché non dovrebbe arrivare un giorno a teletrasportarsi?

C'è però un *caveat*. Prima che venissero compiuti passi concreti verso la realizzazione di un mezzo per il volo, la cosa più ovvia era guardare agli uccelli e pensare che l'uomo avrebbe potuto volare quando sarebbe riuscito a fabbricarsi delle ali efficienti con le quali, "facendo forza contro alla resistente aria, vincendo, poterla soggiogare e levarsi sopra di lei", per citare le parole di Leonardo da Vinci. Tuttavia Leonardo stesso dovette rendersi conto che le ali battenti non erano idonee allo scheletro e alla muscolatura dell'uomo. Il volo si realizza servendosi di mezzi con o senza motore che fanno volare l'uomo in modo un po' diverso da come egli aveva immaginato. Similmente la comunicazione "senza fili" non ha nulla a che fare con fenomeni paranormali del tipo telepatia o chiaroveggenza, come avrebbe potuto pensare una persona di metà '800, ma si basa su un utilizzo opportuno delle onde elettromagnetiche. Queste furono descritte da James Clerk Maxwell nelle sue famose equazioni e verificate nella loro esistenza per la prima volta nel 1887 da Heinrich Rudolf Hertz, il quale costruì un apparato in grado di emettere onde radio (la prima antenna emittente). Il passaggio da immaginazione a realizzazione di una tecnologia avviene di solito in modo assai diverso da quello inizialmente ipotizzato, per esempio, nella letteratura fantascientifica.

Teletrasporto e soprannaturale

Il termine *teletrasporto* nasce dalla letteratura del "paranormale", se così si può chiamare, e non da quella propriamente fantascientifica. Compare infatti per la prima volta in letteratura per mano di un vero e proprio "investigatore del paranormale": un assiduo let-

tore di riviste scientifiche, quotidiani e periodici, sempre alla ricerca di fenomeni che non venivano accettati e forse nemmeno considerati dalle teorie scientifiche del suo tempo, come quelli riferiti all'occulto, al paranormale e al soprannaturale. Si tratta dello scrittore statunitense Charles Hoy Fort, il quale conclude il secondo capitolo del libro *Lo!* (1931) con le seguenti parole:

In questo libro mi concentrerò sulle indicazioni che esiste una forza trasportatrice che chiamerò "Teletrasporto". Verrò accusato di aver messo insieme bugie, frottole, imbrogli e superstizioni. In una certa misura lo credo anch'io. In una certa misura non lo credo.

Nell'opera di Fort il teletrasporto è una misteriosa forza della natura, un *poltergeist* che provoca eventi non spiegabili nell'ambito della scienza ufficiale, come la sparizione di oggetti e persone, sanguinamenti di statue di santi, presenza di animali al di fuori del loro habitat naturale, piogge di rane o di pesci da cieli sereni. Il termine *teleportation*, da cui deriva poi la traduzione italiana, mette insieme il prefisso greco *tele-* ovvero "distante" con il verbo di origine latina *portare* rimasto immutato in italiano.

Prima dell'apparizione di questo termine, tuttavia, esisteva già una parola che indicava più o meno lo stesso concetto. Si tratta di *apporto* che in parapsicologia ha un significato equivalente a quello che Fort vuole dare a *teleportation*. Avente anch'esso origine dal verbo latino *portare*, è riferito all'apparizione di oggetti più o meno ordinari, provenienti dal nulla, da altre dimensioni o da spazi lontani; *asporto* è il suo contrario, si riferisce cioè alla sparizione di oggetti.

In effetti il concetto di trasporto soprannaturale, cui si riferisce il termine *teleportation*, è molto antecedente all'epoca in cui scrive Charles Fort e appartiene a contesti a volte totalmente diversi, come quello religioso. Nel Nuovo Testamento leggiamo: "lo spirito del Signore rapì Filippo [...] poi Filippo si trovò in Azot"¹. Nel contesto della religione buddista si racconta invece

¹ Atti degli Apostoli 8:39, 40.

che il Buddha una volta scomparve in India per apparire subito dopo nello Sri Lanka.

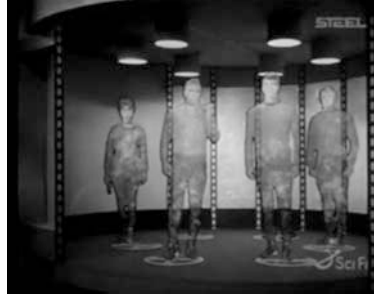
Troviamo svariate forme di teletrasporto nel filone paranormale della fantascienza fin dagli anni '50 del secolo scorso. Ne è un esempio il racconto *The stars my destination* di Alfred Bester in cui il protagonista impara a utilizzare una forma di teletrasporto chiamata "jaunting" (da *to jaunt*, letteralmente "fare una gita"), per la quale basterebbe pensare intensamente al posto in cui si vuole arrivare per spostarsi istantaneamente di migliaia di chilometri. Una forma simile di teletrasporto è ripresa da molti racconti successivi a quello di Bester: tra i più recenti il manga giapponese *Dragonball-Z*, diventato poi un cartone animato trasmesso anche in Italia. Qui il protagonista Goku, istruito da una specie aliena, impara la tecnica della "trasmissione istantanea". Anche il genere fantasy fa ampio uso del teletrasporto, come per esempio nella famosissima saga di *Harry Potter* ideata dalla scrittrice inglese Joanne Kathleen Rowling: un mago può scomparire avvolto in una nube di fumo (*Disapparation*) e riapparire in un altro luogo (*Apparation*). Se un mago non è sufficientemente preparato rischia di lasciare indietro parti del proprio corpo, mentre un mago abile può portare qualcuno con sé durante il trasporto. I maghi privi di licenza o di sufficiente talento possono comunque usare la "metro polvere" (*Floo powder*) o le "passaporte" (*Portkeys*)².

Si potrebbero citare molti altri esempi di teletrasporto nell'ambito del paranormale e della magia. Ma concentriamoci su quella parte di letteratura fantascientifica che tenta di dare dei fondamenti di realtà a molte fantasie proprio a partire da dati scientifici. Da qui potremo capire perché non è realizzabile il teletrasporto così come viene usualmente pensato nella fantascienza "scientifica".

² La *Floo powder* è una polvere che, gettata all'interno di un camino mentre viene pronunciato il luogo di destinazione desiderato, permette di apparire all'istante in un altro camino; le *Portkeys* invece sono oggetti comuni come vecchie bottiglie che possono trasportare in un determinato luogo chiunque li tocchi, dopo aver pronunciato l'incantesimo *Portus*.

Beam me up, Scotty!

“Fammi risalire Scotty!”: questa, insieme alle sue varianti (“fammi salire a bordo”, “riportaci a casa” o ancora “due da far salire”), è sicuramente una delle frasi simbolo del teletrasporto in *Star Trek*, la fortunata saga televisiva grazie



Il teletrasporto di *Star Trek*

alla quale il concetto di teletrasporto si è diffuso maggiormente nell’immaginario collettivo. Nella lingua originale della serie, l’inglese, il verbo usato è *to beam up* (“Beam me aboard”, “Beam us up home” o “Two to beam up”), verbo che il *Concise Oxford Dictionary* definisce così:

... (often foll. by up, down) (in science fiction) **a** intr. Travel from one point to another along an invisible beam of energy. **b** tr. transport in this way.³

Quindi *beam up* ha il significato di “trasportare qualcuno o qualcosa da un punto all’altro attraverso un raggio invisibile di energia”. Sembra proprio che il verbo sia stato coniato dagli autori di *Star Trek* in quanto, come si legge in *Star Trek: The Next Generation Technical Manual*⁴, il processo di teletrasporto consiste proprio nella trasmissione della materia per mezzo di un raggio. Più precisamente i passi sono i seguenti:

- si analizza la persona (o l’oggetto) da far viaggiare usando uno scanner di immagini molecolare;
- viene creata una mappa della struttura fisica che sta per essere scomposta e memorizzata in un “buffer degli schemi”;
- si smaterializza il corpo e lo si riduce a un flusso di particelle subatomiche;

³ D. Thompson (a cura di), *The Concise Oxford Dictionary*, 9ª ed., Clarendon Press, Oxford, 1995, p. 110.

⁴ Descrive i dispositivi a bordo dell’USS Enterprise-D in R. Sternbach e M. Okuda, *Star Trek: The Next Generation*, Pocket Books, New York, 1991.

- si trasmette quest'ultimo a destinazione ("beam it to a target") usando un "fascio – *beam* – trasportatore" detto più precisamente "fascio di confinamento anulare";
- quindi si ha una rimaterializzazione nel luogo di arrivo.

Il viaggio di ritorno si compie nel modo inverso ma prima di iniziare il processo è necessario che alcuni sensori presenti a bordo dell'Enterprise individuino il membro dell'equipaggio sul pianeta sottostante.

Ai fisici vengono spontanee alcune considerazioni sulla fattibilità di ciascuna delle operazioni appena descritte. Il primo problema s'incontra già al primo passo: l'analisi molecolare o atomica di una persona, in linea di principio fattibile se si riuscissero a misurare gli stati di tutti gli atomi di un corpo umano, è invece improponibile secondo la meccanica quantistica, come vedremo in dettaglio nel prossimo capitolo. Al secondo passo incontriamo il problema di memorizzare un quantitativo enorme di informazione: si calcola che in un essere umano siano presenti all'incirca 10^{28} atomi e che per descrivere un atomo (e la sua posizione) siano necessari 100 bit, allora si tratta di memorizzare un quantitativo di informazione pari a $100 \times 10^{28} = 10^{30}$ bit. Considerando che uno dei più moderni hard disk ha una capienza dell'ordine del Terabyte, cioè di 10^{12} byte equivalenti a 8×10^{12} bit, ci rendiamo conto che avremmo bisogno di 10^{18} di questi hard disk, cioè un miliardo al quadrato. È il numero di hard disk che troveremmo in Cina se *ogni abitante* della Cina ne possedesse *un miliardo!* Con questo numero di hard disk potremmo in linea teorica memorizzare tutte le informazioni necessarie a ricostruire un solo essere umano. Per richiamare poi questa informazione con un moderno calcolatore seriale a 10 GHz, in grado cioè di processare 10^{10} bit al secondo, avremmo bisogno di un tempo pari a 10^{20} secondi, cioè all'incirca 3×10^{12} anni! Un tempo decisamente improponibile se si pensa che è più di duecento volte il tempo trascorso dal Big Bang ad oggi (stimato sui tredici miliardi di anni = $1,3 \times 10^{10}$ anni). L'avvento di calcolatori in grado di fare più calcoli in parallelo, anziché in serie, faciliterebbe senz'altro questo passaggio (ne parleremo nel capitolo sui calcolatori quantistici).

Un altro problema è la smaterializzazione: la solidità e la struttura della materia sono dovute a forze elettriche che agiscono

prima tra i componenti degli atomi e poi tra gli atomi stessi. Considerando che la forza elettrica è circa 10^{40} volte più intensa della forza gravitazionale, per vincere queste forze bisogna compiere un lavoro e quindi consumare energia in quantitativi enormi, ben maggiori rispetto all'energia necessaria per vincere l'attrazione gravitazionale tra due corpi.

Le difficoltà appena elencate, sebbene notevoli, sono difficoltà tecniche e non di principio, tranne quella relativa all'analisi atomica. Se ignorassimo quest'ultima, potremmo sperare che il progresso della tecnologia permetta, in futuro, la realizzazione del teletrasporto così come immaginato dalla "fisica di Star Trek".

E se qualcosa andasse storto?

E se nel delicato processo di teletrasporto descritto in precedenza si verificassero degli errori o delle interferenze?

Gene Roddenberry, ideatore della serie classica di *Star Trek*, proprio dalla possibilità di errori nelle procedure di teletrasporto trasse spunto per un episodio dal titolo *Il duplicato*. Egli immagina una situazione in cui gli effetti magnetici di un minerale presente sul pianeta interferiscono con il teletrasportatore; questo provoca la divisione del capitano Kirk in due versioni di se stesso, una buona ma incapace di prendere decisioni e una cattiva ma risoluta. Dopo alcune peripezie che culminano con una lotta tra i due Kirk, entrambi si convincono di non poter sopravvivere da soli e che è necessario sottoporsi insieme al teletrasporto per tornare a essere una sola persona. Tale scenario viene poi ripreso e modificato nella serie *The Next Generation*: a seguito di un indebolimento del fascio di contenimento che doveva far risalire il tenente Riker a bordo dell'Enterprise, viene inviato un secondo fascio di rinforzo. Questo, non essendo in realtà indispensabile, viene riflesso sulla superficie del pianeta creando un duplicato di Riker identico, fisicamente e psicologicamente, all'originale. Tale duplicato viene lasciato inconsapevolmente sul pianeta Nervalia IV e lì rimane per otto anni. Sebbene inizialmente i due Riker siano identici, le differenti esperienze che vivono negli otto anni trascorsi, l'uno sull'astronave e l'altro sul pianeta, li rendono due persone diverse.

Nell'immaginario fantascientifico l'idea del teletrasporto non è nata con *Star Trek*, anche se la serie televisiva ha molto contribuito a diffonderla.

La prima versione di teletrasporto a stampo fantascientifico risale al 1877, quindi prima ancora che lo stesso termine fosse coniato da Fort. In quell'anno infatti Edward Page Mitchell pubblica il racconto *The man without a body*, la storia del professor Dummkopf che inventa un metodo per "telegrafare" gli atomi di un organismo vivente. L'esperimento gli riesce al primo colpo con un gatto, ma quando prova il metodo di trasporto su se stesso si dimentica di caricare completamente le batterie che forniscono elettricità alla macchina, così solo la sua testa viene inviata nella stanza accanto. Il suo corpo invece finisce "Dio sa dove!", come afferma sconsolata la testa dello scienziato mentre racconta la propria vicenda.

È curioso come il primo racconto che tenta di affrontare il teletrasporto da un punto di vista scientifico ne mostri le conseguenze catastrofiche in caso di errore (umano). Il processo inventato viene spiegato nel dettaglio dalla povera testa del professore:

La materia è fatta da molecole, e queste a loro volta sono fatte di atomi. L'atomo è l'unità dell'esistenza [...] questi possono essere dissolti da affinità chimica o da una corrente elettrica sufficientemente forte. [...] Non c'è ragione per cui la materia non possa essere telegrafata, o "teleprocessata" per essere etimologicamente più corretti⁵. È solo necessario effettuare ad un capo della linea una disintegrazione di molecole in atomi e convogliare tramite l'elettricità le vibrazioni della dissoluzione chimica all'altro capo della linea dove può essere effettuata una ricostruzione (dell'originale) a partire da altri atomi. [...] così ho costruito uno strumento attraverso il quale potevo demolire, per così dire, la materia in un anodo e ricostruirla secondo lo stesso progetto al catodo.

⁵ Nel testo originale viene usato il termine *telepomp*. Etimologicamente si tratta dell'unione delle parole greche *tele*, "lontano", e *pompé*, "processione", legato al verbo *pompein*, "inviare".

Tale descrizione, sebbene dal punto di vista delle attuali conoscenze fisico-chimiche risulti un po' *naïve* (per esempio non si capisce cosa siano "le vibrazioni della dissoluzione chimica"), appare "convincente" e coerente con lo stile della fantascienza, in cui la narrazione deve essere mescolata e sorretta da dati scientifici.

Altra descrizione del processo di teletrasporto abbastanza dettagliata si ha in *Special Delivery* di George O. Smith in cui un trasmettitore scansiona un oggetto atomo per atomo, lo scompone conservando le particelle in una "banca di materia," mentre l'informazione e l'energia rilasciate dal processo vengono inviate alla stazione di destinazione che usa il materiale della propria banca per ricreare perfettamente il corpo. Alfred E. Van Vogt, in *I ribelli dei 50 soli*⁶ (1952), a quest'ultima tipologia di teletrasporto ne affianca un'altra per la quale le persone possono essere convertite in un flusso di elettroni e quindi riconvertite all'arrivo nella normale forma atomica. Anche in questo racconto vengono mostrate le controindicazioni di un modo di viaggiare affascinante e sconvolgente allo stesso tempo: durante il racconto si scopre che una popolazione di robot (i Delliani) sono in realtà umani mutati nel passaggio attraverso i primi trasmettitori di materia, i quali li avevano resi più forti fisicamente e mentalmente ma al prezzo di una ridotta capacità di pensiero creativo.

Isaac Asimov invece, nel racconto *It's Such A Beautiful Day* del 1954, immagina un futuristico quartiere di San Francisco in cui impera la tecnologia e le persone hanno ormai perso ogni tipo di contatto con l'ambiente naturale considerato polveroso e insalubre. Ogni edificio è fornito di *Doors* (porte), che permettono il teletrasporto da un edificio all'altro con la stessa facilità di una telefonata, rendendo così non più indispensabile uscire all'aperto. Quando però la Porta di casa Hanshaw si rompe, il dodicenne Richard, sebbene riluttante, è costretto a uscire per andare a scuola. Così, sperimentando l'esistenza di sole, nuvole, vento, prati

⁶ Il titolo originale era *The mixed man*.

verdi e scrosci d'acqua appena al di fuori del centro abitato, inizia a rifiutare l'uso delle Porte per gli spostamenti. La madre, che non capisce lo strano comportamento del figlio, si preoccupa del suo stato mentale al punto da chiedere l'aiuto del dottor Sloane, uno psichiatra, il quale però, dopo aver fatto una passeggiata con il ragazzo, inizia ad apprezzare e condividere il disinteresse nello spostamento per mezzo della trasmissione di materia. Così, dopo aver tranquillizzato la madre, si dirige verso l'ormai antiquata "porta manuale" ed esclama: "You know, it's such a beautiful day that I think I'll walk" ("Sì, è una così bella giornata che penso di camminare").

Il racconto che però suggerì possibili sconvolgenti conseguenze del teletrasporto è *La Mosca* (1957) di George Lange-laan, diventato poi una sceneggiatura in un classico dell'horror con il titolo *L'esperimento del dottor K* diretto da Kurt Neumann. Anche qui, come in *The man without a body*, uno scienziato che scopre un modo per trasmettere la materia subisce gli orribili effetti della sua creazione. Il suo corpo viene infatti smaterializzato insieme a quello di una mosca entrata per caso insieme a lui nella cabina del teletrasporto e il risultato è che dalla cabina di arrivo esce un uomo con la testa e una zampa di mosca e una mosca con la testa e una gamba di uomo. Ancora più impressionante – e aggiornato sulla genetica molecolare – è il remake del 1986 diretto da David Cronenberg con Jeff Goldblum (nel ruolo dello scienziato Seth Brundle) e Geena Davis. In questo caso il teletrasporto genera una fusione a livello genetico tra l'insetto e l'uomo e, anche se in principio nulla sembra cambiare, lentamente il corpo dello scienziato subisce mutamenti orribili che lo trasformano poco alla volta in un uomo-mosca fino a essere completamente assimilato dalla creatura mostruosa racchiusa nel suo nuovo Dna.

Interrogativi e paradossi

Immaginiamo di alzarci un mattino e ritirare ancora assonnati il giornale che il postino ci ha consegnato alla porta. Increduli in prima pagina leggiamo: "Il teletrasporto umano è alle porte. Teletrasportate con successo alcune cavie".

Non stiamo sognando. Sfogliando eccitati le pagine del giornale apprendiamo come funziona approssimativamente il meccanismo: scomposizione atomica, invio di informazioni e ricostruzione dell'organismo a partire da "materiale grezzo" presente a destinazione; più o meno come un fax, facile da comprendere. A questo punto un dubbio ci assale. Davvero vorremo essere trasportati da un punto all'altro della terra cambiando a un tratto l'insieme degli atomi e delle molecole che ci compongono per vestirne altri con le stesse caratteristiche ma pur sempre *altri*? Senza dubbio la cosa fa un po' impressione. Probabilmente l'articolo ci farebbe presente che in fondo questo trasporto non fa altro che accelerare il cambiamento cellulare che con il tempo avviene naturalmente nel nostro organismo. Basta questo perché la persona che si trova nella telecabina di arrivo sia davvero noi? Noi siamo fatti "solo" della somma dei nostri atomi posizionati correttamente? O siamo qualcosa di più? In questo processo dove andrebbe a finire quella "forza vitale", *anima, mente, coscienza* che sia?

Lo scienziato protagonista di *The man without a body* probabilmente ci rassicurerebbe; egli infatti, appellandosi alla *stern science* cioè alla "scienza rigorosa", afferma:

Poiché tutti gli atomi sono simili, la loro sistemazione in molecole dello stesso tipo e l'arrangiamento di queste molecole in una organizzazione simile a quella originale sarebbe praticamente una riproduzione dell'originale [...] un uomo è lo stesso uomo anche se nel suo corpo manca un atomo che era presente cinque anni fa. È la forma, la sagoma, l'idea, che è essenziale.

Ci rendiamo conto di esser fatti di pensieri, ricordi, emozioni, personalità che insieme al nostro corpo fanno un "io". Douglas Hofstadter e Daniel Dennett nell'introduzione a *L'io della mente* ci fanno notare che affermare di *avere* un corpo, e non *essere* un corpo, implica che noi siamo *altro* rispetto a un corpo. Se poi supponessimo di poter trapiantare il nostro cervello in un altro corpo, ci viene da pensare che noi seguiremmo il nostro cervello e ci identificheremmo nel nuovo corpo. Allora i due filosofi ci chiedono di riflettere su qual è la frase che sentiamo più appropriata tra "io ho un cervello" e "io sono un cervello". Probabilmente risponde-

remmo la prima. Ma allora dobbiamo tornare a supporre che l'“io” è qualcosa di più di un corpo o un cervello.

In molte religioni l'anima è ciò che rimane di ciascun individuo quando il corpo muore; per alcune fedi, specie quelle orientali, essa può rinascere più volte e vivere diverse vite successive in corpi diversi grazie alla reincarnazione. Molti illustri filosofi hanno dedicato parte delle loro riflessioni all'anima, primo fra tutti Aristotele che scrisse un intero trattato dal titolo *Sull'anima*; egli afferma che “il corpo ha nell'anima il suo principio vitale”, anima che però è tripartita: si parla di anima “sensitiva” (centro delle funzioni vitali), “vegetativa” (sede di fantasia, memoria, esperienza) e “intellettiva” dove risiede la vera conoscenza dell'uomo. Nella filosofia contemporanea l'anima viene identificata di volta in volta con i concetti di coscienza, intelletto, spirito, inconscio.

In ogni caso, qualunque forma abbia e comunque chiamiamo quel “qualcosa di più” che ci distingue da oggetti inanimati, è lecito preoccuparsi se davvero ci può seguire durante il teletrasporto “attaccandosi” ai nuovi atomi che daranno forma a un “altro noi”. Anche se è insito nella nostra fisiologia cambiare ciclicamente tutte le cellule che ci compongono, viene mantenuta sempre una specie di continuità materiale dato che il cambiamento avviene lentamente. Magari è proprio grazie a questa continuità che la nostra coscienza continua ad appartenerci. Mentre infatti tutte le cellule della parete interna del nostro sistema digerente vengono totalmente sostituite ogni due giorni, una fibra muscolare ha una vita che può durare sedici anni, e infine le nostre più antiche memorie sono immagazzinate sotto forma di specifiche connessioni sinaptiche fra neuroni che hanno la potenzialità di rimanere immutate per tutto il corso della vita (quindi anche per 80-90 anni). Affinché il teletrasporto ci assicuri che rimaniamo davvero noi, con i nostri ricordi, compreso il più antico, deve essere in grado di scansionare e riprodurre correttamente tutte le connessioni sinaptiche del nostro cervello. Forse allora ingenuamente preferiremmo che il teletrasporto almeno inviasse a destinazione proprio i nostri atomi per mantenere quella continuità, piuttosto che le sole istruzioni necessarie a ricostruire un corpo identico al nostro.

Riflettendo meglio sul meccanismo del teletrasporto e su quello che può comportare, la nostra incertezza può anche